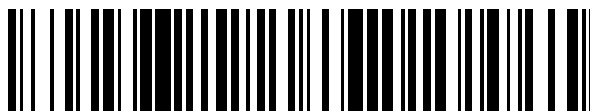


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 339**

51 Int. Cl.:

**G01N 27/417** (2006.01)

**G01N 33/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2009 PCT/JP2009/052593**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.08.2009 WO09102072**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2009 E 09709983 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 2243026**

54 Título: **Aparato de detección de concentración de gas**

30 Prioridad:

**14.02.2008 JP 2008033351**

**21.03.2008 JP 2008074458**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**15.11.2019**

73 Titular/es:

**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (100.0%)**

**1, Toyota-cho**

**Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571 , JP**

72 Inventor/es:

**SASAKI, TAKANORI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 731 339 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Aparato de detección de concentración de gas

### Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un aparato de detección de concentración de gas y, más particularmente a la determinación de un deterioro relacionado con un aparato de detección de concentración de gas que detecta la concentración de un componente de gas específico en un gas de escape emitido desde un motor.

### Técnica antecedente

10 Un aparato propuesto convencionalmente, por ejemplo, descrito en el documento JP-A-2003-166967, ejerce un control de energización de un calentador de manera que la resistencia del elemento de una celda de bombeo coincida con la resistencia del elemento objetivo. Cuando la resistencia del elemento de una celda de sensor está fuera de un intervalo predefinido durante el control de la energización del calentador, este aparato concluye que un sensor está deteriorado.

Documento de Patente 1:

JP-A-2003-166967

Documento de Patente 2:

15 JP-A-11-237363

Documento de Patente 3:

JP-A-2003-270194

Documento de Patente 4:

JP-A-2002-116180

20 Documento de Patente 5:

JP-A-2003-50227

Documento de Patente 6:

JP-A-2004-177179

25 Puede encontrarse técnica anterior adicional en el documento WO 2008/004917 A, que describe un procedimiento de diagnóstico y un sensor de gas adaptado para realizar el procedimiento de diagnóstico para detectar un daño de un sensor de gas que causa un mal funcionamiento, particularmente una grieta, en el que dicho sensor de gas tiene al menos dos cámaras con una cámara que comprende un gas de referencia. El procedimiento de diagnóstico comprende las etapas siguientes: bombear gas desde una de las cámaras, medir un valor de una variable que es proporcional a la concentración del gas como una función del tiempo, comparar el valor medido de la variable y/o el tiempo medido con un umbral predeterminado, y detectar un daño del sensor si el valor medido de la variable y/o el tiempo medido están fuera del intervalo del modo de operación normal definido por el umbral predeterminado correspondiente.

35 Puede encontrarse técnica anterior adicional en el documento DE 100 49 685 A1, que describe un procedimiento para un diagnóstico único de un sensor de óxidos de nitrógeno dispuesto en el conducto de gas de escape de un motor de combustión interna que incluye el uso de una señal lambda que caracteriza el valor lambda del gas de escape. Puede encontrarse técnica anterior adicional en el documento EP 1 480 039 A, que describe un aparato de detección de fallos de diferentes tipos de fallos de sensores de gas de electrolito sólido. Puede encontrarse técnica anterior adicional en el documento DE 103 00 939 A1, que describe un procedimiento y un dispositivo para determinar la concentración de NOx en el gas de escape de un motor de combustión interna. Puede encontrarse técnica anterior adicional en el documento US 2007/119709 A1, que describe un aparato para determinar el deterioro de un sensor y un procedimiento para determinar el deterioro de un sensor. Puede encontrarse técnica anterior adicional en el documento US 2004/238378 A1, que describe un dispositivo de medición de NOx, un dispositivo de autodiagnóstico del sensor de NOx y un procedimiento de autodiagnóstico del mismo.

40

### Descripción de la invención

### Problema a resolver por la invención

Sin embargo, la resistencia del elemento (impedancia), la energía suministrada a un calentador y la resistencia del calentador, por ejemplo, varían de una unidad de sensor a otra debido a las diferencias de los sensores individuales. Por lo tanto, si estos valores se usan para determinar el deterioro relacionado con el sensor, la precisión de la determinación del deterioro puede disminuir debido a las diferencias de los sensores individuales.

5 Además, cuando se ejerce un control de energización del calentador para activar el sensor, es necesario elevar la temperatura del elemento excesivamente y mantenerla teniendo en cuenta las diferencias de los sensores individuales. Por lo tanto, es posible que la determinación del deterioro relacionado con el sensor no se realice de manera temprana. Además, cuando se realiza un intento de elevar la temperatura del elemento excesivamente, la impedancia varía. Por consiguiente, la precisión de la determinación del deterioro puede disminuir.

10 La presente invención se ha realizado para resolver el problema anterior. Un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato de detección de concentración de gas que sea capaz de determinar el deterioro relacionado con el aparato de detección de concentración de gas de manera precisa e inmediata.

### Medios para resolver el problema

15 Los objetos indicados anteriormente se consiguen mediante por medio de lo que se define en las reivindicaciones independientes adjuntas. Las modificaciones ventajosas de los mismos se exponen en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

### Ventajas de la invención

20 Según el primer aspecto de la presente invención, se realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor de gas según la salida de celda de la celda de detección de concentración de gas. Por lo tanto, la presente invención hace posible determinar un deterioro sin que esta determinación se vea afectada por las diferencias de los sensores de gas individuales.

25 El tiempo en el que aparece un punto de inflexión en la salida de celda de la celda de detección de concentración de gas es el tiempo en el que el exceso de oxígeno que queda en el gas objetivo de la medición es eliminado por los medios de eliminación de exceso de oxígeno hasta el punto en el que la salida de celda de la celda de detección de concentración de gas permanece inalterada. En otras palabras, puede realizarse una determinación de la actividad relacionada con el sensor de gas cuando se produce el punto de inflexión en la salida de la celda. El primer aspecto de la presente invención realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor de gas según la salida de celda generada antes de que se produzca el punto de inflexión en la salida de celda. Por lo tanto, según la presente invención, el deterioro puede determinarse antes de que el sensor de gas se active. Esto hace posible evitar de manera efectiva una situación en la que la salida del sensor de un sensor de gas deteriorado sea usada para diversas operaciones de control.

30 Cuando la temperatura de la celda de detección de concentración de gas aumenta a medida que progresa el calentamiento del sensor de gas, se obtiene una salida de celda debido a que el oxígeno restante en el gas objetivo de la medición es descompuesto por la celda de detección de concentración de gas. La salida de la celda aumenta con un aumento en la actividad de la celda de detección de concentración de gas. Cuando la celda de detección de concentración de gas se deteriora en el estado resultante, la capacidad de descomposición de oxígeno de la celda de detección de concentración de gas disminuye. Esto reduce la velocidad de aumento de la salida de la celda. Según el primer aspecto de la presente invención, se realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor de detección de concentración de gas comparando el valor de correlación de la velocidad de aumento de la salida y el valor de referencia predeterminado durante un procedimiento de aumento de salida de la celda. Por consiguiente, la presente invención hace posible realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda de detección de concentración de gas con alta precisión antes de que se produzca un punto de inflexión en la salida de la celda, es decir, antes de que el sensor de gas se active.

45 Según el segundo aspecto de la presente invención, la velocidad de aumento de la salida de celda de la celda de detección de concentración de gas es adquirida durante un procedimiento de aumento de la salida de la celda. Cuando la velocidad de aumento es menor que el valor de referencia predeterminado, se considera que la celda de detección de concentración de gas está deteriorada. Cuando la velocidad de aumento de la salida de la celda es baja, puede determinarse que la capacidad de descomposición de oxígeno de la celda de detección de concentración de gas se ha reducido. Por lo tanto, la presente invención hace posible realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda de detección de concentración de gas de manera temprana y precisa según la velocidad de aumento de la salida de la celda.

50 Cuando la actividad de la celda de bombeo de oxígeno aumenta a medida que progresa el calentamiento del sensor de gas, la celda de bombeo de oxígeno descarga el exceso de oxígeno de manera cada vez más vigorosa. Por lo tanto, la salida de la celda, que ha aumentado anteriormente, disminuye con una disminución en la cantidad de exceso de oxígeno

5 en el gas objetivo de la medición. El primer aspecto de la presente invención realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda de bombeo de oxígeno según una comparación entre el valor de correlación de la velocidad de disminución de salida de la celda y el valor de referencia predeterminado. En otras palabras, cuando la celda de bombeo de oxígeno se deteriora, la capacidad de descomposición de oxígeno, es decir, la capacidad de descarga de exceso de oxígeno, disminuye. Por consiguiente, la celda de detección de concentración de gas detecta una alta concentración de oxígeno en todo momento. Esto reduce la velocidad de disminución de la salida de la celda. De esta manera, la presente invención hace posible realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda de bombeo de oxígeno de manera temprana y precisa antes de que se produzca el punto de inflexión en la salida de la celda, es decir, antes de la activación del sensor de gas, según la comparación entre el valor de correlación de la celda velocidad de disminución de la salida de la celda y el valor de referencia predeterminado.

15 Cuando la celda de bombeo de oxígeno se deteriora, la capacidad de descomposición de oxígeno, es decir, la capacidad de descarga de exceso de oxígeno, disminuye. De esta manera, la celda de detección de concentración de gas detecta una alta concentración de oxígeno en todo momento, disminuyendo de esta manera la velocidad de disminución de la salida de la celda. El tercer aspecto de la presente invención adquiere la velocidad de disminución de la salida de la celda de la celda de detección de concentración de gas después del inicio del calentamiento del sensor de gas. Cuando la velocidad de disminución es menor que el valor de referencia predeterminado, el tercer aspecto de la presente invención concluye que la celda de bombeo de oxígeno está deteriorada. Por consiguiente, la presente invención hace posible realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda de bombeo de oxígeno de manera temprana y precisa según la velocidad de disminución de la salida de la celda.

20 Cuando la celda de bombeo de oxígeno se deteriora, la capacidad de descomposición de oxígeno, es decir, la capacidad de descarga de exceso de oxígeno, disminuye. De esta manera, la celda de detección de concentración de gas detecta una alta concentración de oxígeno en todo momento, aumentando de esta manera el valor integrado de la salida de la celda. El tercer aspecto de la presente invención adquiere el valor integrado de la salida de la celda que se alcanza durante el intervalo entre el instante en que empieza el calentamiento del sensor de gas y el instante en el que aparece un punto de inflexión. Cuando el valor integrado es mayor que el valor de referencia predeterminado, el tercer aspecto de la presente invención concluye que la celda de bombeo de oxígeno está deteriorada. Por consiguiente, la presente invención hace posible realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda de bombeo de oxígeno de manera temprana y precisa según el valor integrado de la salida de la celda.

30 El tiempo en el que aparece un punto de inflexión en la salida de celda de la celda de detección de concentración de gas es el tiempo en el que el exceso de oxígeno que queda en el gas objetivo de la medición es eliminado por los medios de eliminación de exceso de oxígeno hasta el punto en el que la salida de celda de la celda de detección de concentración de gas permanece inalterada. En otras palabras, la salida de la celda en el punto de inflexión está libre de errores de salida del sensor que pueden ser causados por el exceso de oxígeno restante. El valor aprendido relacionado con la salida de la celda en el punto de inflexión es un valor que se obtiene, por ejemplo, después del aprendizaje de las diferencias de los sensores individuales en la salida de la celda en el punto de inflexión. El primer aspecto de la presente invención realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor de gas según una comparación entre la salida de la celda en el punto de inflexión y el valor aprendido. Por consiguiente, la presente invención hace posible determinar el deterioro mientras la influencia del exceso de oxígeno restante es reducida para eliminar, por ejemplo, la influencia de las diferencias de los sensores individuales.

40 Cuando la salida de la celda en el punto de inflexión es menor que el valor aprendido y la desviación entre el valor aprendido y la salida de la celda en el punto de inflexión es mayor que el valor de referencia predeterminado, el cuarto aspecto de la presente invención concluye que el sensor de gas está deteriorado. Cuando la salida de la celda en el punto de inflexión es considerablemente menor que el valor aprendido, puede concluirse que el sensor de gas está deteriorado o si no es anormal. Por lo tanto, la presente invención hace posible realizar una determinación del deterioro relacionado con el sensor de gas de manera temprana y precisa.

50 Cuando la salida de la celda en el punto de inflexión es mayor que el valor aprendido y el valor absoluto de la desviación entre el valor aprendido y la salida de la celda en el punto de inflexión es mayor que el valor de referencia predeterminado, el cuarto aspecto de la presente invención concluye que el sensor de gas está deteriorado. Cuando la salida de la celda en el punto de inflexión es considerablemente mayor que el valor aprendido, puede concluirse que el sensor de gas está deteriorado o si no es anormal. Por lo tanto, la presente invención hace posible realizar una determinación del deterioro relacionado con el sensor de gas de manera temprana y precisa.

55 El deterioro del sensor de gas puede clasificarse en un deterioro permanente irrecuperable y un deterioro temporal recuperable dependiendo del grado de oxidación del electrodo. El quinto aspecto de la presente invención realiza una determinación del deterioro temporal recuperable relacionado con el sensor de gas según una comparación entre la salida de la celda en el punto de inflexión y el valor aprendido. Existe una correlación entre la oxidación del electrodo y la salida de la celda en el punto de inflexión. Por lo tanto, la presente invención puede determinar el grado de oxidación del

electrodo comparando la salida de la celda en el punto de inflexión y el valor aprendido. Esto hace posible determinar el deterioro temporal recuperable relacionado con el sensor de gas con alta precisión.

5 Cuando mayor es el grado de oxidación de un electrodo de la celda de sensor de gas, es más probable que la reacción de reducción se produzca en el electrodo y, de esta manera, la salida de la celda es mayor. Cuando el valor absoluto de la desviación entre el valor aprendido y la salida de la celda en el punto de inflexión es menor que el valor de referencia predeterminado, el sexto aspecto de la presente invención determina que el sensor de gas está temporalmente deteriorado. Cuando se considera que el sensor de gas está deteriorado pero su salida de celda no se incrementa considerablemente, puede concluirse que el deterioro es recuperable ya que el grado de oxidación del electrodo es bajo. Por lo tanto, la presente invención hace posible concluir que el sensor de gas cuya salida de celda en el punto de inflexión está cerca del valor aprendido está temporalmente deteriorado.

10 Cuando se determina que el sensor de gas está temporalmente deteriorado, el séptimo aspecto de la presente invención realiza un procedimiento de recuperación de deterioro relacionado con el sensor de gas. Por lo tanto, la presente invención realiza una determinación del deterioro del sensor de gas mientras distingue entre un deterioro permanente y un deterioro recuperable, y realiza un procedimiento de recuperación solo cuando el sensor de gas está temporalmente deteriorado. Esto hace posible evitar de manera efectiva la ejecución de un procedimiento de recuperación innecesario y recuperar el rendimiento original del sensor de gas.

15 Cuando la salida de la celda es menor que el valor aprendido y la desviación entre el valor aprendido y la salida de la celda es menor que el valor de referencia predeterminado, el octavo aspecto de la presente invención almacena la salida de la celda como un valor aprendido actualizado. Por lo tanto, la presente invención hace posible adquirir de manera efectiva una desviación de salida debida, por ejemplo, a diferencias en los sensores de gas individuales como un valor aprendido.

20 Durante un procedimiento de reducción de la concentración de oxígeno que se realiza después de que los medios de aumento de la concentración de oxígeno hacen que la concentración de oxígeno sea más alta que el valor predeterminado, los ejemplos útiles para comprender la presente invención identifican un punto de inflexión que se produce en la salida de celda de la celda de detección de concentración de gas como un punto de activación. A diferencia de la determinación de la actividad de un sensor común (actividad completa), según los ejemplos útiles para comprender la presente invención, se determina que la celda de detección de concentración de gas está activa cuando la celda de detección de concentración de gas empieza a detectar la concentración de un componente de gas específico sin que se vea afectada por el oxígeno restante. Esto hace posible realizar una determinación precisa de la actividad relacionada con la celda de detección de concentración de gas. Además, los ejemplos útiles para comprender la presente invención almacenan el valor de punto de inflexión aprendido que es la información relacionada con el punto de inflexión. El valor de punto de inflexión aprendido puede ser usado para reducir las variaciones en la determinación de la actividad debidas al estado de funcionamiento de un motor de combustión interna. Por lo tanto, la presente invención hace posible mejorar la precisión de la determinación del deterioro mediante la realización de una determinación de deterioro según el valor de punto de inflexión aprendido.

25 Los ejemplos útiles para comprender la presente invención corrigen la salida de celda de la celda de detección de concentración de gas usando un valor de concentración de NOx estimado, y localizan un punto de inflexión según la salida de celda corregida. Por lo tanto, la presente invención hace posible localizar con precisión un punto de inflexión sin que se vea afectado por los cambios en la concentración de NOx. Además, la información acerca del punto de inflexión localizado es almacenada como un valor de punto de inflexión aprendido. Por consiguiente, la presente invención hace posible mejorar de manera efectiva la precisión de la determinación del deterioro mediante la realización de una determinación del deterioro según el valor de punto de inflexión aprendido.

30 Según los ejemplos útiles para comprender la presente invención, la concentración de oxígeno de la celda de detección de concentración de gas puede aumentarse haciendo que la cantidad de energía aplicada al calentador durante un corte de combustible sea menor que durante una operación normal. Esto hace posible también localizar un punto de inflexión durante un corte de combustible y garantizar una frecuencia de aprendizaje suficiente.

35 Según los ejemplos útiles para comprender la presente invención, la concentración de oxígeno de la celda de detección de concentración de gas puede aumentarse haciendo que la cantidad de energía aplicada a la celda de bombeo de oxígeno durante un corte de combustible sea menor que durante una operación normal. Esto hace posible también localizar un punto de inflexión durante un corte de combustible y garantizar una frecuencia de aprendizaje suficiente.

40 Los ejemplos útiles para comprender la presente invención localizan un punto de inflexión mientras se controla la concentración de NOx en el gas objetivo de la medición. Por lo tanto, la presente invención hace posible localizar un punto de inflexión con precisión sin que se vea afectada por los cambios de concentración de NOx.

45 Los ejemplos útiles para comprender la presente invención usan un mapa para almacenar la salida de celda de la celda

de detección de concentración de gas que prevalece cuando se localiza un punto de inflexión, un valor de propiedad física correlacionado con la temperatura del elemento y el tiempo requerido para la localización del punto de inflexión. Las diferencias de los sensores individuales en el valor de la propiedad física se minimizan cuando se localiza un punto de inflexión. Por lo tanto, el uso del mapa como un valor aprendido hace posible reducir las variaciones en la determinación de la actividad debidas al estado de funcionamiento de un motor de combustión interna.

5

**Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 es un diagrama que ilustra la configuración de un aparato 10 de detección de concentración de gas según una primera realización de la presente invención.

10

La Fig. 2 es un diagrama que ilustra los cambios en la salida de una celda de bombeo de oxígeno y en la salida de una celda de sensor de NOx durante el calentamiento del sensor de NOx.

La Fig. 3 es un diagrama que ilustra un procedimiento de localización de un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx.

La Fig. 4 es un diagrama que ilustra cómo cambia la salida N de la celda del sensor de NOx cuando una celda 4 del sensor de NOx se deteriora.

15

La Fig. 5 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta una ECU 8 según la primera realización de la presente invención.

La Fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según la primera realización de la presente invención.

20

La Fig. 7 es un diagrama que ilustra cómo cambia la salida N de la celda del sensor de NOx cuando una celda 2 de bombeo de oxígeno se deteriora.

La Fig. 8 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según una segunda realización de la presente invención.

La Fig. 9 es un diagrama que ilustra cómo cambia la salida N de la celda del sensor de NOx cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno se deteriora.

25

La Fig. 10 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según una tercera realización de la presente invención.

La Fig. 11 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según una cuarta realización de la presente invención.

30

La Fig. 12 es un diagrama que ilustra los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx con respecto a la concentración de NOx.

La Fig. 13 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según una quinta realización de la presente invención.

La Fig. 14 es un diagrama que muestra una configuración de sistema típica según un primer ejemplo ilustrativo útil para comprender la invención y a la que se hace referencia como una sexta realización de la presente invención.

35

La Fig. 15 es un diagrama que ilustra los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx con el tiempo en el arranque del motor.

La Fig. 16 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según una sexta realización de la presente invención.

40

La Fig. 17 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de localización del punto de inflexión que es ejecutada en la etapa 708 de la Fig. 16.

La Fig. 18 es un diagrama que ilustra la correlación entre la salida de la celda de bombeo de oxígeno y la salida de la celda del sensor de NOx.

La Fig. 19 es un diagrama que ilustra un procedimiento de localización de un punto de inflexión en la salida de la celda de bombeo de oxígeno según una primera modificación de la sexta realización de la presente invención.

45

La Fig. 20 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de localización de punto de inflexión según la primera

modificación de la sexta realización de la presente invención.

La Fig. 21 es un diagrama de bloques que ilustra partes esenciales del aparato de detección de concentración de gas según una segunda modificación de la sexta realización de la presente invención.

5 La Fig. 22 es un diagrama que ilustra la correlación entre la salida de la celda del sensor de la relación aire-combustible y la salida de la celda del sensor de NOx.

La Fig. 23 es un diagrama que ilustra los cambios de concentración de NOx que se producen aguas abajo de un catalizador 122 de SCR en el arranque del motor y los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx.

10 La Fig. 24 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de localización del punto de inflexión que es ejecutada en la etapa 708 de la Fig. 16 según un segundo ejemplo ilustrativo útil para comprender la invención y al que se hace referencia como una séptima realización de la presente invención.

La Fig. 25 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según un tercer ejemplo ilustrativo útil para comprender la invención y al que se hace referencia como una octava realización de la presente invención.

La Fig. 26 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según una primera modificación de la octava realización de la presente invención.

15 La Fig. 27 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según una segunda modificación de la octava realización de la presente invención.

La Fig. 28 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según una tercera modificación de la octava realización de la presente invención.

20 La Fig. 29 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según una cuarta modificación de la octava realización de la presente invención.

La Fig. 30 es un diagrama que ilustra la relación entre la cantidad de adición de agua de urea y la concentración de NOx que prevalece aguas abajo del catalizador 122 de SCR.

La Fig. 31 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según un cuarto ejemplo ilustrativo útil para comprender la invención y al que se hace referencia como una novena realización de la presente invención.

25 **Mejor modo de llevar a cabo la invención**

Las realizaciones de la presente invención se describirán a continuación con referencia a los dibujos adjuntos. Los elementos similares en los dibujos están designados mediante números de referencia similares y no se describirán de manera redundante. Debe entenderse que la presente invención no está limitada a las realizaciones descritas más adelante.

30 Primera realización

[Configuración de la primera realización]

35 En primer lugar, se describirá la configuración de un aparato de detección de concentración de gas según una primera realización de la presente invención con referencia a la Fig. 1. La Fig. 1 es un diagrama que ilustra la configuración del aparato 10 de detección de concentración de gas según la primera realización. El aparato 10 de detección de concentración de gas mostrado en la Fig. 1 es un aparato de detección de concentración de NOx que detecta la concentración de un óxido de nitrógeno (NOx) en un gas de escape emitido, por ejemplo, desde un motor de combustión interna (al que se hace referencia en adelante, en la presente memoria, como el motor).

40 El aparato 10 de detección de concentración de gas incluye un sensor 1 de NOx. El sensor 1 de NOx se forma apilando de manera secuencial un separador 3, una celda 4 de sensor de NOx, otro separador 5 y un calentador 6 debajo de una celda 2 de bombeo de oxígeno.

45 La celda 2 de bombeo de oxígeno es capaz de eliminar el exceso de oxígeno desde un gas objetivo de la medición, e incluye un cuerpo 21 de electrolito sólido, un primer electrodo 22 de la bomba y un segundo electrodo 23 de la bomba. El cuerpo 21 de electrolito sólido está intercalado entre el primer electrodo 22 de la bomba y el segundo electrodo 23 de la bomba. El cuerpo 21 de electrolito sólido, que es un elemento, es conductor de iones de oxígeno. Tiene una forma similar a una lámina que está realizado, por ejemplo, en ZrO<sub>2</sub>, HfO<sub>2</sub>, ThO<sub>2</sub> y BiO<sub>3</sub>. El primer electrodo 22 de la bomba y el segundo electrodo 23 de la bomba, entre los que está intercalado el cuerpo 21 de electrolito sólido, pueden ser formados, por ejemplo, mediante un procedimiento de serigrafía.

El primer electrodo 22 de la bomba, que está formado sobre la superficie frontal del cuerpo 21 de electrolito sólido, está expuesto a un espacio en el que se encuentra el gas de escape, que es el gas objetivo de la medición, es decir, está expuesto a un espacio en el interior de una trayectoria de escape del motor. Por ejemplo, puede usarse un electrodo de cermet poroso que contiene Pt u otro metal noble como el primer electrodo 22 de la bomba.

5 Por otra parte, el segundo electrodo 23 de la bomba, que está formado sobre la superficie posterior del cuerpo 21 de electrolito sólido frente al primer electrodo 22 de la bomba, está expuesto a un primer espacio 31 interior descrito más adelante. Puede usarse un electrodo inerte a un gas que contiene NOx, tal como un electrodo de cermet poroso que contiene una aleación de Pt-Au y circonia, alúmina u otro material cerámico, como el segundo electrodo 23 de la bomba.

10 Hay un orificio 24 formado en la celda 2 de bombeo de oxígeno como un orificio de introducción que penetra en el cuerpo 21 del electrolito sólido, el primer electrodo 22 de la bomba y el segundo electrodo 23 de la bomba. El diámetro del orificio 24 está diseñado de manera que el gas de escape a introducir en el primer espacio 31 interior descrito más adelante a través del orificio 24 se difunda a una velocidad predeterminada. A través del orificio 24 y de una capa 7 protectora porosa descrita más adelante, el primer espacio 31 interior se comunica con un espacio donde se encuentra el gas objetivo de la medición.

15 La capa 7 protectora porosa está formada en el lado hacia el primer electrodo 22 de la bomba del cuerpo 21 de electrolito sólido de manera que cubra la superficie del primer electrodo 22 de la bomba, incluyendo el orificio 24, y su área circundante. La capa 7 protectora porosa puede estar realizada, por ejemplo, en alúmina porosa. La capa 7 protectora porosa hace posible no solo prevenir que el primer electrodo 22 de la bomba se envenene, sino también prevenir que el orificio 24 se obstruya, por ejemplo, por el hollín contenido en el gas de escape.

20 El primer espacio 31 interior indicado anteriormente y un segundo espacio 32 interior están formados en el separador 3. El separador 3 puede estar realizado, por ejemplo, en alúmina. Los dos espacios 31, 32 interiores se comunican entre sí a través de un orificio 33 de comunicación. El primer espacio 31 interior, el segundo espacio 32 interior y el orificio 33 de comunicación pueden formarse realizando un orificio pasante en el separador 3.

25 La celda 4 del sensor de NOx detecta una concentración de NOx a partir de la cantidad de oxígeno derivada de la descomposición reductiva de NOx. La celda 4 del sensor de NOx incluye un cuerpo 41 de electrolito sólido, un primer electrodo 42 de detección y un segundo electrodo 43 de detección. El cuerpo 41 de electrolito sólido está emparedado entre el primer electrodo 42 de detección y un segundo electrodo 43 de detección. El primer electrodo 42 de detección y el segundo electrodo 43 de detección pueden formarse, por ejemplo, mediante un procedimiento de serigrafía.

30 El primer electrodo 42 de detección, que está formado sobre la superficie frontal del cuerpo 41 de electrolito sólido, está expuesto al segundo espacio 32 interior. Por ejemplo, puede usarse un electrodo de cermet poroso que contiene una aleación de Pt-Au y circonia, alúmina u otro material cerámico, como el primer electrodo 42 de detección.

35 Por otra parte, el segundo electrodo 43 de detección, que está formado sobre la superficie posterior del cuerpo 41 de electrolito sólido frente al primer electrodo 42 de detección, está expuesto a un espacio en el interior de un conducto 51 atmosférico, que está formado en el separador 5. El aire atmosférico es introducido al conducto 51 atmosférico. Por ejemplo, puede usarse un electrodo de cermet poroso que contiene Pt u otro metal noble como el segundo electrodo 43 de detección. El conducto 51 atmosférico puede formarse realizando una muesca en el separador 5.

40 El calentador 6 incluye capas 62, 63 de aislamiento con forma de lámina y un electrodo 61 del calentador, que está incluido entre las capas 62, 63 de aislamiento. Las capas 62, 63 de aislamiento están formadas, por ejemplo, por un material cerámico tal como alúmina. El electrodo 61 del calentador está formado, por ejemplo, por un cermet que está realizado en Pt y alúmina u otro material cerámico.

45 El aparato 10 de detección de concentración de gas según la primera realización incluye una ECU 8 (Electronic Control Unit, unidad de control electrónico), que sirve como un dispositivo de control. La ECU 8 incluye medios 81 de control de celda de bombeo, medios 82 de control de celda de sensor y medios 83 de control del calentador. La ECU 8 puede proporcionarse además a una ECU de control del motor o puede proporcionarse como una parte de la ECU de control del motor.

50 Los medios 81 de control de celda de bombeo están conectados al primer electrodo 22 de la bomba y al segundo electrodo 23 de la bomba, que están incluidos en la celda 2 de bombeo de oxígeno. Los medios 81 de control de celda de bombeo aplican un voltaje entre el primer electrodo 22 de la bomba y el segundo electrodo 23 de la bomba, y detectan el valor de una corriente que fluye en la celda 2 de bombeo de oxígeno como una "salida de la celda de bombeo de oxígeno".

Los medios 82 de control de celda de sensor están conectados al primer electrodo 42 de detección y al segundo electrodo 43 de detección, que están incluidos en la celda 4 del sensor de NOx. Los medios 82 de control de celda de sensor aplican un voltaje entre el primer electrodo 42 de detección y el segundo electrodo 43 de detección y detectan el valor de



una corriente que fluye en la celda 4 del sensor de NOx como una "salida de la celda de sensor de NOx".

Los medios 83 de control del calentador están conectados al electrodo 61 del calentador. Los medios 83 de control del calentador suministran energía eléctrica al electrodo 61 del calentador.

[Operación de la primera realización]

5 (Principios de la detección de la concentración de NOx)

10 A continuación, se describirán los principios de la detección de la concentración de NOx por medio del aparato 10 de detección de concentración de gas, con referencia a la Fig. 1. El gas de escape, que es un gas objetivo de la medición que fluye en la trayectoria de escape del motor, se encuentra en un espacio alrededor de la capa 7 protectora porosa. El gas de escape incluye, por ejemplo, O<sub>2</sub>, NOx, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. El gas de escape es introducido al primer espacio 31 interior a través de la capa 7 protectora porosa y el orificio 24. La cantidad de gas de escape a introducir al primer espacio 31 interior viene determinada por la resistencia a la difusión de la capa 7 protectora porosa y del orificio 24.

15 Antes de la detección de la concentración de NOx, los medios 83 de control del calentador primero suministran energía eléctrica al electrodo 61 del calentador para calentar los cuerpos 21, 41 de electrolito sólido a su temperatura de actividad. A continuación, se activa la celda 2 de bombeo de oxígeno, de manera que los medios 81 de control de celda de bombeo aplican un voltaje entre el primer electrodo 22 de la bomba y el segundo electrodo 23 de la bomba. En el segundo electrodo 23 de la bomba, que está expuesto al primer espacio 31 interior, el oxígeno restante y el oxígeno contenido en el gas de escape son reducidos a continuación a iones de oxígeno O<sup>2-</sup>. A continuación, los iones de oxígeno O<sup>2-</sup> son bombeados hacia el primer electrodo 22 de la bomba a través del cuerpo 21 de electrolito sólido. En este caso, los medios 81 de control de celda de bombeo detectan el valor de una corriente que fluye en la celda 2 de bombeo de oxígeno como la salida de la celda de bombeo de oxígeno. Cuando el exceso de oxígeno es descargado por la celda 2 de bombeo de oxígeno, la concentración de oxígeno en los gases de escape se reduce hasta el punto en el que la detección de la concentración de NOx por la celda 4 del sensor de NOx no se ve afectada. La maximización del voltaje aplicado entre el primer electrodo 22 de la bomba y el segundo electrodo 23 de la bomba hace que la operación de bombeo para los iones de oxígeno O<sup>2-</sup> sea más vigorosa para incrementar la cantidad de oxígeno a descargar.

25 El gas de escape a partir del cual se elimina el exceso de oxígeno para reducir la concentración de oxígeno es introducido al segundo espacio 32 interior a través del orificio 33 de comunicación. Cuando la celda 4 del sensor de NOx se activa, de manera que los medios 82 de control de celda de sensor aplican un voltaje entre el primer electrodo 42 de detección y el segundo electrodo 43 de detección, el NOx, que es un componente específico del gas de escape, se descompone en el primer electrodo 42 de detección para generar iones de oxígeno O<sup>2-</sup>. Más específicamente, el NOx primero se descompone en NO (se convierte en un componente de gas individual) y a continuación se descompone en iones de oxígeno O<sup>2-</sup>. Los iones de oxígeno O<sup>2-</sup> pasan a través del cuerpo 41 de electrolito sólido y son descargados desde el segundo electrodo 43 de detección al conducto 51 atmosférico. En este caso, los medios 82 de control de celda de sensor detectan una corriente que fluye en la celda 4 de sensor NOx como la salida de la celda del sensor NOx, es decir, la salida de la concentración de NOx para el gas objetivo de la medición.

35 (Operación de determinación de la actividad del sensor de NOx)

40 A continuación, se describirá una operación de determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx, con referencia a las Figs. 2 y 3. Para conseguir la detección de la concentración de NOx indicada anteriormente con gran precisión, es necesario que el sensor 1 de NOx esté en su estado activo. El "estado activo" según la presente invención es un estado en el que se inicia la detección de una salida del sensor de NOx que no se ve afectada por el oxígeno restante, es decir, la salida de la celda del sensor de NOx puede ser usada para diversas operaciones de control sin que se vea afectada por el oxígeno restante (lo mismo se aplica a las realizaciones descritas más adelante). Por lo tanto, cuando puede determinarse la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx de manera temprana, la salida de la celda del sensor de NOx puede ser usada inmediatamente para diversas operaciones de control para reducir las emisiones.

45 Para obtener las características normales desde el sensor 1 de NOx u otro sensor de NOx similar que tenga un elemento compuesto por un cuerpo de electrolito sólido, es necesario energizar un calentador para elevar la temperatura del elemento a una temperatura de actividad predefinida. Se conoce que una determinación de la actividad relacionada con un sensor de concentración de gas se realiza, por ejemplo, según la impedancia del elemento, la energía suministrada al calentador o la resistencia del calentador. Sin embargo, la impedancia del elemento y la energía suministrada al calentador, por ejemplo, varían de una unidad de sensor a otra. Por lo tanto, es difícil captar de manera precisa e inmediata el estado activo del sensor según los parámetros anteriores.

50 En vista de las circunstancias anteriores, la primera realización realiza una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx de manera temprana y con precisión de la manera descrita a continuación. La Fig. 2 es un diagrama que ilustra cómo cambian la salida de la celda de bombeo de oxígeno y la salida de la celda del sensor de NOx durante el

calentamiento del sensor de NOx. En la Fig. 2, una línea Lp discontinua indica los cambios en la salida de la celda de bombeo de oxígeno, mientras que una línea Ls continua indica los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx.

En el tiempo t0, el sensor 1 de NOx empieza a calentarse en el arranque del motor, tal como se muestra en la Fig. 2. Más específicamente, los medios 83 de control del calentador empiezan a aplicar energía eléctrica al electrodo 61 del calentador. Como resultado de dicha aplicación de energía, las temperaturas de la celda 2 de bombeo de oxígeno y de la celda 4 del sensor de NOx, es decir, las temperaturas de los cuerpos 21, 41 de electrolito sólido aumentan gradualmente. En el tiempo t0, el oxígeno contenido en el aire atmosférico permanece en el primer espacio 31 interior, que está cerca de la celda 2 de bombeo de oxígeno, y en el segundo espacio 32 interior, que está cerca de la celda 4 del sensor de NOx.

Posteriormente, cuando el cuerpo 41 de electrolito sólido de la celda 4 del sensor de NOx alcanza una temperatura predeterminada en el tiempo t1, se obtiene una salida de la celda del sensor de NOx. Después del tiempo t1, la salida de la celda del sensor de NOx incrementa con un incremento en la actividad de la celda 4 del sensor de NOx (cuerpo 41 de electrolito sólido). Esto es debido a que el oxígeno restante en el segundo espacio 32 interior es descompuesto en el primer electrodo 42 de detección y no es debido a que el NOx introducido en el segundo espacio 32 interior, que está cerca de la celda 4 del sensor de NOx, se descomponga en el primer electrodo 42 de detección. A continuación, en el tiempo t3, la salida de la celda del sensor de NOx alcanza un valor de límite superior, es decir, el valor de límite superior de la concentración de oxígeno que puede ser detectada por la celda 4 del sensor de NOx.

Mientras, cuando el cuerpo 21 de electrolito sólido de la celda 2 de bombeo de oxígeno alcanza una temperatura predeterminada en el tiempo t2, que es posterior al tiempo t1, se obtiene una salida de la celda de bombeo de oxígeno. Después del tiempo t2, la cantidad de descarga de oxígeno restante en el primer espacio 31 interior, que está cerca de la celda 2 de bombeo de oxígeno, se incrementa con un incremento de la actividad de la celda 2 de bombeo de oxígeno (cuerpo 21 de electrolito sólido). Por lo tanto, la salida de la celda de bombeo de oxígeno se incrementa con el tiempo.

La cantidad de oxígeno descargado desde el primer espacio 31 interior se incrementa con un incremento en la actividad de la celda 2 de bombeo de oxígeno. Además, la cantidad de gas de escape introducido al primer espacio 31 interior se incrementa con un incremento en la actividad de la celda 2 de bombeo de oxígeno. Esto reduce la concentración de oxígeno restante en el primer espacio 31 interior y reduce la cantidad de oxígeno suministrado desde el primer espacio 31 interior al segundo espacio 32 interior. Por lo tanto, la concentración de oxígeno restante en el segundo espacio 32 interior se reduce gradualmente con un incremento en la actividad de la celda 2 de bombeo de oxígeno. Como resultado, la salida de la celda del sensor de NOx se reduce después del tiempo t4.

Posteriormente, en el tiempo t5 en el que el oxígeno restante en el segundo espacio 32 interior se elimina sustancialmente, aparece un punto de inflexión en la salida del sensor de NOx para representar un punto en el que una curva indicativa de la salida de la celda del sensor de NOx cambia considerablemente. Más específicamente, la salida de la celda del sensor de NOx generada antes de la aparición del punto de inflexión usa principalmente el oxígeno restante en el segundo espacio 32 interior para realizar una operación de bombeo de iones de oxígeno. Por lo tanto, la curva indicativa de la salida de la celda del sensor de NOx que prevalece durante dicho período se ve afectada predominantemente por la concentración de oxígeno en el segundo espacio 32 interior, es decir, la actividad de la celda 2 de bombeo de oxígeno.

Por otra parte, la salida de la celda del sensor de NOx generada después de la aparición del punto de inflexión usa principalmente el NOx en el segundo espacio 32 interior para realizar una operación de bombeo de iones de oxígeno debido a que el oxígeno restante se ha reducido. Por lo tanto, la curva indicativa de la salida de la celda del sensor de NOx que prevalece durante dicho período se ve afectada predominantemente por la concentración de NOx en el segundo espacio 32 interior, es decir, la actividad de la celda 4 del sensor de NOx. Por consiguiente, en el tiempo t5 en el que aparece el punto de inflexión, es posible reconocer que el oxígeno restante en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo antes del calentamiento del sensor 1 de NOx se elimina sustancialmente. De esta manera, después del tiempo t5 en el que aparece el punto de inflexión, la celda 4 del sensor de NOx puede detectar con precisión la concentración de NOx sin verse afectada por el oxígeno restante.

Por consiguiente, la primera realización realiza una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx en el tiempo t5 en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. Esto hace posible realizar una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx cuando la celda 4 del sensor de NOx empieza a detectar la concentración de NOx sin verse afectada por el oxígeno restante. Por lo tanto, la demanda de una activación temprana del sensor 1 de NOx puede ser satisfecha en la mayor medida posible.

A continuación, se describirá una operación realizada para localizar el punto de inflexión descrito anteriormente, con referencia a la Fig. 3. La Fig. 3 es un diagrama que ilustra un procedimiento para localizar el punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. Tal como se muestra en la figura, la primera etapa es adquirir la salida N de la celda del sensor de NOx N a intervalos de tiempo predeterminados y calcular una cantidad  $\Delta N$  de cambio en la salida de la celda del sensor de NOx tras cada adquisición de la salida de la celda del sensor de NOx. La cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio en el

tiempo t puede ser calculada a partir de la Ecuación (1), a continuación. Cuando la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio calculada es menor que un valor  $\Delta N_{th}$  de referencia predeterminado durante un procedimiento en el que la salida N de la celda del sensor de NOx disminuye, la salida N(t) de la celda del sensor de NOx que prevalece en el tiempo t se identifica como un punto de inflexión.

$$5 \quad \Delta N(t) = | N(t) - N(t-1) | \quad \text{--- (1)}$$

El ejemplo mostrado en la Fig. 3 indica que la salida N de la celda del sensor de NOx disminuye durante el período entre el tiempo t10 y el tiempo t14. En otras palabras,  $N(t) - N(t-1)$  en la Ecuación (1) anterior es negativo en el tiempo t11, el tiempo t12, el tiempo t13 y el tiempo t14. Las cantidades  $\Delta N(t11)$  a  $\Delta N(t13)$  de cambio no son menores que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia predeterminado. Sin embargo, la cantidad  $\Delta N(t14)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia. Por lo tanto, la salida N(t14) de la celda del sensor de NOx que prevalece en el tiempo t14 es identificada como un punto de inflexión. De esta manera, se realiza una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx en el tiempo t14 en el que aparece el punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx.

Un procedimiento para localizar el punto de inflexión no se limita al descrito anteriormente. Por ejemplo, la salida N de la celda del sensor de NOx que prevalece cuando la salida N de la celda del sensor de NOx deja de disminuir y empieza a aumentar puede ser identificada, de manera alternativa, como un punto de inflexión. La razón es que un incremento en la concentración de NOx en los gases de escape significa que dicho aumento es detectado por la celda 4 del sensor de NOx. Además, cuando la salida N de la celda del sensor NOx es menor que el valor  $N_{th}$  de referencia, la salida N de la celda del sensor NOx puede ser identificada como un punto de inflexión incluso en una situación en la que la cantidad  $\Delta N$  de cambio en la salida N de la celda del sensor NOx es mayor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia. La razón es que esto significa que el oxígeno restante se elimina antes de que el sensor 1 de NOx sea calentado por completo.

[Operación característica de la primera realización]

A continuación, se describirá una operación característica de la presente realización, con referencia a la Fig. 4. Tal como se ha indicado anteriormente, es posible reconocer, en el tiempo de la aparición del punto de inflexión, que el oxígeno restante en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo, antes de que se elimine sustancialmente el calentamiento del sensor 1 de NOx, ha sido eliminado sustancialmente. Por lo tanto, después de la aparición del punto de inflexión, la celda 4 del sensor de NOx puede detectar la concentración de NOx sin verse afectada por el oxígeno restante.

Cuando la celda 4 de sensor NOx en el sensor 1 de NOx se deteriora, la salida N de la celda del sensor NOx prevalece antes de que cambie el punto de inflexión. La Fig. 4 es un diagrama que ilustra cómo cambia la salida N de la celda del sensor de NOx en el caso de un deterioro de la celda 4 del sensor de NOx. En la Fig. 4, una línea Lp discontinua indica los cambios en la salida de la celda de bombeo de oxígeno; una línea Ls1 continua indica los cambios en la salida en una celda 4 de sensor de NOx normal; y una línea Ls2 de trazo y un punto indica los cambios en la salida en una celda 4 de sensor de NOx deteriorada.

Cuando, en el tiempo t0, el sensor 1 de NOx empieza a calentarse en el arranque del motor, tal como se indica mediante la línea Ls1 continua en la figura, la temperatura del cuerpo 41 de electrolito sólido en la celda 4 del sensor de NOx aumenta gradualmente. A continuación, después del tiempo t1, la salida de la celda del sensor de NOx incrementa con un incremento en la actividad de la celda 4 del sensor de NOx (cuerpo 41 de electrolito sólido). La razón es que el exceso de oxígeno restante en el segundo espacio 32 interior es descompuesto en el primer electrodo de detección, tal como se ha descrito anteriormente.

En el sensor 1 de NOx cuya celda 4 del sensor de NOx está deteriorada, la capacidad de descomposición de oxígeno de la celda 4 del sensor de NOx se reduce. Por lo tanto, un sensor 1 de NOx deteriorado exhibe una velocidad de aumento menor de la salida N de la celda del sensor de NOx que un sensor 1 de NOx normal, tal como se indica mediante la línea Ls2 de trazo y un punto en la figura.

Por consiguiente, la presente realización realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx según la tendencia de salida descrita anteriormente. Más específicamente, la salida N(t) de la celda del sensor de NOx es adquirida primero a intervalos  $\Delta t$  de tiempo predeterminados durante un incremento en la salida N de la celda del sensor de NOx, tal como se muestra en la figura. La cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio en la salida de la celda del sensor de NOx es calculada a continuación a partir de la Ecuación (1) tras cada adquisición de la salida de la celda del sensor de NOx. A continuación, la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida de la salida N de la celda del sensor de NOx es calculada sustituyendo la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio, que se determina tras cada adquisición de la salida de la celda del sensor de NOx, en la Ecuación (2) a continuación. Cuando la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida calculada es menor que un valor  $V_{th1}$  de referencia predeterminado, la celda 4 del sensor de NOx en el sensor 1 de NOx se verifica en busca de un deterioro.

$$50 \quad Vu(t) = \Delta N(t) / \Delta t \quad \text{--- (2)}$$

Tal como se ha descrito anteriormente, el aparato de detección de concentración de gas según la primera realización

realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 4 del sensor de NOx durante un procedimiento para localizar un punto de inflexión que aparece en la salida N de la celda del sensor de NOx. Esto hace posible verificar de manera precisa un deterioro del sensor 1 de NOx antes de que este se active.

[Detalles del procedimiento realizado por la primera realización]

- 5 A continuación, se describirá en detalle un procedimiento realizado por la primera realización, con referencia a las Figs. 5 y 6. La Fig. 5 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 para realizar una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx según la primera realización. La rutina se inicia a intervalos predeterminados. Los intervalos predeterminados corresponden, por ejemplo, al intervalo entre el tiempo t10 y el tiempo t11 y al intervalo entre el tiempo t11 y el tiempo t12, que se muestran en la Fig. 3.
- 10 En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 5 realiza la etapa 100 para determinar si el sensor 1 de NOx se está calentando. Más específicamente, la etapa 100 es realizada para determinar si el motor está empezando a calentar el sensor 1 de NOx o si se está realizando una recuperación después de un corte de combustible prolongado. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 100 no indica que el sensor 1 de NOx se está calentando, la rutina termina de inmediato ya que concluye que no puede obtenerse la salida de la celda del sensor de NOx mostrada en la Fig. 2.
- 15 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 100 indica que el sensor 1 de NOx se está calentando, la rutina pasa a la siguiente etapa (etapa 102) y adquiere una salida N(t) de la celda del sensor de NOx. A continuación, la rutina realiza la etapa 104 para calcular la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio. Más específicamente, la etapa 104 es realizada para calcular la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio sustituyendo la salida N(t) de la celda del sensor de NOx obtenida en la etapa 102 y N(t-1) en la Ecuación (1) anterior.
- 20 A continuación, la rutina realiza la etapa 106 para determinar si la salida N(t) de la celda del sensor de NOx es menor que N(t-1). Más específicamente, la etapa 106 es realizada para comparar la salida N(t) de la celda del sensor NOx, que es obtenida en la etapa 102, con N(t-1). Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 106 indica que  $N(t) < N(t-1)$ , la rutina concluye que se está realizando un procedimiento de reducción de la salida para reducir la salida N(t) de la celda del sensor de NOx, pasa a la siguiente etapa (etapa 108), y determina si la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 108 indica que la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia, la rutina pasa a la siguiente etapa (etapa 110) e identifica la salida N(t) de la celda del sensor de NOx como un punto de inflexión. En el ejemplo mostrado en la Fig. 3, la salida N(t14) de la celda del sensor de NOx que prevalece en el tiempo t14 es identificada como un punto de inflexión ya que la cantidad  $\Delta N(t14)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia. A continuación, la rutina realiza la etapa 112 para concluir que el tiempo de actividad de la celda 4 del sensor de NOx está representado por el tiempo en el que se encuentra el punto de inflexión. Tras completar la etapa 112, la rutina termina.
- 25 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 106 no indica que  $N(t) < N(t-1)$ , la rutina concluye que la salida N(t) de la celda del sensor de NOx se incrementa, pasa a la siguiente etapa (etapa 114), y determina si la salida N(t-1) de la celda del sensor de NOx determinada por la última rutina es menor que N(t-2). Más específicamente, la etapa 114 es realizada para comparar la salida N(t-1) de la celda del sensor de NOx determinada por la última rutina con la salida N(t-2) de la celda del sensor de NOx determinada por la penúltima rutina. Si la comparación no indica que  $N(t-1) < N(t-2)$ , la salida N de la celda del sensor de NOx está incrementando hacia el valor de límite superior. Por lo tanto, la rutina concluye que todavía no se ha encontrado un punto de inflexión, y a continuación termina de inmediato.
- 30 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 114 indica que  $N(t-1) < N(t-2)$ , la rutina concluye que la salida N(t-2) de la celda del sensor de NOx determinada por la penúltima rutina es mayor que la cantidad  $\Delta(t-1)$  de cambio determinada por la última rutina. En este caso, la rutina actual determina que actualmente se está detectando un incremento en la concentración de NOx en el gas de escape, pasa a la etapa 110 e identifica la salida N(t) de la celda del sensor de NOx como un punto de inflexión.
- 35 Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 108 no indica que la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia, la rutina pasa a la siguiente etapa (etapa 116) y determina si la salida N(t) de la celda del sensor de NOx es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia. Si el resultado obtenido en la determinación no indica que la salida N(t) de la celda del sensor de NOx es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia, la rutina termina de inmediato ya que concluye que todavía no ha aparecido un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx.
- 40 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 116 indica que la salida N(t) de la celda del sensor de NOx es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia, la rutina pasa a la etapa 110 e identifica la salida N(t) de la celda del sensor de NOx como un punto de inflexión.
- 45
- 50

La Fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según la primera realización para determinar un deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx o, más específicamente, una determinación del deterioro relacionado con

- la celda 4 del sensor de NOx. Esta rutina se inicia a intervalos predeterminados junto con la rutina mostrada en la Fig. 5. En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 6 realiza la etapa 200 para realizar un procedimiento de determinación de la actividad en el sensor 1 de NOx. Más específicamente, la etapa 200 es realizada para determinar si se realiza o no una determinación de la actividad por parte de la rutina mostrada en la Fig. 5, que es ejecutada junto con la rutina actualmente ejecutada, es decir, si se realiza una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx en la etapa 112. Si el resultado obtenido en la determinación indica que se realiza una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx, la rutina termina de inmediato.
- Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 200 no indica que se haya realizado una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx, la rutina concluye que el sensor 1 de NOx todavía no está activado, pasa a la siguiente etapa (etapa 202), y adquiere la salida  $N(t)$  de la celda del sensor de NOx. Más específicamente, el procedimiento realizado en la etapa 202 es el mismo que el procedimiento realizado en la etapa 102 de la rutina mostrada en la Fig. 5.
- A continuación, la rutina realiza la etapa 204 para determinar si la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx está aumentando. Más específicamente, la etapa 204 es realizada para determinar si la salida  $N(t)$  de la celda del sensor de NOx adquirida en la etapa 202 anterior es mayor que  $N(t-1)$ , que se adquirió en la etapa 202 de la última rutina. Si el resultado obtenido en la determinación no indica que  $N(t) > N(t-1)$ , la rutina concluye que la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx disminuye y a continuación termina de inmediato.
- Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 204 indica que  $N(t) > N(t-1)$ , la rutina concluye que la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx aumenta, pasa a la siguiente etapa (etapa 206), y adquiere la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio. Más específicamente, el procedimiento realizado en la etapa 206 es el mismo que el procedimiento realizado en la etapa 104 de la rutina mostrada en la Fig. 5.
- A continuación, la rutina realiza la etapa 208 para calcular la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida. Más específicamente, la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida es calculada en la etapa 208 sustituyendo la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio calculada en la etapa 206 en la Ecuación (2) anterior.
- A continuación, la rutina realiza la etapa 210 para determinar si la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida es menor que un valor  $V_{th1}$  de referencia predeterminado. El valor  $V_{th1}$  de referencia está predeterminado, por ejemplo, por un experimento y se usa como un valor de umbral para realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 4 del sensor de NOx. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 210 no indica que  $Vu(t) < V_{th1}$ , la rutina concluye que la celda 4 del sensor de NOx no está deteriorada y a continuación termina de inmediato.
- Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 210 indica que  $Vu(t) < V_{th1}$ , la rutina concluye que la celda 4 del sensor de NOx está deteriorada, pasa a la siguiente etapa (etapa 212) y realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 4 de sensor NOx. Más específicamente, la rutina realiza un procedimiento en la etapa 212 para iluminar un indicador MIL en el aparato de detección de concentración de gas con el propósito de anunciar que la celda 4 del sensor de NOx está deteriorada.
- Tal como se ha descrito anteriormente, la primera realización realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor del sensor de NOx 4 durante un procedimiento que es realizado para localizar un punto de inflexión en la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx. Esto significa que se realiza una determinación del deterioro antes de que el sensor 1 de NOx se active. Esto hace posible evitar de manera efectiva una situación en la que la salida de un sensor de NOx deteriorado es usada para diversas operaciones de control.
- La primera realización, que se ha descrito anteriormente, realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 4 del sensor de NOx según una comparación entre la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida y el valor  $V_{th1}$  de referencia predeterminado. Sin embargo, el valor para realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 4 del sensor de NOx no se limita a la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida. Por ejemplo, la cantidad de cambio de salida puede ser usada para una determinación del deterioro en la medida en que se correlaciona con la velocidad de aumento de la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx. Otro valor alternativo para la determinación del deterioro sería, por ejemplo, la salida que prevalece después de que transcurre un periodo de tiempo predeterminado desde el inicio de la aplicación de energía al calentador 6 o el tiempo requerido para obtener una salida predefinida.
- Además, la primera realización, que se ha descrito anteriormente, realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 4 del sensor de NOx según una comparación entre la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida y el valor  $V_{th1}$  de referencia predeterminado. Sin embargo, la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida puede ser corregida para mejorar adicionalmente la precisión de la determinación del deterioro relacionado con la celda 4 del sensor de NOx. La tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida se ve afectada por la concentración de oxígeno restante en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo. Más específicamente, cuanto mayor sea el tiempo de remojo para el sensor 1 de NOx, es decir, cuanto mayor sea la concentración de oxígeno en los espacios indicados anteriormente, mayor será la tasa  $Vu(t)$  de incremento de

salida. Por lo tanto, la influencia de la diferencia sobre la concentración de oxígeno restante puede ser corregida para mejorar la precisión de la determinación del deterioro. La corrección anterior puede realizarse corrigiendo la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida o el valor  $V_{th1}$  de referencia según la concentración de oxígeno restante.

5 En la primera realización, que se ha descrito anteriormente, el sensor 1 de NOx corresponde al "sensor de gas" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a los "medios de control de la concentración de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida de la celda del sensor de NOx corresponde a la "salida de la celda" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de determinación de deterioro" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 210.

10 Además, en la primera realización, que se ha descrito anteriormente, el sensor 1 de NOx corresponde al "sensor de gas" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a los "medios de eliminación de exceso de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida de la celda del sensor de NOx corresponde a la "salida de la celda" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de determinación de deterioro" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 210.

15 Además, en la primera realización, que se ha descrito anteriormente, la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida corresponde al "valor de correlación de la tasa de incremento" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de adquisición del valor de correlación de la tasa de incremento" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 208.

20 Además, en la primera realización, que se ha descrito anteriormente, la tasa  $Vu(t)$  de incremento de salida corresponde a la "tasa de incremento" según el segundo aspecto de la presente invención. Los "medios de adquisición de tasa de incremento" según el segundo aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 208.

## 25 Segunda realización

[Características de la segunda realización]

A continuación, se describirá una segunda realización de la presente invención, con referencia a las Figs. 7 y 8. Un sistema según la segunda realización se implementa cuando la configuración de hardware mostrada en la Fig. 1 se emplea para permitir que la ECU 8 ejecute una rutina que se describe más adelante y que se muestra en la Fig. 8.

30 Tal como se ha descrito anteriormente, en el tiempo en el que aparece un punto de inflexión, es posible comprender que el oxígeno restante en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo antes del calentamiento del sensor 1 de NOx se elimina sustancialmente. Por lo tanto, después del tiempo de aparición del punto de inflexión, la celda 4 del sensor de NOx puede detectar la concentración de NOx sin verse afectada por el oxígeno restante.

35 Cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno en el sensor 1 de NOx se deteriora, la salida N de la celda del sensor de NOx antes del punto de inflexión cambia. La Fig. 7 es un diagrama que ilustra cómo cambia la salida N de la celda del sensor de NOx cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada. En la Fig. 7, una línea Lp discontinua indica los cambios en la salida de la celda de bombeo de oxígeno; una línea Ls1 continua indica los cambios en la salida en la celda 4 del sensor de NOx que ocurren cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno es normal; y una línea Ls2 de trazo y un punto indica los cambios de salida en la celda 4 del sensor de NOx que ocurren cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada.

40 Tal como se indica mediante la línea Ls1 continua en la figura, cuando, en el tiempo  $t_0$ , el sensor 1 de NOx empieza a calentarse durante el arranque del motor, la temperatura del cuerpo 41 de electrolito sólido en la celda 4 del sensor de NOx aumenta gradualmente. A continuación, después del tiempo  $t_1$ , la salida N de la celda del sensor de NOx se incrementa con un incremento en la actividad de la celda 4 del sensor de NOx (cuerpo 41 de electrolito sólido). La razón es que el exceso de oxígeno restante en el segundo espacio 32 interior se descompone en el primer electrodo 42 de detección, tal como se ha descrito anteriormente.

45 Posteriormente, cuando la actividad de la celda 2 de bombeo de oxígeno aumenta, el exceso de oxígeno restante en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo empieza a descomponerse en el segundo electrodo 23 de la bomba de oxígeno en la celda 2 de bombeo de oxígeno. De esta manera, la cantidad de exceso de oxígeno restante en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo disminuye. Por consiguiente, la salida N de la celda del sensor NOx empieza a disminuir.

Si, en este caso, la celda 2 de bombeo de oxígeno se deteriora, la capacidad de descomposición de oxígeno de la celda 2

de bombeo de oxígeno disminuye. Por lo tanto, el sensor 1 de NOx que tiene una celda 2 de bombeo de oxígeno deteriorada exhibe un valor menor que el sensor 1 de NOx que tiene una velocidad de disminución normal de la salida N de la celda del sensor de NOx, tal como se indica mediante la línea Ls2 de trazo y un punto en la figura.

5 Por consiguiente, la presente realización realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx según la tendencia de salida descrita anteriormente. Más específicamente, la salida N(t) de la celda del sensor de NOx es adquirida primero a intervalos  $\Delta t$  de tiempo predeterminados durante una disminución en la salida N de la celda del sensor de NOx, tal como se muestra en la figura. A continuación, la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio en la salida de la celda del sensor de NOx es calculada a partir de la Ecuación (1) anterior tras cada adquisición de la salida de la celda del sensor de NOx. A continuación, la tasa Vd(t) de disminución de salida de la salida N de la celda del sensor de NOx es calculada  
10 sustituyendo la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio, que se determina tras cada adquisición de la salida de la celda del sensor de NOx, en la Ecuación (3) a continuación. Cuando la tasa Vd(t) de disminución de salida calculada es menor que un valor Vth2 de referencia predeterminado, la celda 2 de bombeo de oxígeno en el sensor 1 de NOx se verifica para determinar su deterioro.

$$Vd(t) = \Delta N(t) / \Delta t \quad \text{--- (3)}$$

15 Tal como se ha descrito anteriormente, el aparato de detección de concentración de gas según la segunda realización realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de la bomba de oxígeno durante un procedimiento para localizar un punto de inflexión que aparece en la salida N de la celda del sensor de NOx. Esto hace posible verificar con precisión un deterioro del sensor 1 de NOx antes de que este se active.

[Detalles del procedimiento realizado por la segunda realización]

20 A continuación, se describirá en detalle un procedimiento realizado por la segunda realización, con referencia a la Fig. 8. La Fig. 8 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 para determinar el deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx, o más específicamente, una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno, según la segunda realización. La rutina se inicia a intervalos predeterminados junto con la rutina mostrada en la Fig. 5. En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 8 realiza la etapa 300 para realizar un procedimiento de determinación de la actividad en el sensor 1 de NOx. Más específicamente, el procedimiento realizado en la etapa 300 es el mismo que el procedimiento realizado en la etapa 200. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 300 indica que se ha realizado una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx, la rutina termina de inmediato.  
25

30 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 300 no indica que se ha realizado una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx, la rutina concluye que el sensor 1 de NOx todavía no está activado, pasa a la siguiente etapa (etapa 302), y adquiere la salida N(t) de la celda del sensor de NOx. Más específicamente, el procedimiento realizado en la etapa 302 es el mismo que el procedimiento realizado en la etapa 202.

35 A continuación, la rutina realiza la etapa 304 para determinar si la salida N de la celda del sensor de NOx está disminuyendo. Más específicamente, el procedimiento realizado en la etapa 304 es el mismo que el procedimiento realizado en la etapa 204. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 304 indica que  $N(t) > N(t-1)$ , la rutina concluye que la salida N de la celda del sensor de NOx está aumentando, y a continuación termina de inmediato.

40 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 304 no indica que  $N(t) > N(t-1)$ , la rutina concluye que la salida N de la celda del sensor de NOx está disminuyendo, pasa a la siguiente etapa (etapa 306), y adquiere la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio. Más específicamente, el procedimiento realizado en la etapa 306 es el mismo que el procedimiento realizado en la etapa 206.

A continuación, la rutina realiza la etapa 308 para calcular la tasa Vd(t) de disminución de salida. Más específicamente, la tasa Vd(t) de disminución de salida es calculada en la etapa 308 sustituyendo la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio calculada en la etapa 306 en la ecuación (3) anterior.

45 A continuación, la rutina realiza la etapa 310 para determinar si la tasa Vd(t) de disminución de salida es menor que un valor Vth2 de referencia predeterminado. El valor Vth2 de referencia está predeterminado, por ejemplo, por un experimento y se usa como un valor de umbral para determinar el deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 310 no indica que  $Vd(t) < Vth2$ , la rutina concluye que la celda 2 de bombeo de oxígeno no está deteriorada, y a continuación termina de inmediato.

50 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 310 indica que  $Vu(t) < Vth2$ , la rutina concluye que la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada, pasa a la siguiente etapa (etapa 312) y realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno. Más específicamente, la rutina realiza un procedimiento en la etapa 312 para iluminar el indicador MIL en el aparato de detección de concentración de gas con el propósito de anunciar que la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada.

Tal como se ha descrito anteriormente, la segunda realización realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de la bomba de oxígeno durante un procedimiento que es realizado para localizar un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx. Esto significa que se realiza una determinación del deterioro antes de que el sensor 1 de NOx se active. Esto hace posible evitar de manera efectiva una situación en la que la salida de un sensor de NOx deteriorado es usada para diversas operaciones de control.

La segunda realización, que se ha descrito anteriormente, realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de la bomba de oxígeno según una comparación entre la tasa  $V_d(t)$  de disminución de salida y el valor  $V_{th2}$  de referencia predeterminado. Sin embargo, el valor para determinar el deterioro de la celda 2 de bombeo de oxígeno no se limita a la tasa  $V_d(t)$  de disminución de salida. Por ejemplo, la cantidad de cambio de salida puede ser usada para determinar el deterioro en la medida en que se correlaciona con la velocidad de disminución de la salida N de la celda del sensor de NOx. Otro valor alternativo para la determinación del deterioro sería, por ejemplo, la salida que prevalece después del transcurso de un período de tiempo predeterminado desde el inicio de la aplicación de energía al calentador 6 o el tiempo requerido para obtener una salida predefinida.

Además, la segunda realización, que se ha descrito anteriormente, realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de la bomba de oxígeno según una comparación entre la tasa  $V_d(t)$  de disminución de salida y el valor  $V_{th2}$  de referencia predeterminado. Sin embargo, la tasa  $V_d(t)$  de disminución de salida puede ser corregida para mejorar adicionalmente la precisión de la determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno. La tasa  $V_d(t)$  de disminución de salida se ve afectada por la concentración de oxígeno restante en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo. Más específicamente, cuanto mayor es el tiempo de remojo para el sensor 1 de NOx, es decir, cuanto mayor es la concentración de oxígeno en los espacios indicados anteriormente, menor es la tasa  $V_d(t)$  de disminución de salida. Por lo tanto, la influencia de la diferencia en la concentración de oxígeno restante puede ser corregida para mejorar la precisión de la determinación del deterioro. La corrección anterior puede realizarse corrigiendo la tasa  $V_d(t)$  de disminución de salida o el valor  $V_{th2}$  de referencia según la concentración de oxígeno restante.

Además, la segunda realización, que se ha descrito anteriormente, realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de la bomba de oxígeno según una comparación entre la tasa  $V_d(t)$  de disminución de salida y el valor  $V_{th2}$  de referencia predeterminado. De manera alternativa, sin embargo, puede realizarse una determinación del deterioro relacionado con la celda 4 del sensor de NOx según la primera realización mientras que, al mismo tiempo, se realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno según la segunda realización. Más específicamente, una alternativa sería realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 4 del sensor de NOx durante un aumento en la salida N de la celda del sensor de NOx, que precede a la aparición de un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx, y realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno durante una disminución en la salida N de la celda del sensor de NOx. Esto hace posible realizar una determinación precisa del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx antes de que aparezca un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx, es decir, antes de realizar una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx.

En la segunda realización, que se ha descrito anteriormente, el sensor 1 de NOx corresponde al "sensor de gas" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a los "medios de control de la concentración de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida de la celda del sensor de NOx corresponde a la "salida de la celda" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de determinación de deterioro" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 310.

Además, en la segunda realización, que se ha descrito anteriormente, el sensor 1 de NOx corresponde al "sensor de gas" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a los "medios de eliminación de exceso de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida de la celda del sensor de NOx corresponde a la "salida de la celda" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de determinación de deterioro" según el primer aspecto de la presente invención se implementa cuando la ECU 8 realiza la etapa 310.

Además, en la segunda realización, que se ha descrito anteriormente, la tasa  $V_d(t)$  de disminución de salida corresponde al "valor de correlación de la velocidad de disminución" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de adquisición del valor de correlación de la velocidad de disminución" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 308.

Además, en la segunda realización, que se ha descrito anteriormente, la tasa  $V_d(t)$  de disminución de salida corresponde a la "velocidad de disminución" según el tercer aspecto de la presente invención. Los "medios de adquisición de la velocidad de disminución" según el tercer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la



etapa 308.

Tercera Realización

[Característica de la tercera realización]

5 A continuación, se describirá una tercera realización de la presente invención, con referencia a las Figs. 9 y 10. Un sistema según la tercera realización se implementa cuando la configuración de hardware mostrada en la Fig. 1 es empleada para permitir que la ECU 8 ejecute una rutina descrita más adelante y que se muestra en la Fig. 10.

Cuando la tasa  $Vd(t)$  de disminución de salida de la salida  $N(t)$  de la celda del sensor de NOx es menor que el valor  $V_{th2}$  de referencia predeterminado mientras se realiza un procedimiento para localizar un punto de inflexión en la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx, la segunda realización concluye que la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada.

10 Cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno en el sensor 1 de NOx se deteriora, tal como se ha descrito con respecto a la segunda realización, la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx antes del punto de inflexión cambia. La Fig. 9 es un diagrama que ilustra cómo cambia la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada. En la Fig. 9, una línea  $Lp$  discontinua indica los cambios en la salida de la celda de bombeo de oxígeno; una línea  $Ls1$  continua indica los cambios en la salida en la celda 4 del sensor de NOx que ocurren cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno es normal; y una línea  $Ls2$  de trazo y un punto indica los cambios en la salida en la celda 4 del sensor de NOx que ocurren cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada.

15 Tal como se indica mediante la línea  $Ls2$  de trazo y un punto en la figura cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada, la tasa  $Vd(t)$  de disminución de salida es menor que cuando la celda 2 de bombeo de oxígeno es normal. Por lo tanto, un valor  $Q(t2)$  de salida integrado que se alcanza entre el tiempo  $t0$ , en el que el sensor 1 de NOx empieza a calentarse, y el tiempo  $t2$ , en el que aparece un punto de inflexión en la línea  $Ls2$  de trazo y un punto, es mayor que un valor  $Q(t1)$  de salida integrado de una salida de un sensor de NOx normal, que se indica mediante la línea  $Ls1$  continua.

20 Por consiguiente, la presente realización realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx según la tendencia de salida descrita anteriormente. Más específicamente, la ecuación (4) siguiente es usada para calcular un valor  $Q(t)$  de salida integrado que se alcanza durante el intervalo entre el instante en el que el sensor 1 de NOx empieza a calentarse y el tiempo  $t$  en el que aparece un punto de inflexión. Cuando el valor  $Q(t)$  de salida integrado calculado es mayor que un valor  $Q_{th}$  de referencia predeterminado, se realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno en el sensor 1 de NOx.

$$Q(t) = \sum N(t) \quad \text{--- (4)}$$

30 Tal como se ha descrito anteriormente, el aparato de detección de concentración de gas según la tercera realización realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de la bomba de oxígeno durante un procedimiento para localizar un punto de inflexión que aparece en la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx. Esto hace posible verificar con precisión el deterioro del sensor 1 de NOx antes de que se active.

[Detalles del procedimiento realizado por la tercera realización]

35 A continuación, se describirá en detalle un procedimiento realizado por la tercera realización, con referencia a la Fig. 10. La Fig. 8 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 para realizar una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx o, más específicamente, una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno, según la tercera realización. La rutina se inicia a intervalos predeterminados junto con la rutina mostrada en la Fig. 5. En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 10 realiza la etapa 400 para adquirir la salida  $N(t)$  de la celda del sensor de NOx. Más específicamente, el procedimiento realizado en la etapa 400 es el mismo que el procedimiento realizado en la etapa 302.

40 A continuación, la rutina realiza la etapa 402 para calcular un valor  $Q(t)$  de salida integrado de la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx. Más específicamente, el valor de la salida integrado alcanzado en el tiempo  $t$  se calcula sustituyendo la salida  $N(t)$  de la celda del sensor de NOx adquirida en la etapa 400 en la ecuación (4) anterior.

45 A continuación, la rutina realiza la etapa 404 para realizar un procedimiento de determinación de la actividad en el sensor 1 de NOx. Más específicamente, el procedimiento realizado en la etapa 404 es el mismo que el procedimiento realizado en la etapa 300. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 404 no indica que se haya realizado una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx, la rutina concluye que el sensor 1 de NOx todavía no está activado, y a continuación termina de inmediato.

50 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 404 indica que se ha realizado una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx, la rutina concluye que el valor  $Q(t)$  de salida integrado

calculado en la etapa 402 representa un valor de salida integrado que se alcanza en el tiempo en el que aparece un punto de inflexión, pasa a la siguiente etapa (etapa 406), y determina si el valor  $Q(t)$  de salida integrado es mayor que el valor  $Q_{th}$  de referencia. El valor  $Q_{th}$  de referencia está predeterminado, por ejemplo, por un experimento y se usa como valor de umbral para determinar el deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 406 no indica que  $Q(t) > Q_{th}$ , la rutina concluye que la celda 2 de bombeo de oxígeno no está deteriorada, y a continuación termina de inmediato.

Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 406 indica que  $Q(t) > Q_{th}$ , la rutina concluye que la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada, pasa a la siguiente etapa (etapa 408) y realiza una determinación del deterioro para indicar que la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada. Más específicamente, la rutina realiza el mismo procedimiento que en la etapa 312 para iluminar el indicador MIL en el aparato de detección de concentración de gas con el propósito de anunciar que la celda 2 de bombeo de oxígeno está deteriorada.

Tal como se ha descrito anteriormente, la tercera realización realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de la bomba de oxígeno durante un procedimiento para localizar un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx. Por lo tanto, puede realizarse una determinación del deterioro antes de que el sensor 1 de NOx se active. Esto hace posible evitar de manera efectiva una situación en la que la salida de un sensor de NOx deteriorado es usada para diversas operaciones de control.

La tercera realización, que se ha descrito anteriormente, realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de la bomba de oxígeno según una comparación entre el valor  $Q(t)$  de salida integrado y el valor  $Q_{th}$  de referencia predeterminado. Sin embargo, de manera alternativa, el valor  $Q(t)$  de salida integrado puede ser corregido para mejorar adicionalmente la precisión de la determinación del deterioro de la celda 2 de bombeo de oxígeno. El valor  $Q(t)$  de salida integrado se ve afectado por la concentración de oxígeno restante en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo. Más específicamente, cuanto mayor sea el tiempo de remojo para el sensor 1 de NOx, es decir, cuanto mayor sea la concentración de oxígeno en los espacios indicados anteriormente, mayor será el valor  $Q(t)$  de salida integrado. Por lo tanto, la influencia de la diferencia en la concentración de oxígeno restante puede ser corregida para mejorar la precisión de la determinación del deterioro. La corrección anterior puede ser realizada corrigiendo el valor  $Q(t)$  de salida integrado o el valor  $Q_{th}$  de referencia según la concentración de oxígeno restante.

Además, la tercera realización, que se ha descrito anteriormente, realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de la bomba de oxígeno según una comparación entre el valor  $Q(t)$  de salida integrado y el valor  $Q_{th}$  de referencia predeterminado. De manera alternativa, sin embargo, puede realizarse una determinación del deterioro relacionado con la celda 4 del sensor de NOx según la primera realización, mientras que, al mismo tiempo, se realiza una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno según la tercera realización. Más específicamente, una alternativa sería realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 4 del sensor de NOx durante un incremento en la salida N de la celda del sensor de NOx, que precede a la aparición de un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx, y realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno según el valor  $Q(t)$  de salida integrado que se alcanza en el tiempo en el que aparece un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx. Esto hace posible realizar un juicio de deterioro preciso relacionado con el NOx el sensor 1 antes de que aparezca un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx, es decir, antes de realizar una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx.

En la tercera realización, que se ha descrito anteriormente, el sensor 1 de NOx corresponde al "sensor de gas" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a los "medios de control de concentración de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida de la celda del sensor de NOx corresponde a la "salida de la celda" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de determinación de deterioro" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 410.

Además, en la tercera realización, que se ha descrito anteriormente, el sensor 1 de NOx corresponde al "sensor de gas" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a los "medios de eliminación de exceso de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida de la celda del sensor de NOx corresponde a la "salida de la celda" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de determinación de deterioro" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 410.

Además, en la tercera realización, que se ha descrito anteriormente, el valor  $Q(t)$  de salida integrado corresponde al "valor de correlación de la velocidad de disminución" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de adquisición del valor de correlación de la velocidad de disminución" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 402.

Además, en la tercera realización, que se ha descrito anteriormente, el valor  $Q(t)$  de salida integrado corresponde al "valor integrado" según el tercer aspecto de la presente invención. Los "medios de adquisición de valor integrado" según el tercer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 402.

#### Cuarta realización

##### 5 [Características de la cuarta realización]

A continuación, se describirá una cuarta realización de la presente invención, con referencia a la Fig. 11. Un sistema según la cuarta realización se implementa cuando la configuración de hardware mostrada en la Fig. 1 es empleada para permitir que la ECU 8 ejecute la rutina que se describe más adelante y que se muestra en la Fig. 11.

10 Las realizaciones primera a tercera, que se han descrito anteriormente, realizan una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx durante un procedimiento para localizar un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx. Sin embargo, un error debido, por ejemplo, a diferencias en los sensores individuales se superpone a la salida N de la celda del sensor de NOx. Por lo tanto, cuando la configuración empleada compara, por ejemplo, la velocidad de aumento o de disminución en la salida N de la celda del sensor de NOx antes de que aparezca un punto de inflexión con un valor de referencia predeterminado, es probable que pueda realizarse una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx debido a un fallo en la corrección de un error de salida basado en las diferencias en los sensores individuales.

15 En vista de las circunstancias anteriores, la cuarta realización realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx teniendo en cuenta la influencia, por ejemplo, de las diferencias en los sensores individuales mediante el aprendizaje y el uso de información acerca de un punto de inflexión. Más específicamente, la capacidad de descomposición de NOx disminuye cuando el sensor 1 de NOx se deteriora. Por lo tanto, la salida N de la celda del sensor de NOx de un sensor 1 de NOx deteriorado es menor que cuando el sensor 1 de NOx es normal. Siendo éste el caso, la cuarta realización almacena el último valor de la salida de la celda del sensor de NOx que prevalece en un punto de inflexión del sensor 1 de NOx como un valor aprendido (al que se hace referencia en adelante, en la presente memoria, como "valor aprendido de la salida en el punto de inflexión"). Cuando la salida de la celda del sensor de NOx que prevalece en un punto de inflexión (al que se hace referencia en adelante, en la presente memoria, como "salida en el punto de inflexión") es considerablemente menor que el valor aprendido de la salida en el punto de inflexión, la cuarta realización determina que el sensor 1 de NOx está deteriorado. Esto hace posible determinar de manera precisa el deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx.

20 En un sensor NOx normal 1, es poco probable que la salida en el punto de inflexión sea considerablemente mayor que el valor aprendido de la salida en el punto de inflexión. También en este caso, es posible determinar que el sensor 1 de NOx está más o menos deteriorado. Cuando se realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx según una comparación entre la salida en el punto de inflexión y el valor aprendido de la salida en el punto de inflexión, tal como se ha descrito anteriormente, es posible realizar una determinación del deterioro teniendo en cuenta la influencia de las diferencias en los sensores individuales que se superpone a la salida de la celda del sensor de NOx. Además, debido a que puede realizarse una determinación del deterioro cuando el sensor 1 de NOx se activa, es posible evitar de manera efectiva una situación en la que la salida de un sensor de NOx deteriorado es usada para diversas operaciones de control.

##### 30 [Detalles del procedimiento realizado por la cuarta realización]

A continuación, se describirá en detalle un procedimiento realizado por la cuarta realización, con referencia a la Fig. 11. La Fig. 11 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 para determinar el deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx y actualizar un valor aprendido según la cuarta realización. La rutina se inicia a intervalos predeterminados junto con la rutina mostrada en la Fig. 5. En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 11 realiza la etapa 500 para determinar si el sensor 1 de NOx está energizado. Si el resultado obtenido en la determinación no indica que el sensor 1 de NOx está energizado, la rutina termina de inmediato.

45 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 500 indica que el sensor 1 de NOx está activado, la rutina pasa a la siguiente etapa (etapa 502) y realiza una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx. Más específicamente, el procedimiento realizado en la etapa 502 es el mismo que el procedimiento realizado en la etapa 404. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 502 indica que no ha aparecido un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx del sensor 1 de NOx, la rutina concluye que el sensor 1 de NOx todavía no está activado y termina de inmediato.

50 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 502 indica que el sensor 1 de NOx está activado, la rutina pasa a la siguiente etapa (etapa 504) y adquiere la salida de la celda del sensor de NOx en un punto Na de inflexión (salida en el punto de inflexión). A continuación, la rutina realiza la etapa 506 para adquirir un valor aprendido de la salida de la celda del sensor de NOx en el punto Nb de inflexión (valor aprendido de la salida en el punto de inflexión).

Más específicamente, se adquiere el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión actualizado en la etapa 514, que se describirá más adelante.

5 A continuación, la rutina realiza la etapa 508 para comparar la salida Na en el punto de inflexión con el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión. Más específicamente, la etapa 508 es realizada para determinar si la salida Na en el punto de inflexión adquirida en la etapa 504 no es mayor que el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión adquirido en la etapa 506. Si el resultado obtenido en la determinación indica que la salida Na en el punto de inflexión no es mayor que el valor Nb obtenido de la salida en el punto de inflexión, la rutina concluye que la salida Na en el punto de inflexión tiende a disminuir, pasa a la siguiente etapa y determina si la desviación ( $Nb - Na$ ) entre el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión y la salida Na en el punto de inflexión no es menor que un valor N1 predeterminado. El valor N1 está predeterminado, por ejemplo, por un experimento y se usa como un valor de umbral para determinar el deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx. Si el resultado obtenido en la determinación indica que  $Nb - Na \geq N1$ , la rutina concluye que la cantidad de disminución en la salida Na en el punto de inflexión no es menor que el valor N1 predeterminado, pasa a la siguiente etapa (etapa 512) y concluye que el sensor 1 de NOx está deteriorado. Más específicamente, la etapa 512 es realizada de la misma manera que en la etapa 410 para iluminar el indicador MIL en el aparato de detección de concentración de gas con el propósito de anunciar que el sensor 1 de NOx está deteriorado.

15 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 510 no indica que  $Nb - Na \geq N1$ , la rutina concluye que la cantidad de disminución en la salida Na en el punto de inflexión es menor que el valor N1 predeterminado, es decir, el sensor 1 de NOx no está deteriorado, pasa a la siguiente etapa (etapa 514) y actualiza el valor aprendido. Más específicamente, la salida Na en el punto de inflexión adquirida en la etapa 504 es actualizada como un nuevo valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión.

20 Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 508 no indica que la salida Na en el punto de inflexión es igual o menor que el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión ( $Na \leq Nb$ ), la rutina concluye que la salida Na en el punto de inflexión tiende a aumentar, pasa a la siguiente etapa (etapa 516), y determina si el valor absoluto  $|Nb - Na|$  de la desviación entre el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión y la salida Na en el punto de inflexión no es menor que un valor N2 predeterminado. El valor N2 está predeterminado, por ejemplo, por un experimento y se usa como un valor de umbral para determinar el deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx. Si el resultado obtenido en la determinación indica que  $|Nb - Na| \geq N2$ , la rutina encuentra que la cantidad de aumento en la salida Na en el punto de inflexión no es menor que el valor N2 predeterminado, pasa a la etapa 512 y concluye que el sensor 1 de NOx está deteriorado.

25 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 516 no indica que  $|Nb - Na| \geq N2$ , la rutina concluye que la cantidad de aumento en la salida Na en el punto de inflexión es menor que el valor N2 predeterminado, es decir, el sensor 1 de NOx no está deteriorado, pasa a la etapa 514 y actualiza el valor aprendido.

30 Tal como se ha descrito anteriormente, la cuarta realización realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx según una comparación entre la salida Na en el punto de inflexión y el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión. Por lo tanto, puede realizarse una determinación del deterioro teniendo en cuenta la influencia de las diferencias en los sensores individuales que se superpone en la salida de la celda del sensor de NOx. Esto hace posible mejorar de manera efectiva la precisión de la determinación. Además, debido a que la cuarta realización puede determinar el deterioro cuando el sensor 1 de NOx se activa, es posible evitar de manera efectiva una situación en la que la salida de un sensor de NOx deteriorado es usada para diversas operaciones de control.

35 La cuarta realización, que se ha descrito anteriormente, realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx según una comparación entre la salida Na en el punto de inflexión y el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión. De manera alternativa, sin embargo, puede realizarse una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx según las realizaciones primera a tercera, mientras que, al mismo tiempo, se realiza una determinación del deterioro según la cuarta realización. Más específicamente, una alternativa sería realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 4 del sensor de NOx durante un aumento en la salida N de la celda del sensor de NOx, que precede a la ejecución del procedimiento según la presente realización, es decir, la aparición de una inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx, realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno durante una disminución en la salida N de la celda del sensor de NOx, y realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno según el valor  $Q(t)$  de salida integrado que se alcanza en el tiempo en el que aparece el punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx.

40 Además, la cuarta realización, que se ha descrito anteriormente, usa el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión como un valor aprendido relacionado con la información acerca de un punto de inflexión. Sin embargo, el valor aprendido disponible no se limita al valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión. Por ejemplo, el tiempo requerido para la localización del punto de inflexión y un valor de correlación de la temperatura del elemento (impedancia, resistencia del calentador o energía del calentador) en el punto de inflexión pueden usarse de manera alternativa como el valor aprendido, en la medida en que se correlaciona con la salida de la celda del sensor de NOx en el punto de inflexión.

5 En la cuarta realización, que se ha descrito anteriormente, el sensor 1 de NOx corresponde al "sensor de gas" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a los "medios de control de concentración de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida de la celda del sensor de NOx corresponde a la "salida de la celda" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de determinación de deterioro" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 512.

10 En la cuarta realización, que se ha descrito anteriormente, el sensor 1 de NOx corresponde al "sensor de gas" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a los "medios de eliminación de exceso de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida de la celda del sensor de NOx corresponde a la "salida de la celda" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de determinación de deterioro" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 512.

15 Además, en la cuarta realización, que se ha descrito anteriormente, el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión corresponde al "valor aprendido" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida Na en el punto de inflexión corresponde a la "salida de la celda en el punto de inflexión" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de almacenamiento" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 514; y los "medios de adquisición de la salida de la celda en el punto de inflexión" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 504.

20 Además, en la cuarta realización, que se ha descrito anteriormente, el valor N1 predeterminado corresponde al "valor de referencia predeterminado" según el cuarto aspecto de la presente invención; el valor N2 predeterminado corresponde al "valor de referencia predeterminado" según el cuarto aspecto de la presente invención; y el valor N1 predeterminado corresponde al "valor de referencia predeterminado" según el octavo aspecto de la presente invención.

25 Quinta realización

[Características de la quinta realización]

A continuación, se describirá una quinta realización de la presente invención, con referencia a las Figs. 12 y 13. Un sistema según la quinta realización se implementa cuando la configuración de hardware mostrada en la Fig. 1 es empleada para permitir que la ECU 8 ejecute la rutina que se describe más adelante y que se muestra en la Fig. 13.

30 La cuarta realización, que se ha descrito anteriormente, realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx según una comparación entre la salida Na en el punto de inflexión y el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión. Por lo tanto, la cuarta realización puede realizar una determinación del deterioro teniendo en cuenta la influencia de las diferencias en los sensores individuales que se superpone a la salida de la celda del sensor de NOx.

35 El deterioro del sensor de NOx es un deterioro permanente irrecuperable o un deterioro temporal recuperable. Cuando el sensor 1 de NOx está expuesto a una atmósfera pobre mientras su elemento sensor se mantiene a una temperatura baja, el primer electrodo 42 de detección en la celda 4 del sensor de NOx se oxida. Por lo tanto, cuando, por ejemplo, el control de retardo de activación del calentador se ejerce teniendo en cuenta un fallo de resistencia al remojo de agua del elemento sensor, es probable que la oxidación del electrodo pueda progresar. La recuperación del deterioro causado por la oxidación del electrodo puede conseguirse realizando un procedimiento de recuperación para promover una reacción de reducción en el electrodo, siempre que el grado de oxidación no sea significativamente elevado. En vista de las circunstancias anteriores, la quinta realización clasifica el deterioro del sensor de NOx en un deterioro permanente y un deterioro temporal y realiza el procedimiento de recuperación cuando se encuentra un deterioro temporal. Esto hace posible reutilizar un sensor 1 de NOx temporalmente deteriorado restaurándolo a su estado normal.

45 La salida de celda N del sensor de NOx es usada para determinar si el sensor 1 de NOx está deteriorado temporalmente o está deteriorado permanentemente. La Fig. 12 es un diagrama que ilustra los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx con respecto a la concentración de NOx. En la Fig. 12, la línea L1 indica cambios en la salida de la celda del sensor de NOx en un sensor de NOx normal, mientras que la línea L2 indica los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx en un sensor de NOx que está deteriorado debido a la oxidación del electrodo.

50 Tal como se muestra en la figura, el sensor de NOx cuyo electrodo está oxidado genera una mayor salida de la celda del sensor de NOx que el sensor de NOx normal. La razón es que la reacción de reducción progresa en el electrodo oxidado para permitir que la celda del sensor de NOx genere una salida. Además, la salida N de la celda del sensor de NOx aumenta con un aumento en el grado de oxidación del electrodo del sensor 1 de NOx. Por consiguiente, cuando la desviación (Nb - Na) entre el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión y la salida Na en el punto de inflexión es

menor que un valor N3 predeterminado, la quinta realización concluye que puede realizarse una recuperación del deterioro causado por la oxidación del sensor 1 de NOx y, a continuación, realiza un procedimiento de recuperación.

Más específicamente, el procedimiento de recuperación es realizado para promover una reacción de reducción en el primer electrodo 42 de detección de la celda 4 del sensor de NOx. La reacción de reducción en el primer electrodo 42 de detección puede ser promovida, por ejemplo, realizando un procedimiento para aumentar temporalmente la cantidad de accionamiento de la celda 2 de bombeo de oxígeno para disminuir la concentración de oxígeno cerca del primer electrodo 42 de detección, un procedimiento para aplicar un voltaje a la celda 4 del sensor de NOx, o un procedimiento para accionar el calentador 6 para elevar temporalmente la temperatura del elemento. Como resultado, puede realizarse una recuperación efectiva del deterioro temporal del sensor 1 de NOx.

[Detalles del procedimiento realizado por la quinta realización]

A continuación, se describirá en detalle un procedimiento realizado por la quinta realización, con referencia a la Fig. 13. La Fig. 13 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 para determinar el deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx y ejecutar un procedimiento de recuperación según la quinta realización. La rutina se inicia a intervalos predeterminados junto con la rutina mostrada en la Fig. 5. En primer lugar, las etapas 600 a 616 de la rutina mostrada en la Fig. 13 son realizadas de la misma manera que las etapas 500 a 516, que se han descrito anteriormente.

Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 616 indica que  $|N_b - N_a| \geq N_2$ , la rutina concluye que la cantidad de incremento en la salida Na en el punto de inflexión no es menor que el valor N2 predeterminado, es decir, el sensor 1 de NOx está deteriorado, pasa a la siguiente etapa (etapa 618) y determina si el valor absoluto  $|N_b - N_a|$  de la desviación entre el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión y la salida Na en el punto de inflexión no es menor que el valor N3 predeterminado. El valor N3 está predeterminado, por ejemplo, por un experimento y es usado como valor de umbral para determinar el deterioro temporal relacionado con el sensor 1 de NOx. Si el resultado obtenido en la determinación indica que  $|N_b - N_a| \geq N_3$ , la rutina encuentra que la cantidad de incremento en la salida Na en el punto de inflexión no es menor que el valor N3 predeterminado, es decir, se encuentra un deterioro permanente irrecuperable, que no puede restablecerse completamente a un estado normal, pasa a la etapa 612, y concluye que el sensor 1 de NOx está deteriorado.

Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 618 no indica que  $|N_b - N_a| \geq N_3$ , la rutina concluye que la cantidad de incremento en la salida Na en el punto de inflexión es menor que el valor N3 predeterminado, es decir, el grado de deterioro causado por la oxidación del electrodo es tal que puede realizarse una recuperación, pasa a la siguiente etapa (etapa 620) y concluye que el sensor 1 de NOx está temporalmente deteriorado. A continuación, la rutina pasa a la etapa 622 y realiza un procedimiento de recuperación sobre el sensor 1 de NOx. Más específicamente, la rutina realiza un procedimiento en la etapa 622 para promover una reacción de reducción en el primer electrodo 42 de detección de la celda 4 del sensor de NOx.

Tal como se ha descrito anteriormente, la quinta realización compara la salida Na en el punto de inflexión con el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión para determinar si el sensor 1 de NOx está temporalmente deteriorado o permanentemente deteriorado. Por lo tanto, cuando el sensor 1 de NOx está temporalmente deteriorado, la quinta realización puede realizar un procedimiento de recuperación para recuperar el rendimiento original del sensor 1 de NOx.

La quinta realización, que se ha descrito anteriormente, realiza una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx y realiza un procedimiento de recuperación según una comparación entre la salida Na en el punto de inflexión y el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión. De manera alternativa, sin embargo, puede realizarse una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx según las realizaciones primera a tercera, mientras que, al mismo tiempo, se realiza el procedimiento de determinación y de recuperación de deterioro según la quinta realización. Más específicamente, una alternativa sería realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 4 del sensor de NOx durante un aumento en la salida N de la celda del sensor de NOx, que precede a la ejecución del procedimiento según la presente realización, es decir, la aparición de un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx, realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno durante una disminución en la salida N de la celda del sensor de NOx, y realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda 2 de bombeo de oxígeno según el valor  $Q(t)$  de salida integrado que se alcanza en el tiempo en el que aparece el punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx.

En la quinta realización, que se ha descrito anteriormente, el sensor 1 de NOx corresponde al "sensor de gas" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a los "medios de control de concentración de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida de la celda del sensor de NOx corresponde a la "salida de la celda" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de determinación de deterioro" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 512.

Además, en la quinta realización, que se ha descrito anteriormente, el sensor 1 de NOx corresponde al "sensor de gas" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a los "medios de eliminación de exceso de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención; la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida de la celda del sensor de NOx corresponde a la "salida de la celda" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de determinación de deterioro" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 512.

Además, en la quinta realización, que se ha descrito anteriormente, el valor Nb de salida aprendido en el punto de inflexión corresponde al "valor aprendido" según el primer aspecto de la presente invención; y la salida Na en el punto de inflexión corresponde a la "salida de la celda en el punto de inflexión" según el primer aspecto de la presente invención. Los "medios de almacenamiento" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 614; y los "medios de adquisición de la salida de la celda en el punto de inflexión" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 604.

Además, en la quinta realización, que se ha descrito anteriormente, el valor N1 predeterminado corresponde al "valor de referencia predeterminado" según el cuarto aspecto de la presente invención; el valor N2 predeterminado corresponde al "valor de referencia predeterminado" según el cuarto aspecto de la presente invención; y el valor N1 predeterminado corresponde al "valor de referencia predeterminado" según el octavo aspecto de la presente invención.

Además, en la quinta realización, que se ha descrito anteriormente, los "medios de determinación de deterioro temporal" según el quinto aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 620.

Además, en la quinta realización, que se ha descrito anteriormente, el valor N3 predeterminado corresponde al "valor de referencia predeterminado" según el sexto aspecto de la presente invención.

Sin embargo, en la quinta realización, que se ha descrito anteriormente, los "medios de ejecución del procedimiento de recuperación de deterioro" según el séptimo aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 622.

## 25 Sexta realización

[Descripción de la configuración del sistema]

La Fig. 14 muestra una configuración de sistema típica según una sexta realización de la presente invención. Un sistema mostrado en la Fig. 14 incluye un motor diésel de cuatro tiempos (motor de combustión interna con encendido por compresión), al que se hace referencia brevemente en adelante, en la presente memoria, como el motor 100. De manera alternativa, puede usarse un motor de gasolina (motor de combustión interna con encendido por chispa) como el motor 100. Un pistón de cada cilindro 102 en el motor 100 está acoplado a un cigüeñal 103 a través de un mecanismo de cigüeñal. Un sensor 104 de ángulo de cigüeñal está instalado cerca del cigüeñal 103 para detectar un ángulo CA del cigüeñal.

Cada cilindro 102 en el motor 100 está provisto de un inyector 105 que inyecta directamente combustible a un cilindro. Cada inyector 105 está conectado a un carril 106 común compartido. El carril 106 común almacena combustible que es presurizado por una bomba 107 de suministro. Cada inyector 105 puede inyectar combustible a un cilindro múltiples veces por ciclo en un tiempo arbitrario.

Un puerto 108 de admisión del motor 100 está provisto de una válvula 109 de admisión. Las características de apertura de la válvula (sincronización de la apertura de la válvula, cantidad de elevación y ángulo de operación) de la válvula 109 de admisión pueden cambiarse mediante un tren de válvulas variable, hidráulico o mecánico conocido públicamente (no mostrado). El puerto 108 de admisión está conectado a una trayectoria 111 de admisión a través de un colector 110 de admisión. Una válvula 112 de mariposa está instalada en el medio de la trayectoria 111 de admisión. La válvula 112 de mariposa es una válvula controlada electrónicamente que es accionada por un motor 113 de mariposa. La válvula 112 de mariposa es accionada, por ejemplo, según una abertura del acelerador AA que es detectada por un sensor 115 de apertura del acelerador. Un sensor 113 de apertura del acelerador está instalado cerca de la válvula 112 de mariposa para detectar una apertura TA del acelerador. Un medidor 116 de flujo de aire está instalado aguas arriba de la válvula 112 de mariposa para detectar una cantidad Ga de aire de admisión. Un filtro 117 de aire está instalado aguas arriba del medidor 116 de flujo de aire.

Un puerto 118 de escape del motor 1 está provisto de una válvula 119 de escape. Las características de apertura de la válvula (sincronización de apertura de la válvula, cantidad de elevación y ángulo de operación) de la válvula 119 de escape pueden ser cambiadas por un tren de válvulas variable, hidráulico o mecánico, conocido públicamente (no mostrado). El puerto 118 de escape está conectado a una trayectoria 121 de escape a través de un colector 120 de escape. Un catalizador de reducción selectiva (al que se hace referencia en adelante, en la presente memoria, como

"catalizador 122 de SCR (Selective Catalytic Reduction, reducción catalítica selectiva)" está instalado en la trayectoria 121 de escape. Una válvula 123 de adición de agua de urea está instalada aguas arriba del catalizador 122 de SCR para añadir agua de urea ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ ), que es almacenada en un tanque 124 de agua de urea. El NOx es reducido a nitrógeno por el amoníaco que es generado a partir del agua de urea añadida desde la válvula 123 de adición de agua de urea. El sensor 1 de NOx, que detecta la concentración de NOx, está instalado aguas abajo del catalizador 122 de SCR. El sensor 1 de NOx no se describirá en detalle, ya que tiene la misma configuración que el sensor 1 de NOx mostrado en la Fig. 1. Un catalizador 126 de oxidación está instalado aguas abajo del sensor 1 de NOx para oxidar el amoníaco.

El colector 120 de escape está conectado a un extremo de una trayectoria 127 de EGR externa. El otro extremo de la trayectoria 127 de EGR externa está conectado a la trayectoria 111 de admisión cerca del colector 110 de admisión. La EGR (Exhaust Gas Recirculation, Recirculación de los gases de escape) externa puede ser realizada haciendo que una parte de los gases de escape (gases quemados) fluya de vuelta a la ruta 111 de admisión a través de la trayectoria 127 de EGR externa. Un enfriador 128 de EGR está instalado en el medio de la trayectoria 127 de EGR externa para enfriar el gas de EGR externo. Una válvula 129 de EGR está instalada en la trayectoria 127 de EGR externa y posicionada aguas abajo del enfriador 128 de EGR. Un incremento de la apertura de la válvula 129 de EGR incrementa la cantidad de gas de escape que pasa a través de la trayectoria 127 de EGR externa (es decir, la cantidad de EGR externa o la tasa de EGR externa).

El sistema mostrado en la Fig. 14 incluye también una ECU (Electronic Control Unit, unidad de control electrónico) 8, que sirve como un dispositivo de control. El extremo de salida de la ECU 8 está conectado, por ejemplo, al inyector 105, a la bomba 107 de suministro, al motor 113 de mariposa, a la válvula 123 de adición de agua de urea y a la válvula 129 de EGR. El extremo de entrada de la ECU 8 está conectado al sensor 104 de ángulo de cigüeñal, al sensor 114 de apertura del acelerador, al sensor 115 de apertura del acelerador, al medidor 116 de flujo de aire y al sensor 1 de NOx. La ECU 8 incluye medios 81 de control de celda de bombeo, medios 82 de control de celda de sensor y medios 83 de control del calentador. Estos medios de control no se muestran en la figura, ya que tienen la misma configuración que las partes correspondientes en el aparato 10 de detección de concentración de gas mostrado en la Fig. 1.

La ECU 8 calcula una velocidad NE del motor según el ángulo CA del cigüeñal. La ECU 8 calcula una carga KL del motor, por ejemplo, según la apertura TA del acelerador y la apertura AA del acelerador. La ECU 8 calcula la cantidad de inyección de combustible desde el inyector 105 según la carga KL del motor. La ECU 8 controla también el estado de operación del motor 100 operando diversos actuadores según las señales desde diversos sensores y con un programa predeterminado.

[Características de la sexta realización]

Si se realiza una determinación de la actividad según la impedancia del elemento, tal como se describe en el documento de patente 6, el tiempo de la determinación de la actividad puede variar con el estado de funcionamiento del motor. Por consiguiente, la sexta realización aprende información acerca de un punto de inflexión en el tiempo de la localización del punto de inflexión. Dicho aprendizaje es realizado, por ejemplo, integrando en un mapa (almacenando en un mapa) el tiempo requerido para la localización del punto de inflexión, en el que la salida de la celda del sensor de NOx prevalece cuando se localiza un punto de inflexión, y un valor de propiedad física correlacionado con la temperatura del elemento prevalece en el tiempo de la localización del punto de inflexión. El valor de la propiedad física correlacionado con la temperatura del elemento puede ser, por ejemplo, la impedancia, la resistencia del calentador o la energía del calentador.

Para obtener información sobre un punto de inflexión, es necesario generar un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. Para dicha generación de punto de inflexión, la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx debe ser mayor que un valor predeterminado. Más específicamente, la concentración de oxígeno restante en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo debe incrementarse para incrementar la concentración de oxígeno a ser absorbido por el primer electrodo 42 de detección de la celda 4 del sensor de NOx.

Cuando el motor arranca, se requiere que transcurra una cierta cantidad de tiempo entre el último apagado y la activación de la ignición (al que se hace referencia en adelante, en la presente memoria, como el "tiempo transcurrido"). La Fig. 15 es un diagrama que ilustra los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx con el tiempo transcurrido en el arranque del motor. En la Fig. 15, una línea Ls1 continua indica los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx en una situación en la que el tiempo transcurrido es suficientemente largo (por ejemplo, varias horas o más). Cuando el tiempo transcurrido se reduce, la salida de la celda del sensor de NOx se mantiene en un valor de límite superior durante un corto período de tiempo, tal como se indica mediante una línea Ls2 de trazo y un punto. Cuando el tiempo transcurrido se reduce adicionalmente, la salida de la celda del sensor de NOx empieza a disminuir antes de que alcance el valor de límite superior indicado por una línea Ls3 de trazo y dos puntos. En todos los casos anteriores, la salida de la celda del sensor de NOx aumenta por encima del valor Nth2 de referencia; por lo tanto, es posible localizar un punto de inflexión y aprender la información acerca del punto de inflexión.

Si, por el contrario, el tiempo transcurrido es extremadamente corto (por ejemplo, no superior a una hora), la salida de la



celda del sensor de NOx no alcanza el valor Nth2 de referencia, tal como se indica mediante una línea Ls4 discontinua, incluso cuando transcurre un período  $\alpha$  de tiempo predeterminado después de la activación de la ignición. En este caso, no puede aprenderse la información acerca de un punto de inflexión, ya que no puede localizarse ningún punto de inflexión.

5 Por lo tanto, para aprender la información acerca de un punto de inflexión, se requiere una cierta cantidad de tiempo transcurrido para que la salida de la celda del sensor de NOx se incremente por encima del valor Nth2 de referencia. En otras palabras, es necesario incrementar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx hasta el punto en el que la salida de la celda del sensor de NOx se incrementa por encima del valor Nth2 de referencia.

[Detalles del procedimiento realizado por la sexta realización]

10 La Fig. 16 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según la sexta realización. La Fig. 17 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de localización de punto de inflexión que es ejecutada en la etapa 708 de la Fig. 16. La rutina mostrada en la Fig. 16 se inicia a intervalos predeterminados.

15 En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 16 realiza la etapa 700 para determinar si la ignición está activada. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 700 no indica que la ignición está activada, la rutina termina. Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 700 indica que la ignición está activada, la rutina realiza la etapa 702 para adquirir el tiempo transcurrido entre el último apagado y la activación de la ignición. En la etapa 702, por ejemplo, la rutina lee el tiempo transcurrido calculado por otra rutina.

20 A continuación, la rutina realiza la etapa 704 para determinar si el tiempo transcurrido adquirido en la etapa 702 es mayor que un valor de referencia. Este valor de referencia es usado como un valor de umbral para determinar si la concentración de oxígeno se ha incrementado suficientemente desde el último apagado. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 704 indica que el tiempo transcurrido no es más corto que el valor de referencia, la rutina realiza la etapa 706 para encender el sensor 1 de NOx. En la etapa 706, la ECU 8 causa que los medios 81 de control de celda de bombeo suministren energía a la celda 2 de bombeo de oxígeno, que los medios 82 de control de celda de sensor suministren energía a la celda 4 del sensor de NOx, y que los medios 83 de control del calentador suministren energía al electrodo 61 del calentador.

25 Posteriormente, la rutina pasa a la etapa 708 y localiza un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. En la etapa 708, se inicia la rutina mostrada en la Fig. 17.

30 En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 17 realiza la etapa 720 para adquirir la salida N(t) de la celda del sensor de NOx. A continuación, la rutina realiza la etapa 722 para calcular la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio a partir de la Ecuación (5) siguiente usando la salida N(t) de la celda del sensor de NOx adquirida en la etapa 720.

$$\Delta N(t) = \Delta N(t-1) - \Delta N(t) \quad \text{--- (5)}$$

35 Posteriormente, la rutina realiza la etapa 724 para determinar si la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio calculada en la etapa 722 es mayor que cero (0) (es decir, si la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio es un valor positivo). Más específicamente, la etapa 724 se realiza para determinar si la salida N(t) de la celda del sensor de NOx actual es menor que la última salida N(t-1) de la celda del sensor de NOx, es decir, si la salida de la celda del sensor de NOx se ha reducido.

40 Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 724 indica que la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio es mayor que cero (0), la rutina concluye que la salida N(t) de la celda del sensor de NOx actual es menor que la última salida N(t-1) de la celda del sensor de NOx, es decir, la salida del sensor de NOx se ha reducido. En este caso, la rutina pasa a la etapa 726 y determina si la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 726 indica que la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia, la rutina realiza la etapa 728 para identificar la salida N(t) de la celda del sensor de NOx como un punto de inflexión. La etapa 728 se realiza para realizar una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx. En el ejemplo mostrado en la Fig. 3, la cantidad  $\Delta N(t_{14})$  de cambio es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia; por lo tanto, la salida N(t<sub>14</sub>) de la celda del sensor de NOx en el tiempo t<sub>14</sub> es identificada como un punto de inflexión. Posteriormente, la rutina mostrada en la Fig. 17 termina, permitiendo que la rutina mostrada en la Fig. 16 realice la etapa 710.

45 En la etapa 710 de la rutina mostrada en la Fig. 16, la información acerca del punto de inflexión es adquirida como un valor aprendido. Más específicamente, en la etapa 710, la salida N(t) de la celda del sensor de NOx en el tiempo de la localización del punto de inflexión, el intervalo de tiempo entre el encendido del sensor y la localización del punto de inflexión, y un valor de propiedad física correlacionada con la temperatura del elemento que prevalece en el tiempo de la localización del punto de inflexión se almacenan como un mapa tridimensional. Tras completar la etapa 710, la rutina mostrada en la Fig. 16 termina.

Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 704 indica que el tiempo transcurrido es más

5 corto que el valor de referencia, la rutina realiza la etapa 712 para encender el sensor 1 de NOx, como es el caso con la etapa 706. A continuación, la rutina pasa a la etapa 714 y determina si ha transcurrido el período  $\alpha$  de tiempo predeterminado después del encendido en la etapa 712. El período  $\alpha$  de tiempo predeterminado permite que la salida de la celda del sensor de NOx supere el valor Nth2 de referencia descrito más adelante (véase la Fig. 15) siempre que exista una cantidad suficiente de oxígeno en el sensor 1 de NOx. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 714 no indica que haya transcurrido el período  $\alpha$  de tiempo predeterminado, la rutina vuelve a la etapa 712. Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 714 indica que ha transcurrido el período  $\alpha$  de tiempo predeterminado, la rutina pasa a la etapa 716 y adquiere la salida N( $\alpha$ ) de la celda del sensor de NOx. A continuación, la rutina realiza la etapa 718 para determinar si la salida N( $\alpha$ ) de la celda del sensor de NOx adquirida en la etapa 716 no es menor que el valor Nth2 de referencia. El valor Nth2 de referencia es usado como un valor de umbral para determinar si un punto de inflexión puede ser localizado en la salida de la celda del sensor de NOx.

10 Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 718 no indica que la salida N( $\alpha$ ) de la celda del sensor de NOx ha alcanzado el valor Nth2 de referencia, tal como se indica mediante la línea Ls4 discontinua en la Fig. 15, la rutina concluye que no puede localizarse un punto de inflexión, y que la información acerca de un punto de inflexión no puede ser aprendida. En este caso, la rutina mostrada en la Fig. 16 termina sin localizar un punto de inflexión. Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 718 indica que la salida N( $\alpha$ ) de la celda del sensor de NOx no es menor que el valor Nth2 de referencia, tal como se indica mediante la línea Ls3 de trazo y dos puntos en la Fig. 15, la rutina concluye que puede localizarse un punto de inflexión. En este caso, la rutina pasa a la etapa 708.

20 Tal como se ha descrito anteriormente, la sexta realización permite que la celda 4 del sensor de NOx detecte la concentración de NOx después de descargar el oxígeno restante con la celda 2 de bombeo de oxígeno. Por lo tanto, cuando la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx es alta como en el arranque del motor, se obtienen los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx mostrados en la Fig. 2. El punto de inflexión que aparece en la salida de la celda del sensor de NOx indica que la celda 4 del sensor de NOx puede detectar la concentración de NOx sin verse afectada por el oxígeno restante. En marcado contraste con una determinación común de la actividad del sensor (actividad completa), la sexta realización concluye, cuando el punto de inflexión aparece, que el sensor 1 de NOx está activo. Esto significa que la sexta realización realiza una determinación precisa de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx según el punto de inflexión, que aparece en la salida de la celda del sensor de NOx independientemente de las diferencias en los sensores individuales, y no, por ejemplo, según la impedancia del elemento, que varía de una unidad de sensor a otra. Esto hace posible no solo conseguir una activación temprana del sensor 1 de NOx en la mayor medida posible, sino también satisfacer la demanda de reducción de emisiones mediante el uso de una salida de celda de sensor de NOx precisa para diversas operaciones de control.

30 Además, la sexta realización almacena la información acerca de un punto de inflexión como un valor aprendido después de localizar el punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. Por ejemplo, la sexta realización almacena la salida de la celda del sensor de NOx que prevalece en el tiempo de la localización del punto de inflexión, el intervalo de tiempo entre el encendido del sensor y la localización del punto de inflexión, y un valor de propiedad física correlacionado con la temperatura del elemento que prevalece en el tiempo de la localización del punto de inflexión como un mapa tridimensional. Por lo tanto, dicho valor aprendido puede ser usado para reducir las variaciones en la determinación de la actividad causadas por la diferencia en el estado de funcionamiento del motor. Particularmente, es posible reducir las variaciones en la determinación de la actividad causadas por la diferencia en las condiciones en el arranque del motor (el tiempo transcurrido desde el último apagado). Además, el aprendizaje es realizado en el arranque del motor para garantizar una frecuencia de aprendizaje suficiente.

35 La sexta realización, que se ha descrito anteriormente, usa un valor aprendido para reducir las variaciones en la determinación de la actividad causadas por la diferencia en el estado de funcionamiento del motor. Sin embargo, el valor aprendido puede ser usado, de manera alternativa, para determinar el deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx. Más específicamente, la sexta realización, que se ha descrito anteriormente, hace posible aprender de manera precisa un punto de inflexión (sitio activo). Por lo tanto, la precisión de la determinación del deterioro del sensor de NOx puede ser aumentada de manera efectiva comparando el valor de la salida de la celda del sensor de NOx obtenido después de dicho aprendizaje con un valor predeterminado para los propósitos de determinación del deterioro.

40 Además, la sexta realización, que se ha descrito anteriormente, localiza un punto de inflexión, por ejemplo, según una comparación entre la cantidad  $\Delta N(t)$  de cambio de salida de la celda del sensor de NOx y el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia, tal como es el caso con la rutina mostrada en la Fig. 17. De manera alternativa, sin embargo, el punto de inflexión puede ser localizado mediante procedimientos según las siguientes modificaciones de la sexta realización.

(Primera modificación)

50 La celda 2 de bombeo de oxígeno y la celda 4 del sensor de NOx tienen la misma configuración y ambas emiten el valor de una corriente que prevalece cuando los iones de oxígeno  $O^2$  fluyen en las celdas. Por lo tanto, hay una correlación entre la salida de la celda de bombeo de oxígeno y la salida de la celda del sensor de NOx. Una primera modificación de

la sexta realización usa dicha correlación para localizar un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. La Fig. 18 es un diagrama que ilustra la correlación entre la salida de la celda de bombeo de oxígeno y la salida de la celda del sensor de NOx. En la Fig. 18, una línea Lp discontinua indica los cambios en la salida de la celda de bombeo de oxígeno, mientras que una línea Ls continua indica los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx.

5 Cuando el sensor 1 de NOx se enciende, aparece un punto de inflexión no solo en la salida de la celda del sensor de NOx, sino también en la salida de la celda de bombeo de oxígeno, tal como se muestra en la Fig. 18. El punto de inflexión en la salida de la celda de bombeo de oxígeno aparece cuando el oxígeno restante en el primer espacio 31 interior se descarga. El inventor de la presente invención ha encontrado que hay una correlación entre el tiempo t21, en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda de bombeo de oxígeno, y el tiempo t22, en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx.

10 La diferencia  $\Delta t_n$  entre el tiempo t21 y el tiempo t22 puede ser predeterminada, por ejemplo, mediante un experimento y puede ser almacenada en la ECU 8. Por lo tanto, cuando el tiempo en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda de bombeo de oxígeno puede ser determinado mediante un procedimiento descrito más adelante, el tiempo en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx puede ser estimado sumando la diferencia  $\Delta t_n$  predeterminada al tiempo de aparición determinado del punto de inflexión en la salida de la celda de bombeo de oxígeno.

15 A continuación, se describirá un procedimiento para localizar un punto de inflexión en la salida de la celda de bombeo de oxígeno, con referencia a la Fig. 19. La Fig. 19 es un diagrama que ilustra un procedimiento para localizar un punto de inflexión en la salida de la celda de bombeo de oxígeno según la primera modificación de la sexta realización. El procedimiento de localización de un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx, que se ha descrito junto con la sexta realización, puede aplicarse parcialmente al procedimiento de localización de un punto de inflexión en la salida de la celda de bombeo de oxígeno.

20 En primer lugar, la primera modificación de la sexta realización no solo adquiere la salida P de la celda de bombeo de oxígeno a intervalos predeterminados, sino que también calcula la cantidad  $\Delta P$  de cambio de la salida de la celda de bombeo de oxígeno en cada adquisición de la salida de la celda de bombeo de oxígeno. La cantidad  $\Delta P(t)$  de cambio en el tiempo t puede ser calculada a partir de la Ecuación (6) siguiente. Cuando la cantidad  $\Delta P(t)$  de cambio calculada es menor que un valor  $\Delta P_{th}$  de referencia predeterminado, la salida P(t) de la celda de bombeo de oxígeno que prevalece en el tiempo t es identificada como un punto de inflexión. En la ecuación (6) siguiente, la salida P(t-1) en el tiempo t-1 es restada de la salida P(t) en el tiempo t de manera que la cantidad  $\Delta P(t)$  de cambio sea un valor positivo.

30 
$$\Delta P(t) = P(t) - P(t-1) \quad \text{--- (6)}$$

35 En el ejemplo mostrado en la Fig. 19, la salida P de la celda de bombeo de oxígeno aumenta entre el tiempo t30 y el tiempo t34. Por lo tanto, las cantidades  $\Delta P(t31)$  a  $\Delta P(t34)$  de cambio calculadas a partir de la Ecuación (6) anterior en el tiempo t31, el tiempo t32, el tiempo t33 y el tiempo t34 son valores positivos. Las cantidades  $\Delta P(t31)$  a  $\Delta P(t33)$  de cambio no son menores que el valor  $\Delta P_{th}$  de referencia predeterminado. Sin embargo, la cantidad  $\Delta P(t34)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta P_{th}$  de referencia. Por lo tanto, la salida P(t34) de la celda de bombeo de oxígeno que prevalece en el tiempo t34 es identificada como un punto de inflexión. Por consiguiente, puede estimarse que aparece un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx en el tiempo t34+ $\Delta t_n$ , que se determina sumando  $\Delta t_n$  al tiempo t34.

40 La Fig. 20 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de localización de punto de inflexión según la primera modificación de la sexta realización. La rutina mostrada en la Fig. 20 se inicia en la etapa 708 de la rutina mostrada en la Fig. 16. En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 20 realiza la etapa 730 para adquirir la salida P(t) de la celda de bombeo de oxígeno. A continuación, la rutina realiza la etapa 732 para calcular la cantidad  $\Delta P(t)$  de cambio de la Ecuación (6) anterior mediante el uso de la salida P(t) de la celda de bombeo de oxígeno adquirida en la etapa 730.

45 A continuación, la rutina realiza la etapa 734 para determinar si la cantidad  $\Delta P(t)$  de cambio calculada en la etapa 732 es menor que el valor  $\Delta P_{th}$  de referencia. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 734 indica que la cantidad  $\Delta P(t)$  de cambio no es menor que el valor  $\Delta P_{th}$  de referencia, la rutina mostrada en la Fig. 20 termina, ya que concluye que no ha aparecido ningún punto de inflexión en la salida P de la celda de bombeo de oxígeno.

50 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 734 indica que la cantidad  $\Delta P(t)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta P_{th}$  de referencia, la rutina mostrada en la Fig. 20 realiza la etapa 736 para identificar la salida P(t) de la celda de bombeo de oxígeno en el tiempo t como un punto de inflexión. A continuación, la rutina realiza la etapa 738 para estimar el punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx teniendo en cuenta la correlación entre la salida P de la celda de bombeo de oxígeno y la salida N de la celda del sensor de NOx usando el punto de inflexión localizado en la etapa 736.

Aquí, la diferencia de tiempo  $\Delta t_n$  entre el tiempo t21, en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda de

bombeo de oxígeno, y el tiempo  $t_{22}$ , en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx, es predeterminada, tal como se muestra en la Fig. 18, y es almacenada en la ECU 8. Se estima en la etapa 738 que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx en el tiempo  $t+\Delta t_n$ , que se determina sumando la diferencia de tiempo  $\Delta t_n$  al tiempo  $t$  en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda de bombeo de oxígeno. En el tiempo  $t+\Delta t_n$ , se realiza una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx. La rutina termina tras la finalización de la determinación de la actividad de la celda del sensor de NOx.

La primera modificación de la sexta realización determina el tiempo en el que aparece un punto de inflexión en la salida P de la celda de bombeo de oxígeno, considera la correlación entre la salida P de la celda de bombeo de oxígeno y la salida N de la celda del sensor de NOx, y estima el tiempo en el que aparece un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx. Esto hace posible estimar con precisión el tiempo en el que la celda 4 del sensor de NOx empieza a detectar la concentración de NOx con alta precisión.

(Segunda modificación)

La primera modificación de la sexta realización considera la correlación entre la salida P de la celda de bombeo de oxígeno y la salida N de la celda del sensor de NOx, y estima el tiempo en el que aparece un punto de inflexión en la salida N de la celda del sensor de NOx. La Fig. 21 es un diagrama de bloques que ilustra partes esenciales del aparato de detección de concentración de gas según una segunda modificación de la sexta realización de la presente invención. El aparato de detección de concentración de gas mostrado en la Fig. 21 incluye un sensor 1A de NOx. El sensor 1A de NOx se obtiene incorporando una celda 9 del sensor de relación aire-combustible en el sensor 1 de NOx mostrado en la Fig. 1. La celda 9 del sensor de relación aire-combustible incluye un cuerpo de electrolito sólido (no mostrado) y emite el valor de una corriente que prevalece cuando los iones de oxígeno  $O^{2-}$  fluyen en la celda a la que se aplica el voltaje predeterminado. La salida de la celda 9 del sensor de relación aire-combustible es detectada por los medios 84 de control de la celda del sensor de la relación aire-combustible en una ECU 8A. La otra parte del aparato de detección de concentración de gas no se describirá en dibujos o en palabras, ya que tiene la misma configuración que el aparato 10 de detección de concentración de gas mostrado en la Fig. 1.

Tanto la celda 9 del sensor de relación aire-combustible como la celda 4 del sensor de NOx emiten el valor de una corriente que prevalece cuando los iones de oxígeno  $O^{2-}$  fluyen en las celdas. Por lo tanto, hay una correlación entre la salida de la celda del sensor de la relación aire-combustible y la salida de la celda del sensor de NOx. La segunda modificación de la sexta realización usa dicha correlación para localizar un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx.

La Fig. 22 es un diagrama que ilustra la correlación entre la salida de la celda del sensor de la relación aire-combustible y la salida de la celda del sensor de NOx. En la Fig. 22, una línea La de trazo y un punto indica los cambios en la salida de la celda del sensor de la relación aire-combustible, mientras que una línea Ls continua indica los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx. Una línea Lp discontinua en la Fig. 22 indica los cambios en la salida de la celda de bombeo de oxígeno para propósitos de referencia.

Tal como se muestra en la Fig. 22, aparece un punto de inflexión no solo en la salida de la celda del sensor de NOx, sino también en la salida de la celda del sensor de la relación aire-combustible. El punto de inflexión puede definirse, por ejemplo, como una salida de la celda del sensor de la relación aire-combustible que es generada cuando la cantidad de cambio en la salida de la celda del sensor de la relación aire-combustible cambia de positivo a negativo. Hay una correlación entre el tiempo  $t_{20}$ , en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de la relación aire-combustible, y el tiempo  $t_{22}$ , en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. La diferencia  $\Delta t_a$  entre el tiempo  $t_{20}$  y el tiempo  $t_{22}$  puede ser predeterminada, por ejemplo, mediante un experimento y puede ser almacenada en la ECU 8A. Por lo tanto, cuando puede localizarse el punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de relación aire-combustible, puede estimarse el tiempo en el que aparece un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. Por consiguiente, la segunda modificación hace posible estimar con precisión el tiempo en el que la celda 4 del sensor de NOx empieza a detectar la concentración real de NOx con alta precisión, como es el caso con la primera modificación, que se ha descrito anteriormente.

La sexta realización, que se ha descrito anteriormente, usa la ECU 8 de control del motor para controlar el sensor 1 de NOx. De manera alternativa, sin embargo, puede emplearse una ECU de control del sensor de NOx además de la ECU 8 de control del motor.

En la sexta realización y sus modificaciones, la celda 4 del sensor de NOx corresponde a la "celda de detección de concentración de gas" según el primer aspecto de la presente invención; el electrodo 61 del calentador corresponde al "calentador" según los ejemplos útiles para la comprensión de la presente invención; los medios 83 de control del calentador corresponden a los "medios de control del calentador" según los ejemplos útiles para la comprensión de la presente invención; la celda 2 de bombeo de oxígeno corresponde a la "celda de bombeo de oxígeno" según los ejemplos útiles para la comprensión de la presente invención; y los medios 81 de control de celda de bombeo corresponden a los

"medios de control de la celda de bombeo de oxígeno" según los ejemplos útiles para la comprensión de la presente invención.

Además, en la sexta realización y sus modificaciones, los "medios de control de la concentración de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza las etapas 702 y 704; y los "medios de localización del punto de inflexión" según los ejemplos útiles para la comprensión de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 708, 728 o 738; y los "medios de almacenamiento de valor de punto de inflexión aprendido" según los ejemplos útiles para la comprensión de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 710.

Séptima realización

A continuación, se describirá una séptima realización de la presente invención, con referencia a las Figs. 23 y 24. Un sistema según la séptima realización se implementa cuando la configuración de hardware mostrada en las Figs. 1 y 14 es empleada para permitir que la ECU 8 ejecute las rutinas mostradas en las Figs. 16 y 24.

[Características de la séptima realización]

La sexta realización, que se ha descrito anteriormente, aprende la información acerca de un punto de inflexión en el arranque del motor. Mientras, hay NOx aguas abajo del catalizador 122 de SCR en el arranque del motor debido a que la actividad del catalizador 122 de SCR es baja. La Fig. 23 es un diagrama que ilustra los cambios en la concentración de NOx que ocurren aguas abajo del catalizador 122 de SCR en el arranque del motor y los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx. En la Fig. 23, una línea Ls continua gruesa indica los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx, mientras que una línea L continua delgada indica las mediciones de concentración de NOx tomadas aguas abajo del catalizador 122 de SCR. Estas mediciones son tomadas con un analizador conocido públicamente.

Cuando la concentración de NOx que prevalece aguas abajo del catalizador 122 de SCR cambia, la salida de la celda del sensor de NOx cambia, tal como se muestra en la Fig. 23. Dentro de la región R mostrada en la Fig. 23, normalmente aparece un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. Sin embargo, es posible que el punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx no sea localizado con precisión debido a los cambios en la salida de la celda del sensor de NOx causados por los cambios en la concentración de NOx.

En vista de las circunstancias anteriores, la séptima realización estima la concentración de NOx mediante un procedimiento conocido públicamente y corrige la salida de la celda del sensor de NOx según el valor de concentración de NOx estimado. Más específicamente, la séptima realización corrige la salida de la celda del sensor de NOx mediante una estimación de la concentración de NOx, por ejemplo, a partir de la cantidad de EGR o la cantidad de inyección de combustible y restando el valor estimado de una salida real de la celda del sensor de NOx. A continuación, la séptima realización localiza un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx corregida.

[Detalles del procedimiento realizado por la séptima realización]

La séptima realización inicia también en primer lugar la rutina mostrada en la Fig. 16. A continuación, en la etapa 708 de la rutina mostrada en la Fig. 16, la séptima realización inicia una rutina mostrada en la Fig. 24 en lugar de la rutina mostrada en la Fig. 17. La Fig. 24 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina de localización de un punto de inflexión que es ejecutada en la etapa 708 de la Fig. 16 según la séptima realización.

En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 24 realiza la etapa 740 para adquirir la salida N(t) de la celda del sensor de NOx, como es el caso con la rutina mostrada en la Fig. 17. A continuación, la rutina realiza la etapa 742 para estimar la concentración de NOx que prevalece aguas abajo del catalizador 122 de SCR mediante un procedimiento conocido públicamente. En la etapa 742, se obtiene un valor estimado de la concentración de NOx, por ejemplo, según la cantidad de EGR o la cantidad de inyección de combustible.

Posteriormente, la rutina realiza la etapa 744 para corregir la salida N(t) de la celda del sensor de NOx adquirida en la etapa 740 a Nc(t) según el valor de concentración de NOx estimado obtenido en la etapa 742. En la etapa 744, se realiza la corrección para obtener la salida Nc(t) de la celda del sensor de NOx, por ejemplo, restando el valor de concentración de NOx estimado de la salida N(t) de la celda del sensor de NOx. A continuación, la rutina realiza la etapa 746 para calcular una cantidad ΔNc(t) de cambio a partir de la ecuación (7) siguiente usando la salida Nc(t) de la celda del sensor de NOx corregida en la etapa 744.

$$\Delta Nc(t) = Nc(t-1) - Nc(t) \quad \text{--- (7)}$$

A continuación, la rutina realiza la etapa 748 para determinar si la cantidad ΔNc(t) de cambio calculada en la etapa 746 es mayor que cero (0) (es decir, si la cantidad ΔNc(t) de cambio es un valor positivo). Más específicamente, la etapa 748 es realizada para determinar si la salida Nc(t) de la celda del sensor NOx actual es menor que la última salida Nc(t-1) de la

celda del sensor NOx, es decir, si la salida  $N_c(t)$  de la celda del sensor NOx ha disminuido.

5 Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 748 indica que la cantidad  $\Delta N_c(t)$  de cambio es mayor que cero (0), la rutina concluye que la salida de la celda  $N_c(t)$  del sensor de NOx actual es menor que la última salida  $N_c(t-1)$  de la celda del sensor de NOx, es decir, la salida  $N_c(t)$  de la celda del sensor de NOx ha disminuido. En este caso, la rutina pasa a la etapa 750 y determina si la cantidad  $\Delta N_c(t)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia.

10 Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 750 indica que la cantidad  $\Delta N_c(t)$  de cambio es menor que el valor  $\Delta N_{th}$  de referencia, la rutina realiza la etapa 752 para identificar la salida  $N_c(t)$  de la celda del sensor de NOx como un punto de inflexión. La etapa 752 es realizada para realizar una determinación de la actividad relacionada con el sensor 1 de NOx. Posteriormente, la rutina mostrada en la Fig. 24 termina, permitiendo que la rutina mostrada en la Fig. 16 pase a la etapa 710 y aprenda la información acerca del punto de inflexión.

15 Tal como se ha descrito anteriormente, la séptima realización obtiene el valor de concentración de NOx estimado en el arranque del motor, corrige la salida  $N$  de la celda del sensor de NOx según el valor de concentración de NOx estimado y localiza un punto de inflexión en la salida  $N_c$  de la celda del sensor de NOx corregida. Esto hace posible localizar con precisión un punto de inflexión en el arranque del motor sin verse afectado por los cambios en la concentración de NOx emitidos desde el motor 100 y aprender la información acerca del punto de inflexión con gran precisión. Por consiguiente, el valor aprendido resultante puede ser usado para reducir las variaciones en la determinación de la actividad causadas por la diferencia en el estado de funcionamiento del motor.

20 La séptima realización, que se ha descrito anteriormente, usa el valor aprendido para reducir las variaciones en la determinación de la actividad causadas por la diferencia en el estado de funcionamiento del motor. Sin embargo, el valor aprendido puede ser usado para realizar una determinación del deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx. Más específicamente, la séptima realización, que se ha descrito anteriormente, hace posible aprender con precisión un punto de inflexión (sitio activo). Por lo tanto, la precisión de la determinación del deterioro del sensor de NOx puede aumentarse de manera efectiva comparando el valor de salida de la celda del sensor de NOx obtenido después de dicho aprendizaje con un valor predeterminado para propósitos de la determinación del deterioro.

25 En la séptima realización, los "medios de estimación de la concentración de NOx" según los ejemplos útiles para comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 742; los "medios de corrección" según los ejemplos útiles para comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 744; y los "medios de localización del punto de inflexión" según los ejemplos útiles para comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 752.

### 30 Octava realización

A continuación, se describirá una octava realización de la presente invención, con referencia a la Fig. 25.

Un sistema según la octava realización se implementa cuando la configuración de hardware mostrada en las Figs. 1 y 14 es empleada para permitir que la ECU 8 ejecute una rutina descrita más adelante y mostrada en la Fig. 25.

[Características de la octava realización]

35 Las realizaciones séptima y octava aprenden la información acerca de un punto de inflexión en el arranque del motor. La octava realización se describirá con referencia a un caso en el que la información del punto de inflexión es aprendida cuando se realiza un corte de combustible (F/C, Fuel Cut). Para localizar un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx, es necesario aumentar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx, tal como se ha descrito anteriormente.

40 Por consiguiente, el suministro de energía desde los medios 83 de control del calentador al electrodo 61 del calentador es desconectado con el fin de aumentar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx durante un corte de combustible. A continuación, la temperatura del elemento disminuye para disminuir la capacidad de bombeo de oxígeno de la celda 2 de bombeo de oxígeno. Esto aumenta la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx, es decir, la concentración de oxígeno en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo y la concentración de oxígeno absorbido por el primer electrodo 42 de detección en la celda 4 del sensor de NOx.

45 La concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx está gobernada no solo por la capacidad de respuesta del sensor 1 de NOx, sino también por la cantidad  $G_a$  de aire de admisión del motor 100. Por lo tanto, una cantidad  $Q_a$  de aire integrada, que es un valor integrado de la cantidad  $G_a$  de aire de admisión, es comparada con un valor  $Q_{th}$  de referencia para determinar si la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx es aumentada a un nivel deseado. En otras palabras, se determina si puede localizarse un punto de inflexión según la cantidad  $Q_a$  de aire integrada. Más específicamente, un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx es localizado cuando la cantidad  $Q_a$  de aire integrada es mayor que el valor  $Q_{th}$  de referencia.

El procedimiento de localización de punto de inflexión y el procedimiento de aprendizaje de información de punto de inflexión según la sexta realización pueden aplicarse a la octava realización. Cabe señalar en este sentido que la generación de NOx no tiene lugar durante un corte de combustible, ya que no se produce una explosión en el cilindro. Por lo tanto, no es necesario corregir la salida de la celda del sensor de NOx, tal como se ha descrito junto con la séptima realización.

[Detalles del procedimiento realizado por la octava realización]

La Fig. 25 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según la octava realización. En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 25 realiza la etapa 760 para determinar si se está realizando un corte de combustible. Se realiza un corte de combustible de manera que la cantidad de inyección de combustible se reduce a cero cuando la apertura AA del acelerador es colocada en un estado completamente cerrado durante un desplazamiento del vehículo. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 760 no indica que se está realizando un corte de combustible, la rutina termina.

Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 760 indica que se está realizando un corte de combustible, la rutina realiza la etapa 762 para apagar el suministro de energía al electrodo 61 del calentador. La realización de la etapa 762 reduce la capacidad de bombeo de oxígeno de la celda 2 de bombeo de oxígeno y aumenta gradualmente la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx.

A continuación, la rutina realiza la etapa 764 para calcular la cantidad Qa de aire integrada. En la etapa 764, la cantidad Qa de aire integrada es obtenida determinando una cantidad Ga de aire de admisión integrada que se alcanza después de apagarse el suministro de energía al electrodo 61 del calentador.

Posteriormente, la rutina realiza la etapa 766 para determinar si se está realizando continuamente un corte de combustible. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 766 no indica que se está realizando continuamente un corte de combustible, es decir, cuando, por ejemplo, el acelerador es presionado por un conductor del vehículo o la velocidad de rotación de recuperación del corte de combustible es alcanzada por la velocidad NE del motor, la rutina realiza la etapa 768 para suministrar energía al electrodo 61 del calentador. Tras finalizar la etapa 768, la rutina termina de manera que la salida de la celda del sensor de NOx se use para las otras operaciones de control.

Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 766 indica que se está realizando continuamente un corte de combustible, la rutina realiza la etapa 770 para determinar si la cantidad Qa de aire integrada calculada en la etapa 764 es mayor que el valor Qth de referencia. El valor Qth de referencia es usado como un valor de umbral para determinar si la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx aumenta a un nivel deseado. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 770 indica que la cantidad Qa de aire integrada es menor que el valor Qth de referencia, la rutina concluye que la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx no aumenta al nivel deseado. En otras palabras, la rutina concluye que no puede localizarse un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx, y que no puede aprenderse la información acerca de un punto de inflexión. En este caso, la rutina vuelve a la etapa 762.

Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 770 indica que la cantidad Qa de aire integrada es mayor que el valor Qth de referencia, la rutina concluye que la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx aumenta al nivel deseado. En este caso, la rutina realiza la etapa 772 para suministrar energía desde los medios 83 de control del calentador al electrodo 61 del calentador. A continuación, la rutina pasa a la etapa 708 y ejecuta la rutina mostrada en la Fig. 17 para localizar un punto de inflexión. Posteriormente, la rutina realiza la etapa 710 para adquirir un valor de punto de inflexión aprendido, como es el caso con la rutina mostrada en la Fig. 16. Tras finalizar la etapa 710, la rutina termina.

Tal como se ha descrito anteriormente, la octava realización aumenta la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx al apagar el suministro de energía al electrodo 61 del calentador durante un corte de combustible. Cuando la cantidad Qa de aire integrada es mayor que el valor Qth de referencia, la octava realización concluye que la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx aumenta al nivel deseado y, a continuación, localiza un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. Esto hace posible localizar un punto de inflexión y aprender la información acerca del punto de inflexión incluso durante un corte de combustible. Por lo tanto, el valor aprendido resultante puede ser usado para reducir las variaciones en la determinación de la actividad causadas por la diferencia en el estado de funcionamiento del motor. Además, el aprendizaje es realizado durante un corte de combustible para garantizar una frecuencia de aprendizaje suficiente.

La octava realización, que se ha descrito anteriormente, usa el valor aprendido descrito anteriormente para reducir las variaciones en la determinación de la actividad causadas por la diferencia en el estado de funcionamiento del motor. Sin embargo, el valor aprendido puede ser usado de manera alternativa para determinar el deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx. Más específicamente, la octava realización, que se ha descrito anteriormente, hace posible aprender con precisión un punto de inflexión (sitio activo). Por lo tanto, la precisión de la determinación del deterioro del sensor de NOx

puede aumentarse de manera efectiva comparando un valor de salida de la celda del sensor de NOx obtenido después de dicho aprendizaje con un valor predeterminado para propósitos de determinación del deterioro.

5 A continuación, se describirán modificaciones de la octava realización. La octava realización, que se ha descrito anteriormente, apaga el suministro de energía al electrodo 61 del calentador con el fin de aumentar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx. Sin embargo, de manera alternativa, la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx puede ser aumentada mediante procedimientos según las siguientes modificaciones, que difieren de la octava realización.

(Primera modificación)

10 Cuando el suministro de energía al electrodo 61 de calentador se detiene durante un corte de combustible, tal como se ha descrito junto con la octava realización, que se ha descrito anteriormente, la temperatura del elemento disminuye repentinamente. A continuación, la temperatura del elemento no aumenta por el momento, incluso cuando el suministro de energía se realiza durante la interrupción del corte de combustible. Por consiguiente, la salida de la celda del sensor de NOx no puede ser usada para las otras operaciones de control. Como resultado, las características de emisión de escape pueden deteriorarse antes de que la temperatura del elemento aumente.

15 Según una primera modificación de la octava realización, un valor objetivo de control de temperatura del elemento se reduce durante un corte de combustible, tal como se muestra en la Fig. 26, con el fin de aumentar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx. La Fig. 26 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según la primera modificación de la octava realización. La rutina mostrada en la Fig. 26 difiere de la rutina mostrada en la Fig. 25 en que la primera realiza las etapas 762A, 768A y 772A en lugar de las etapas 762, 768 y 772. A continuación, se describirán estas diferencias.

20 Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 760 indica que se está realizando un corte de combustible, la rutina mostrada en la Fig. 26 realiza la etapa 762A para reducir el valor objetivo de control de la temperatura del elemento. Más específicamente, la rutina reduce el valor objetivo de control para los medios 83 de control del calentador. Esto garantiza que el período de suministro de energía al electrodo 61 del calentador sea más corto de lo normal. Por consiguiente, la temperatura del elemento se reduce para reducir la capacidad de descarga de oxígeno de la celda 2 de bombeo de oxígeno. Como resultado, es posible aumentar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx, es decir, la concentración de oxígeno en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo y la concentración de oxígeno absorbido por el primer electrodo 42 de detección.

30 La reducción de la temperatura del elemento causada por la disminución del valor objetivo de control descrito anteriormente es menor que cuando el suministro de energía se detiene según la octava realización. Por lo tanto, cuando el valor objetivo de control es restaurado a normal (etapa 768A) en una situación en la que se va a interrumpir un corte de combustible, la temperatura del elemento puede ser aumentada antes en comparación con la octava realización. Por consiguiente, el deterioro de las características de emisión de escape puede ser suprimido antes de que aumente la temperatura de un elemento en comparación con la octava realización.

35 Además, si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 770 indica que la cantidad  $Q_a$  de aire integrada es mayor que el valor  $Q_{th}$  de referencia, la etapa 772A es realizada para recuperar el valor objetivo de control de la temperatura del elemento. A continuación, la etapa 708 es realizada para localizar un punto de inflexión. A continuación, se realiza la etapa 710 para adquirir un valor de punto de inflexión aprendido.

(Segunda modificación)

40 Para aumentar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx durante un corte de combustible, una segunda modificación de la octava realización no solo reduce el valor objetivo de control de la temperatura del elemento, sino que reduce también el voltaje aplicado a la celda 4 del sensor de NOx, tal como se muestra en Fig. 27. La Fig. 27 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según la segunda modificación de la octava realización. La rutina mostrada en la Fig. 27 difiere de la rutina mostrada en la Fig. 25 en que la primera realiza las etapas 762B, 768B y 772B en lugar de las etapas 762, 768 y 772. A continuación, se describirán estas diferencias.

45 Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 760 indica que se está realizando un corte de combustible, la rutina mostrada en la Fig. 27 realiza la etapa 762B para reducir el valor objetivo de control de la temperatura del elemento y reducir el voltaje a aplicar a la celda 4 del sensor de NOx. Una reducción en el voltaje aplicado a la celda 4 del sensor de NOx reduce la capacidad de descarga de oxígeno de la celda 4 del sensor de NOx. Por lo tanto, la segunda modificación proporciona una mayor concentración de oxígeno alrededor del primer electrodo 42 de detección en el segundo espacio 32 interior que la primera modificación, que se ha descrito anteriormente. Esto hace posible aumentar adicionalmente la concentración de oxígeno a ser absorbido por el primer electrodo 42 de detección. De esta manera, la segunda modificación proporciona una mayor concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx que la primera modificación. Por consiguiente, la segunda modificación hace posible localizar con precisión un punto de inflexión.



Además, si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 766 no indica que se está realizando continuamente un corte de combustible, o si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 770 indica que la cantidad  $Q_a$  de aire integrada es mayor que el valor  $Q_{th}$  de referencia, la rutina mostrada en la Fig. 27 realiza las etapas 768B y 772B para recuperar el valor objetivo de control de la temperatura del elemento y el voltaje aplicado a la celda 4 del sensor de NOx.

5 (Tercera modificación)

A continuación, se describirá una tercera modificación de la octava realización, con referencia a un procedimiento para aumentar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx sin disminuir la temperatura del elemento del sensor 1 de NOx. Más específicamente, la tercera modificación aplica un voltaje más bajo a la celda 2 de bombeo de oxígeno que el normal durante un corte de combustible. La Fig. 28 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según la tercera modificación de la octava realización. La rutina mostrada en la Fig. 28 difiere de la rutina mostrada en la Fig. 25 en que la primera realiza las etapas 762C, 768C y 772C en lugar de las etapas 762, 768 y 772. A continuación, se describirán estas diferencias.

Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 760 indica que se está realizando un corte de combustible, la rutina mostrada en la Fig. 28 realiza la etapa 762C para aplicar un voltaje más bajo a la celda 2 de bombeo de oxígeno del normal. De esta manera, la capacidad de descarga de oxígeno de la celda 2 de bombeo de oxígeno disminuye. Esto hace posible aumentar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx, es decir, la concentración de oxígeno en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo y la concentración de oxígeno a ser absorbido por el primer electrodo 42 de detección. La tercera modificación no reduce la temperatura del elemento. Por lo tanto, es posible usar rápidamente la salida de la celda del sensor de NOx para las otras operaciones de control siempre que se recupere el voltaje aplicado a la celda 2 de bombeo de oxígeno en una situación en la que se interrumpirá un corte de combustible (etapa 768C). Por consiguiente, la tercera modificación hace posible suprimir adicionalmente el deterioro de las características de emisión de escape en comparación con las modificaciones primera y segunda.

Además, si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 770 indica que la cantidad  $Q_a$  de aire integrada es mayor que el valor  $Q_{th}$  de referencia, la rutina mostrada en la Fig. 28 realiza la etapa 772C para recuperar el voltaje aplicado a la celda 2 de bombeo de oxígeno. Posteriormente, la rutina realiza la etapa 708 para localizar un punto de inflexión y a continuación realiza la etapa 710 para adquirir un valor de punto de inflexión aprendido.

(Cuarta modificación)

Para aumentar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx, una cuarta modificación de la octava realización no solo aplica un voltaje más bajo del normal a la celda 2 de bombeo de oxígeno, sino que también reduce el voltaje aplicado a la celda 4 del sensor de NOx, tal como se muestra en Fig. 29. La Fig. 29 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según la cuarta modificación de la tercera realización. La rutina mostrada en la Fig. 29 difiere de la rutina mostrada en la Fig. 25 en que la primera realiza las etapas 762D, 768D y 772D en lugar de las etapas 762, 768 y 772. A continuación, se describirán estas diferencias.

Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 760 indica que se está realizando un corte de combustible, la rutina mostrada en la Fig. 29 realiza la etapa 762D para aplicar un voltaje más bajo a la celda 2 de bombeo de oxígeno y aplicar un voltaje más bajo del normal a la celda 4 del sensor de NOx. De esta manera, la cuarta modificación proporciona una mayor concentración de oxígeno alrededor del primer electrodo 42 de detección en el segundo espacio 32 interior que la tercera modificación, que se ha descrito anteriormente. Esto hace posible aumentar adicionalmente la concentración de oxígeno a ser absorbido por el primer electrodo 42 de detección. De esta manera, la cuarta modificación proporciona una mayor concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx que la tercera modificación. Por consiguiente, la cuarta modificación hace posible localizar con precisión un punto de inflexión.

Además, si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 766 no indica que se está realizando continuamente un corte de combustible, o si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 770 indica que la cantidad  $Q_a$  de aire integrada es mayor que el valor  $Q_{th}$  de referencia, la rutina mostrada en Fig. 29 realiza las etapas 768D y 772D para recuperar el voltaje aplicado a la celda 2 de bombeo de oxígeno y el voltaje aplicado a la celda 4 del sensor de NOx.

En la octava realización y sus modificaciones, los "medios de control de la concentración de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 762, 762A, 762B, 762C o 762D; los "medios de aumento de la concentración de oxígeno" según los ejemplos útiles para comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 762, 762A, 762B, 762C o 762D; los "medios de control de calentador", según los ejemplos útiles para comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 762, 762A, o 762B; los "medios de control de la celda de bombeo de oxígeno", según los ejemplos útiles para comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 762C o 762D; los "medios de localización del punto de inflexión" según los ejemplos útiles para comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 708; y los "medios de almacenamiento de valor de punto de inflexión aprendido" según los ejemplos útiles para

comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 710.

Novena realización

5 A continuación, se describirá una novena realización de la presente invención, con referencia a las Figs. 30 y 31. Un sistema según la novena realización se implementa cuando la configuración de hardware mostrada en las Figs. 1 y 14 es empleada para permitir que la ECU 8 ejecute una rutina descrita más adelante y mostrada en la Fig. 31.

[Características de la novena realización]

10 Las realizaciones sexta y séptima aprenden la información acerca de un punto de inflexión en el arranque del motor. La octava realización aprende la información acerca de un punto de inflexión durante un corte de combustible. La novena realización se describirá con referencia a un caso en el que la información del punto de inflexión es aprendida en un estado inactivo.

15 En un estado inactivo, la actividad del catalizador 122 de SCR es mayor que en el arranque del motor. Por lo tanto, la concentración de NOx que prevalece aguas abajo del catalizador 122 del SCR en un estado inactivo es menor que en el arranque del motor. Sin embargo, cuando la concentración de NOx que prevalece aguas abajo del catalizador 122 de SCR cambia en un estado inactivo, la salida de la celda del sensor de NOx cambia también en consecuencia. Por consiguiente, es posible que la localización del punto de inflexión no se consiga con precisión.

20 Siendo este el caso, es concebible que un valor estimado de la concentración de NOx pueda ser usado para corregir la salida de la celda del sensor de NOx, como es el caso con la séptima realización, que se ha descrito anteriormente. Sin embargo, la cantidad de descarga de NOx es pequeña en un estado inactivo, tal como se ha indicado anteriormente. Tal como se indica en la Fig. 30, la concentración de NOx que prevalece en un estado inactivo puede disminuirse aumentando la cantidad de agua de urea añadida desde la válvula 123 de adición de agua de urea. La Fig. 30 es un diagrama que ilustra la relación entre la cantidad de adición de agua de urea y la concentración de NOx que prevalece aguas abajo del catalizador 122 de SCR.

25 En vista de las circunstancias anteriores, la novena realización reduce la concentración de NOx en un estado inactivo mediante un aumento de la cantidad de adición de agua de urea, tal como se indica, por ejemplo, mediante Qi en la Fig. 30. Posteriormente, la novena realización localiza un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx y aprende la información acerca del punto de inflexión.

[Detalles del procedimiento realizado por la novena realización]

30 La Fig. 31 es un diagrama de flujo que ilustra una rutina que ejecuta la ECU 8 según la novena realización. En primer lugar, la rutina mostrada en la Fig. 31 realiza la etapa 780 para determinar si el motor 100 está en un estado inactivo. Si el resultado obtenido en la determinación en la etapa 780 no indica que el motor 100 está en un estado inactivo, la rutina termina.

35 Si, por el contrario, el resultado obtenido en la determinación en la etapa 780 indica que el motor 100 está en un estado inactivo, la rutina realiza la etapa 782 para aumentar la concentración de oxígeno en el sensor 1 de NOx. En la etapa 782, puede aumentarse la concentración de oxígeno en los espacios 31, 32 interiores primero y segundo del sensor 1 de NOx y la concentración de oxígeno a ser absorbido por el primer electrodo 42 de detección, por ejemplo, ejerciendo un control de la energización del calentador, controlando el valor objetivo del control de la temperatura del elemento, o controlando el voltaje de aplicación de la celda de bombeo, tal como se ha descrito junto con la octava realización y sus modificaciones.

40 A continuación, la rutina pasa a la etapa 784 y realiza un procedimiento de reducción de NOx. La etapa 784 es realizada, por ejemplo, para aumentar la cantidad de adición de agua de urea y la cantidad de EGR. A continuación, la rutina pasa a la etapa 708. En la etapa 708, la rutina mostrada en la Fig. 17 localiza un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. Posteriormente, la rutina mostrada en la Fig. 31 realiza la etapa 710 para adquirir la información acerca del punto de inflexión como un valor aprendido de la misma manera que la rutina mostrada en la Fig. 16.

45 Tal como se ha descrito anteriormente, la novena realización realiza el procedimiento de reducción de NOx en un estado inactivo y, a continuación, localiza un punto de inflexión en la salida de la celda del sensor de NOx. Esto hace posible, incluso en un estado inactivo, localizar con precisión un punto de inflexión y aprender la información acerca del punto de inflexión con alta precisión sin que se vea afectado por los cambios en la concentración de NOx emitido por el motor 100. Por consiguiente, pueden reducirse las variaciones en la determinación de la actividad causadas por la diferencia en el estado de funcionamiento del motor. Además, el aprendizaje es realizado en un estado inactivo para garantizar una frecuencia de aprendizaje suficiente.

50 La novena realización, que se ha descrito anteriormente, usa un valor aprendido para reducir las variaciones en la determinación de la actividad causadas por la diferencia en el estado de funcionamiento del motor. Sin embargo, de

manera alternativa, el valor aprendido puede ser usado para determinar el deterioro relacionado con el sensor 1 de NOx. Más específicamente, la novena realización, que se ha descrito anteriormente, hace posible aprender con precisión un punto de inflexión (sitio activo). Por lo tanto, puede aumentarse la precisión de la determinación del deterioro del sensor de NOx de manera efectiva comparando el valor de la salida de la celda del sensor de NOx obtenido después de dicho aprendizaje con un valor predeterminado para propósitos de determinación del deterioro.

5

En la novena realización, los "medios de control de la concentración de oxígeno" según el primer aspecto de la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 782; los "medios de control de la concentración de NOx" según los ejemplos útiles para comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 784; los "medios de localización del punto de inflexión" según los ejemplos útiles para comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 708; y los "medios de almacenamiento de valor de punto de inflexión aprendido" según los ejemplos útiles para comprender la presente invención se implementan cuando la ECU 8 realiza la etapa 710.

10

15

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (10) de detección de concentración de gas, que comprende:

5 un sensor (1) de gas que incluye medios de control de concentración de oxígeno para cambiar la concentración de oxígeno en un gas objetivo de la medición y una celda (4) de detección de concentración de gas para detectar la concentración de un componente de gas específico en el gas cuya concentración de oxígeno es cambiada por los medios de control de concentración de oxígeno; y

medios de determinación de deterioro que están dispuestos para realizar una determinación del deterioro relacionado con el sensor (1) de gas según una salida de celda desde la celda (4) de detección de concentración de gas, en el que

10 los medios de control de concentración de oxígeno incluyen medios (2) de eliminación de exceso de oxígeno para eliminar un exceso de oxígeno del gas objetivo de la medición; en el que

15 los medios de determinación de deterioro están dispuestos para identificar un punto de inflexión que aparece en la salida de celda de la celda (4) de detección de concentración de gas, y en el que el punto de inflexión es la salida (Na) de la celda en un tiempo durante la disminución de la salida de celda cuando un valor ( $\Delta N$ ) de cantidad de cambio calculado de la salida de la celda es menor que un valor ( $\Delta N_{th}$ ) de referencia predeterminado, y en el que

20 los medios de determinación de deterioro están dispuestos para realizar una determinación del deterioro relacionado con el sensor (1) de gas durante el calentamiento del sensor (1) de gas y tras la activación de los medios de eliminación de exceso de oxígeno según la salida de la celda obtenida antes de que aparezca el punto de inflexión en la salida de la celda,

caracterizado por que

25 los medios de determinación de deterioro incluyen medios de adquisición de un valor de correlación de la velocidad de aumento para adquirir un valor ( $V_u(t)$ ) de correlación de la velocidad de aumento de la velocidad a la que aumenta la salida de celda durante un procedimiento de aumento de la salida de celda, y están dispuestos para determinar el deterioro relacionado con la celda (4) de detección de concentración de gas según una comparación entre el valor ( $V_u(t)$ ) de correlación de la velocidad de aumento y un valor ( $V_{th1}$ ) de referencia predeterminado,

o por que

30 los medios de eliminación de exceso de oxígeno incluyen una celda (2) de bombeo de oxígeno y están dispuestos para descargar el exceso de oxígeno en el gas objetivo de la medición tras la aplicación de voltaje a la celda (2) de bombeo de oxígeno; y en el que los medios de determinación de deterioro incluyen medios de adquisición del valor de correlación de la velocidad de disminución para adquirir un valor ( $V_d(t)$ ) de correlación de la velocidad de disminución de la velocidad a la que la salida de la celda disminuye durante un procedimiento de disminución de la salida de la celda, y están dispuestos para realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda (2) de bombeo de oxígeno según una comparación entre el valor ( $V_d(t)$ ) de correlación de la velocidad de disminución y un valor ( $V_{th2}$ ) de referencia predeterminado,

35 o por que

el aparato de detección de concentración de gas comprende, además

40 medios de adquisición de la salida de la celda en el punto de inflexión para adquirir una salida (Na) de celda en el punto de inflexión; y

medios de almacenamiento para almacenar el último valor de la salida de la celda en el punto de inflexión como un valor (Nb) aprendido;

45 en el que los medios de determinación de deterioro están dispuestos para realizar una determinación del deterioro relacionado con el sensor (1) de gas según una comparación entre la salida (Na) de la celda en el punto de inflexión y el valor (Nb) aprendido.

2. Aparato de detección de concentración de gas según la reivindicación 1, en el que los medios de adquisición de valor de correlación de la velocidad de aumento incluyen medios de adquisición de la velocidad de aumento para adquirir una velocidad ( $V_u(t)$ ) de aumento de la salida de la celda; y en el que los medios de determinación de deterioro están dispuestos para realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda (4) de detección

de concentración de gas cuando la velocidad ( $V_u(t)$ ) de aumento es menor que un valor ( $V_{th1}$ ) de referencia predeterminado.

5 3. Aparato de detección de concentración de gas según la reivindicación 1, en el que los medios de adquisición de valor de correlación de la velocidad de disminución incluyen medios de adquisición de la velocidad de disminución para adquirir una velocidad ( $V_d(t)$ ,  $Q(t)$ ) de disminución de la salida de la celda; y en el que los medios de determinación del deterioro están dispuestos para realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda (2) de bombeo de oxígeno cuando la velocidad ( $V_d(t)$ ) de disminución es menor que un valor ( $V_{th2}$ ,  $Q_{th}$ ) de referencia predeterminado; o

10 en el que los medios de adquisición de valor de correlación de la velocidad de disminución incluyen medios de adquisición de valor ( $Q(t)$ ) integrado para adquirir un valor integrado de la salida de la celda que se alcanza durante el intervalo entre el instante en el que el sensor (1) de gas está dispuesto para iniciar el calentamiento y el instante en el que aparece el punto de inflexión; y en el que los medios de determinación de deterioro están dispuestos para realizar una determinación del deterioro relacionado con la celda (2) de bombeo de oxígeno cuando el valor ( $Q(t)$ ) integrado es mayor que un valor ( $Q_{th}$ ) de referencia predeterminado.

15 4. Aparato de detección de concentración de gas según la reivindicación 1, en el que, cuando la salida ( $N_a$ ) de la celda en el punto de inflexión es menor que el valor ( $N_b$ ) aprendido y la desviación entre el valor ( $N_b$ ) aprendido y la salida ( $N_a$ ) de la celda en el punto de inflexión es mayor que un valor ( $N_1$ ) de referencia predeterminado, los medios de determinación de deterioro están dispuestos para concluir que el sensor (1) de gas está deteriorado; o

20 en el que, cuando la salida ( $N_a$ ) de la celda en el punto de inflexión es mayor que el valor ( $N_b$ ) aprendido y el valor absoluto de la desviación entre el valor ( $N_b$ ) aprendido y la salida ( $N_a$ ) de la celda en el punto de inflexión es mayor que un valor ( $N_2$ ) de referencia predeterminado, los medios de determinación de deterioro están dispuestos para concluir que el sensor (1) de gas está deteriorado.

25 5. Aparato de detección de concentración de gas según la reivindicación 1, en el que los medios de determinación de deterioro están dispuestos para determinar si el sensor (1) de gas está deteriorado temporalmente o está deteriorado permanentemente según una comparación entre la salida ( $N_a$ ) de la celda en el punto de inflexión y el valor ( $N_b$ ) aprendido.

30 6. Aparato de detección de concentración de gas según la reivindicación 5, en el que, cuando el valor absoluto de la desviación entre el valor ( $N_b$ ) aprendido y la salida ( $N_a$ ) de la celda en el punto de inflexión es menor que un valor ( $N_3$ ) de referencia predeterminado, los medios de determinación de deterioro están dispuestos para concluir que el sensor (1) de gas está temporalmente deteriorado.

7. Aparato de detección de concentración de gas según la reivindicación 5 o 6, que comprende, además:

medios de ejecución del procedimiento de recuperación del deterioro, que están dispuestos para realizar un procedimiento de recuperación del deterioro sobre el sensor (1) de gas cuando se considera que el sensor (1) de gas está temporalmente deteriorado.

35 8. Aparato de detección de concentración de gas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que los medios de almacenamiento están dispuestos para almacenar la salida de la celda como un valor ( $N_b$ ) aprendido actualizado cuando la salida ( $N_a$ ) de la celda en el punto de inflexión es menor que el valor ( $N_b$ ) aprendido y la desviación entre el valor ( $N_b$ ) aprendido y la salida ( $N_a$ ) de la celda en el punto de inflexión es menor que un valor ( $N_1$ ) de referencia predeterminado.

40

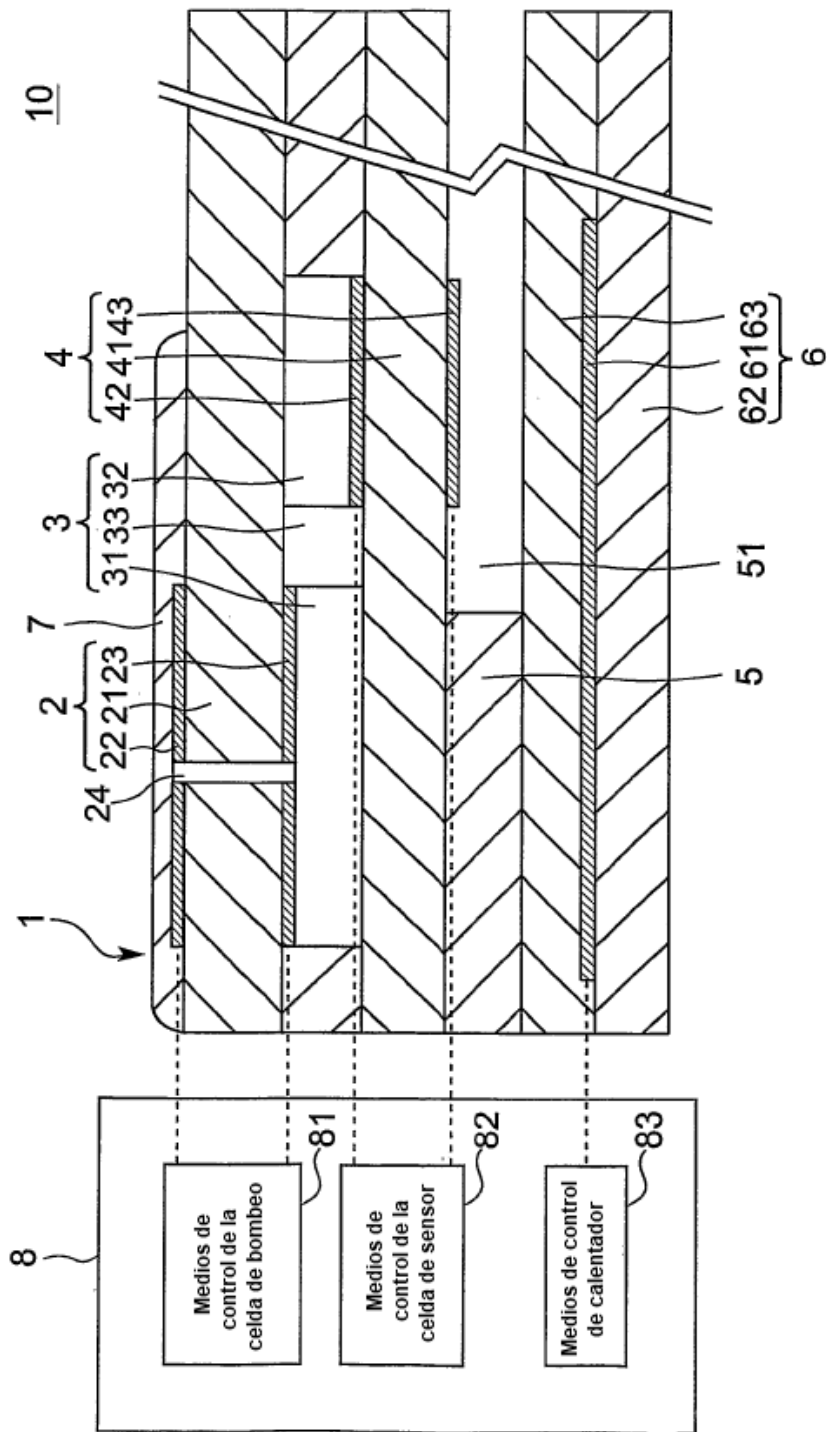


Fig. 1

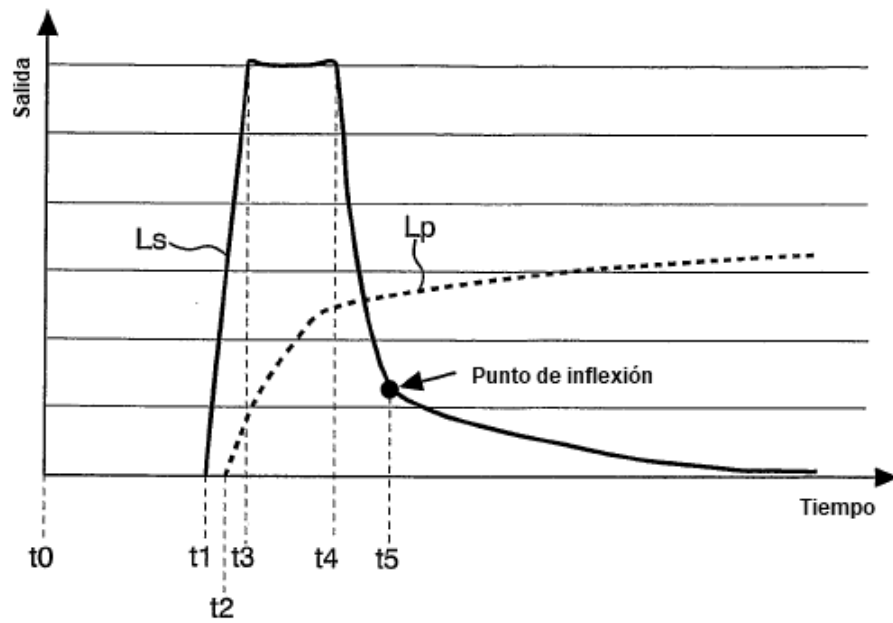


Fig. 2

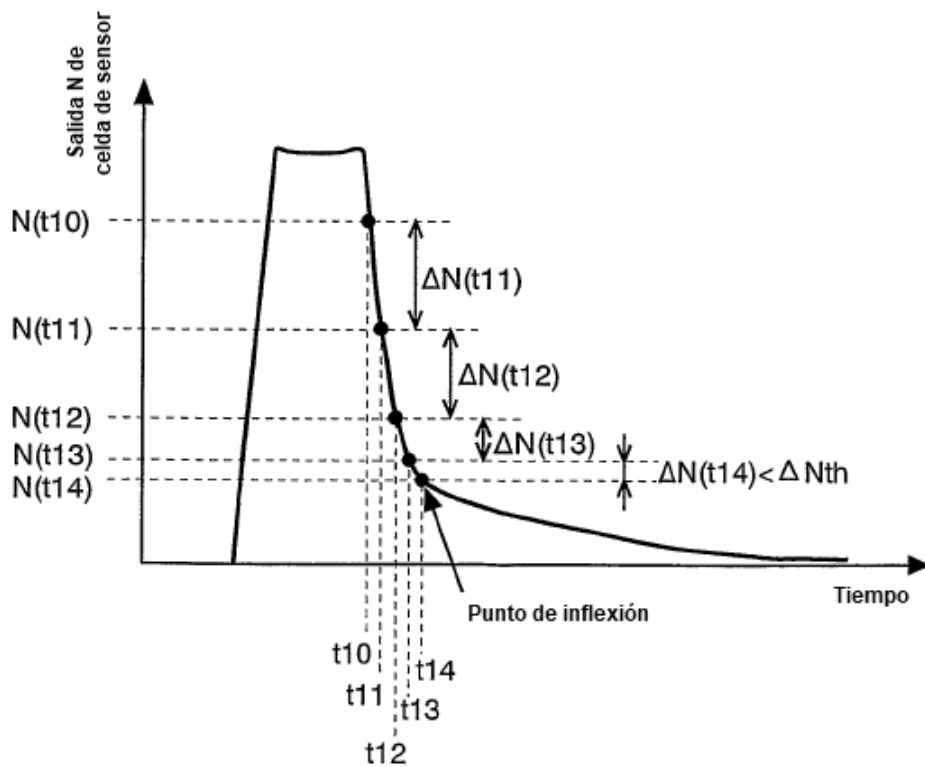


Fig. 3

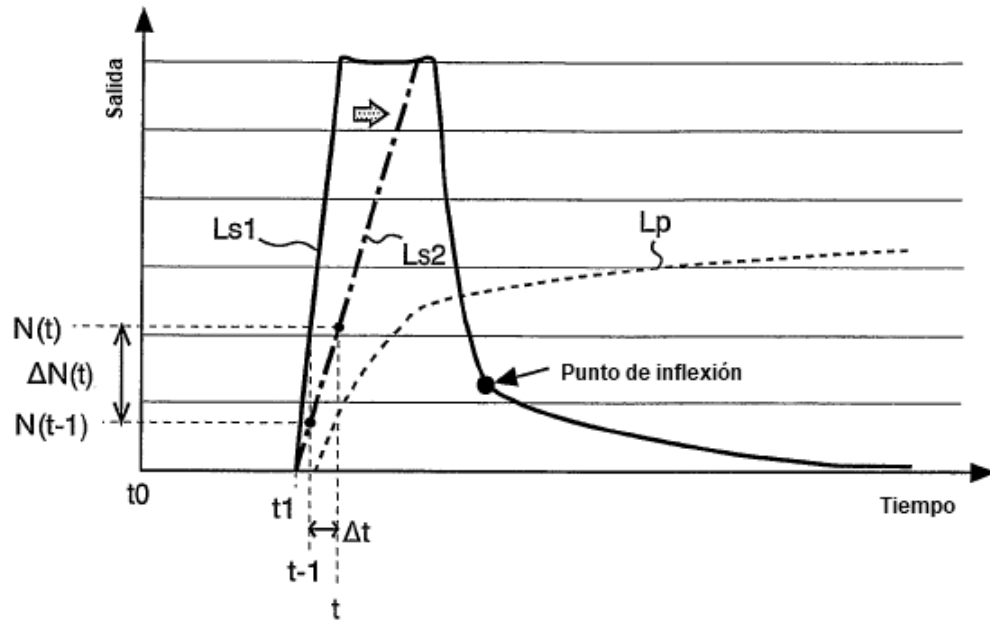


Fig. 4



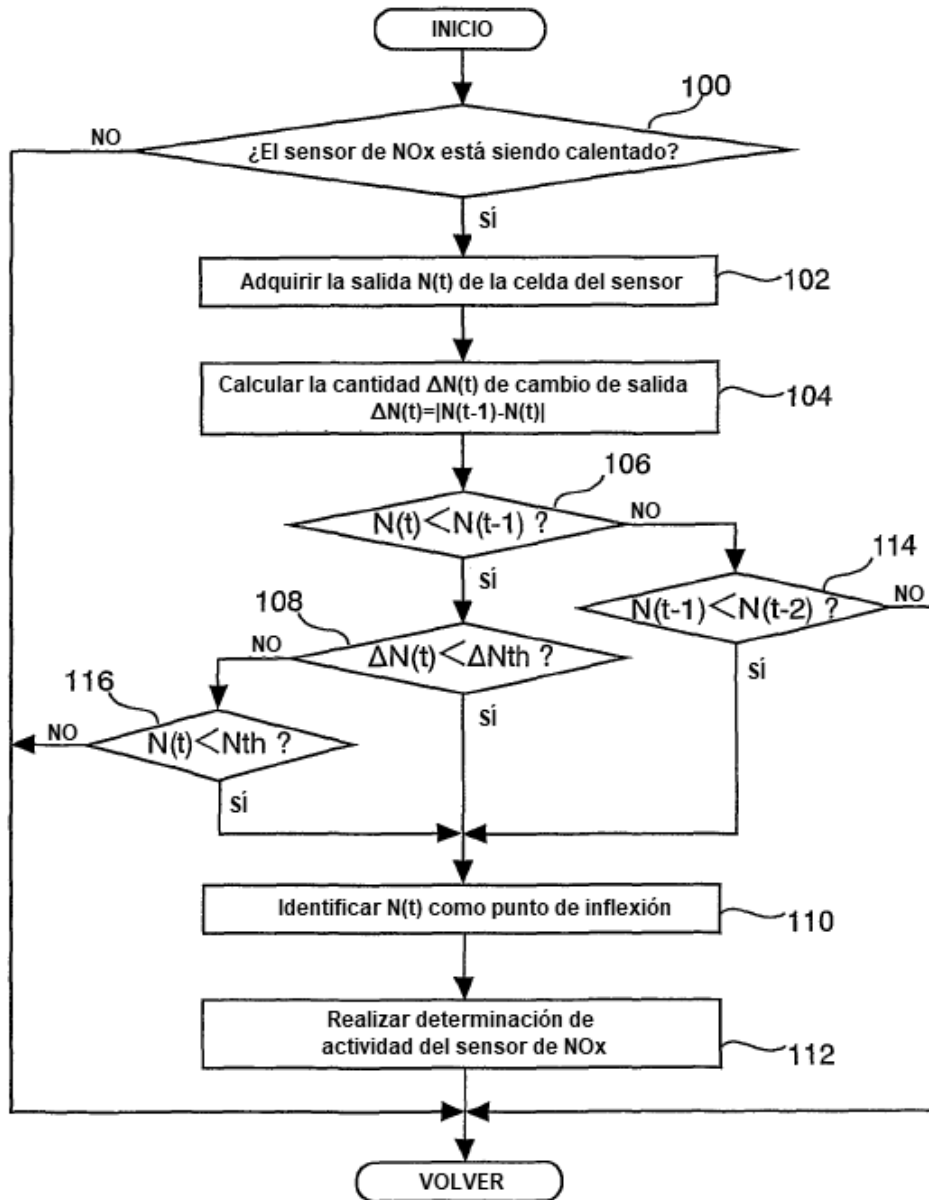


Fig. 5

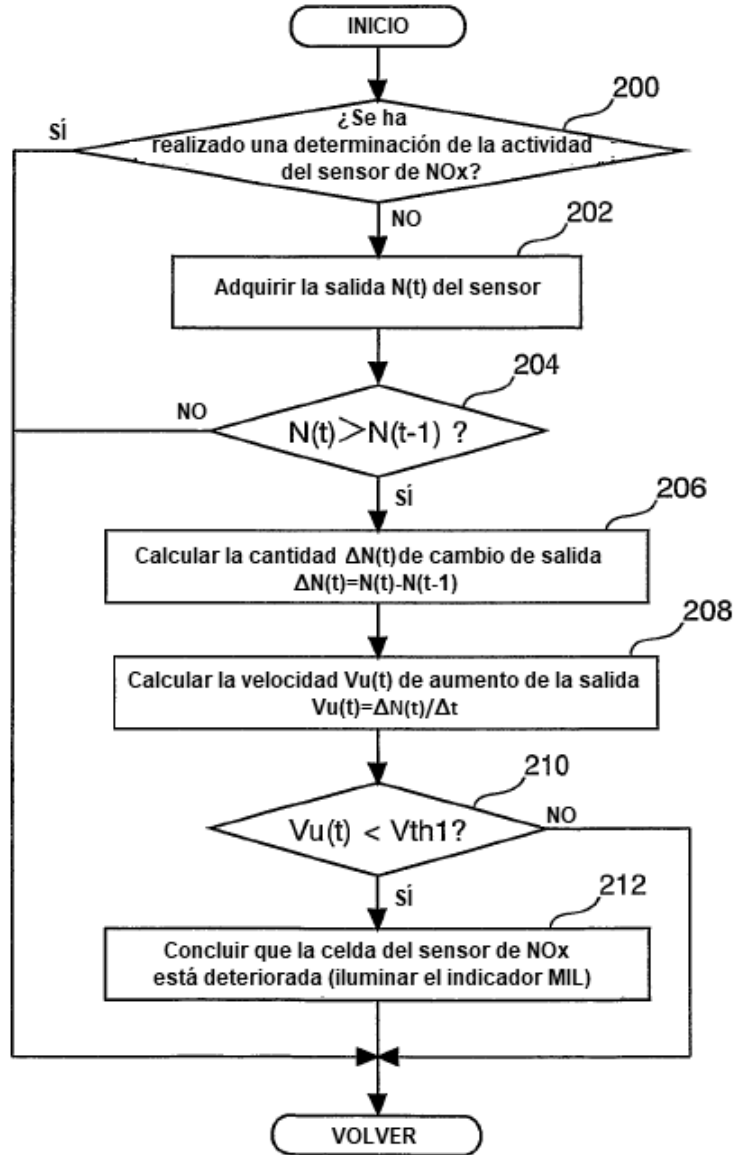


Fig. 6

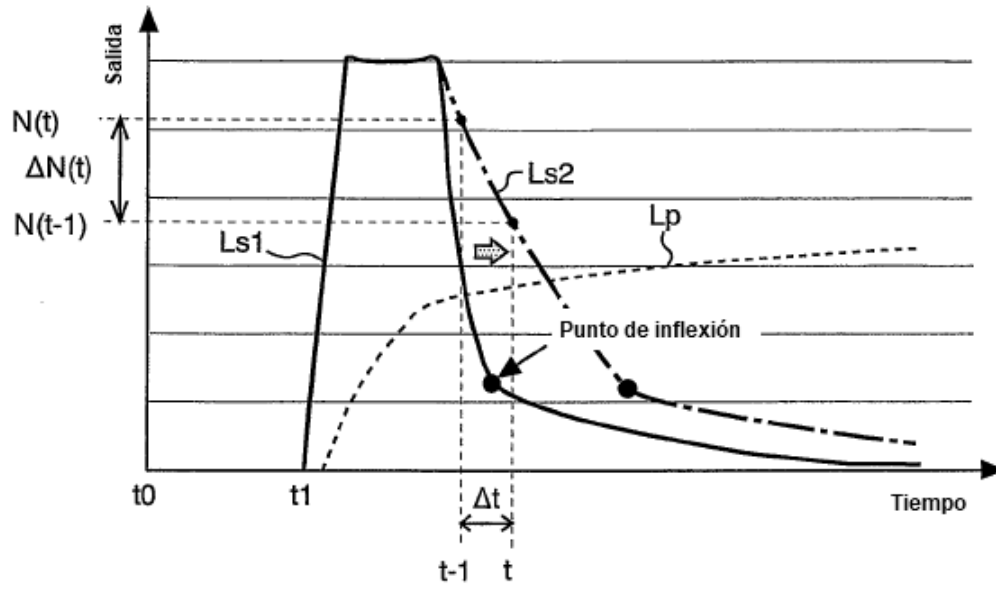


Fig. 7

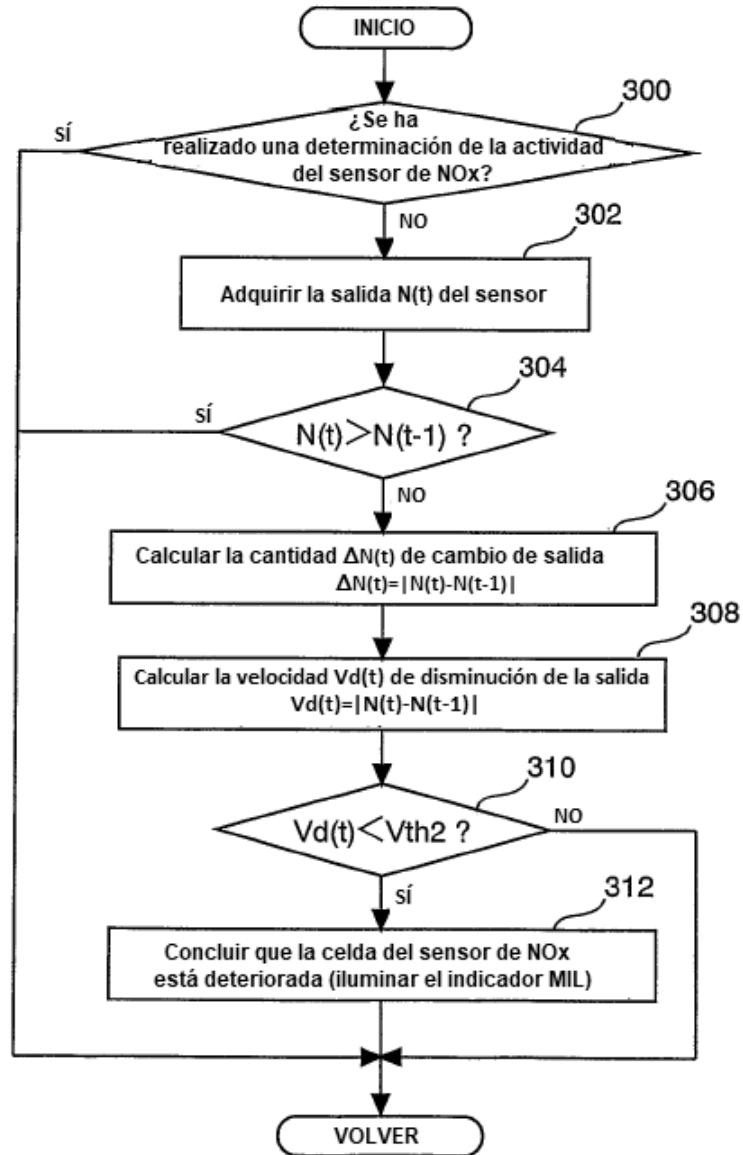


Fig. 8

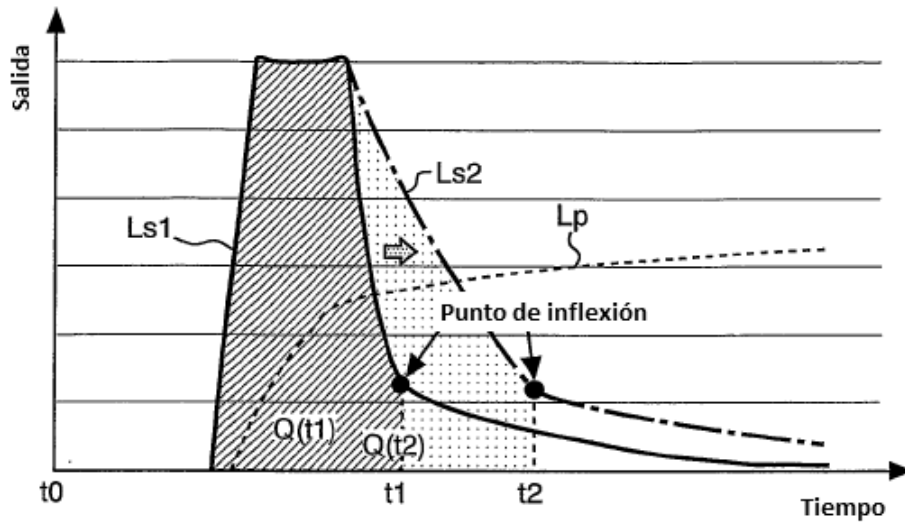
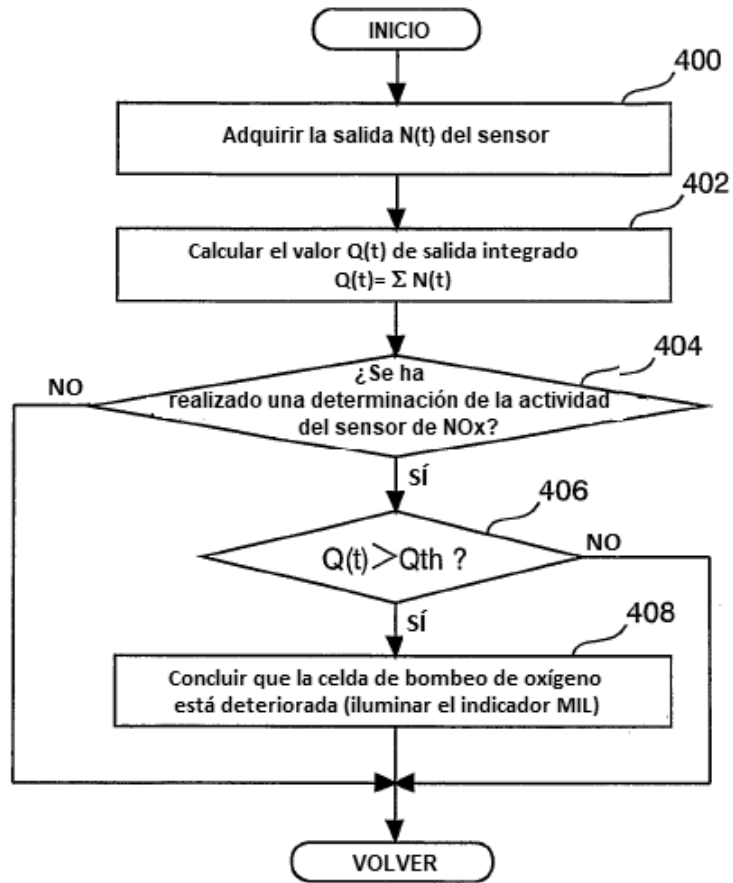


Fig. 9



*Fig. 10*

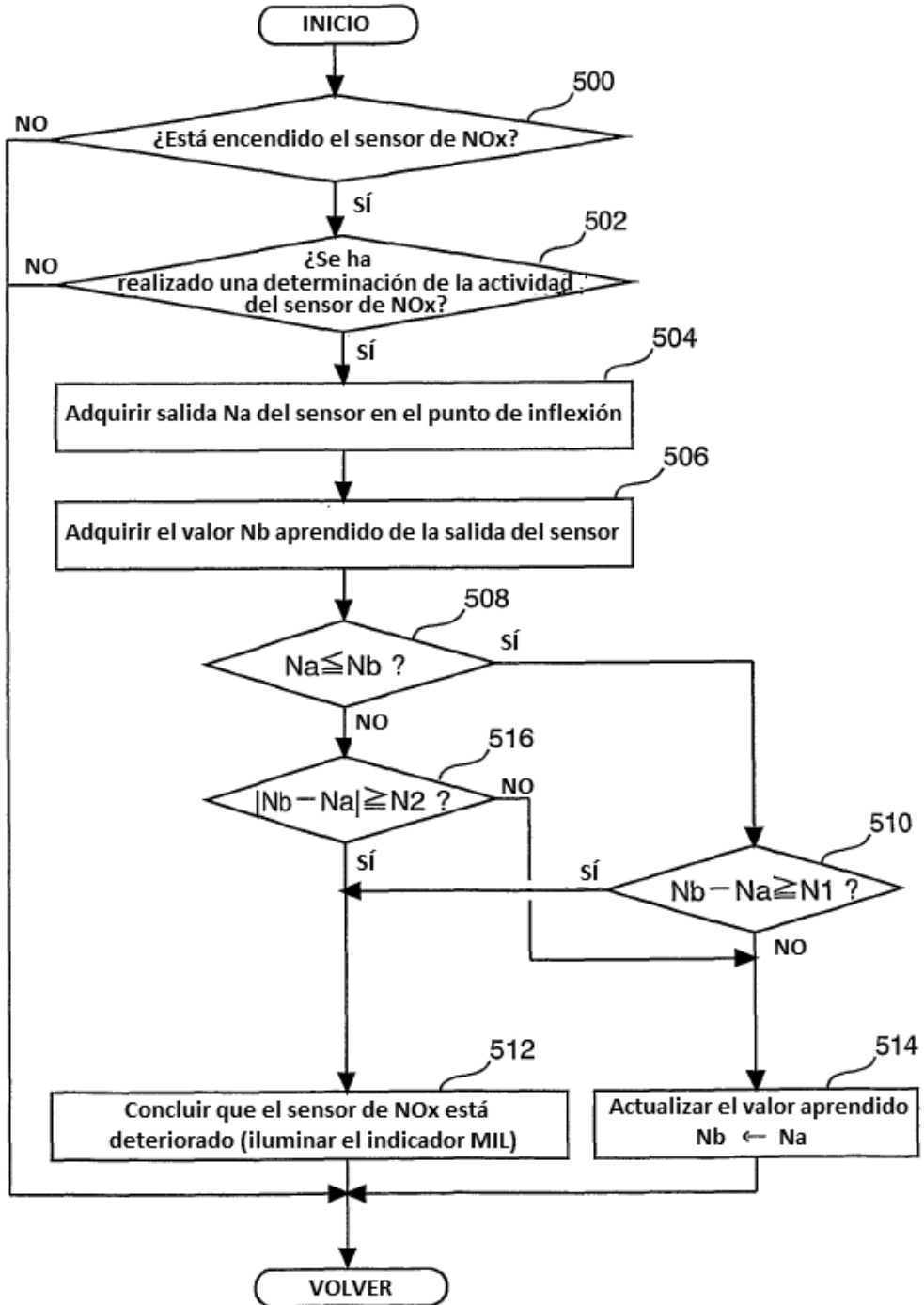
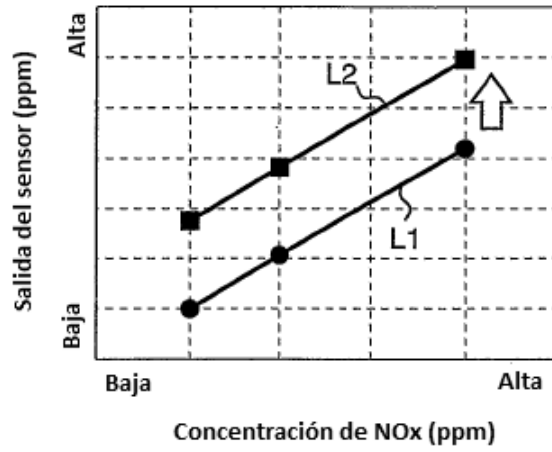


Fig. 11



*Fig. 12*



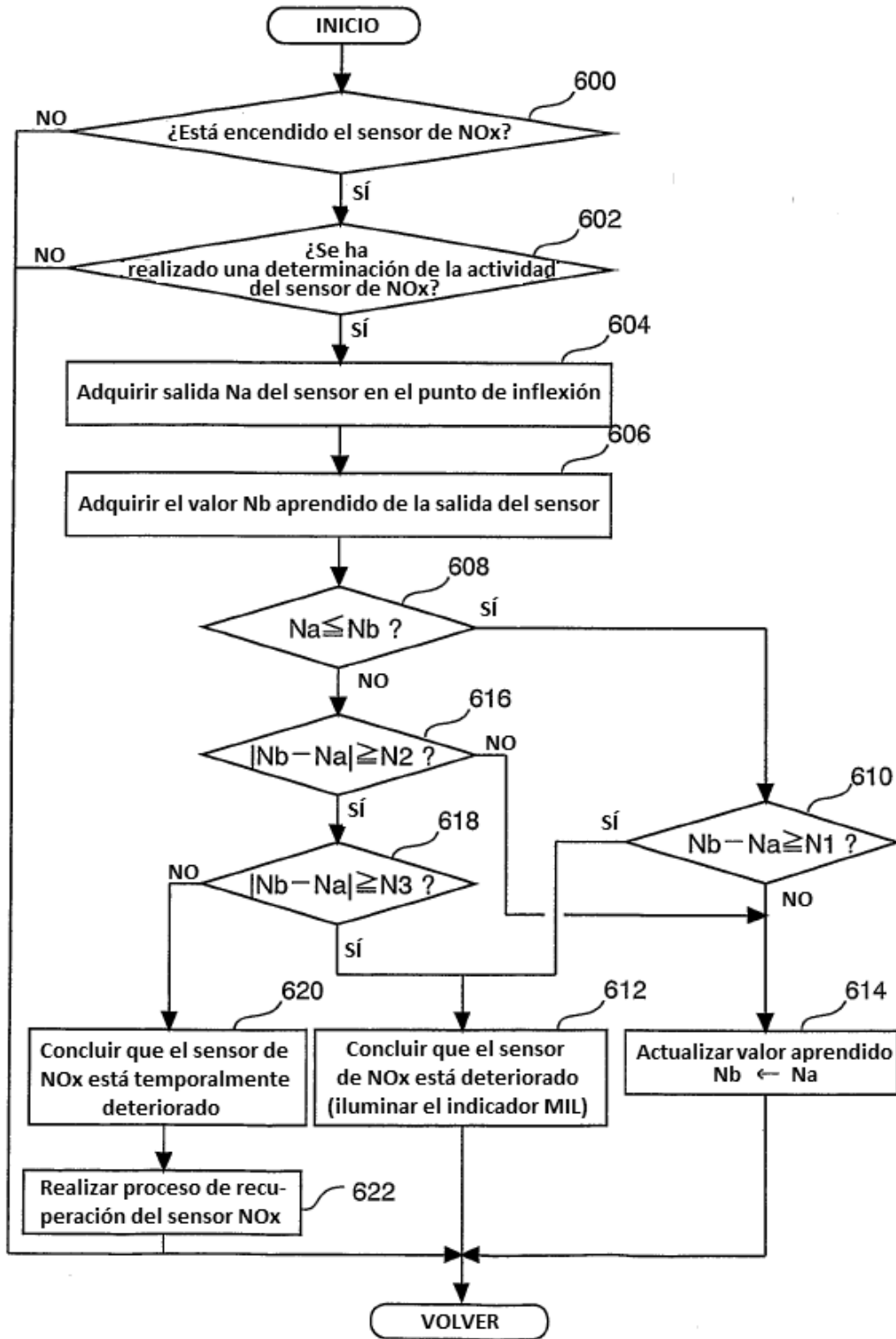


Fig. 13

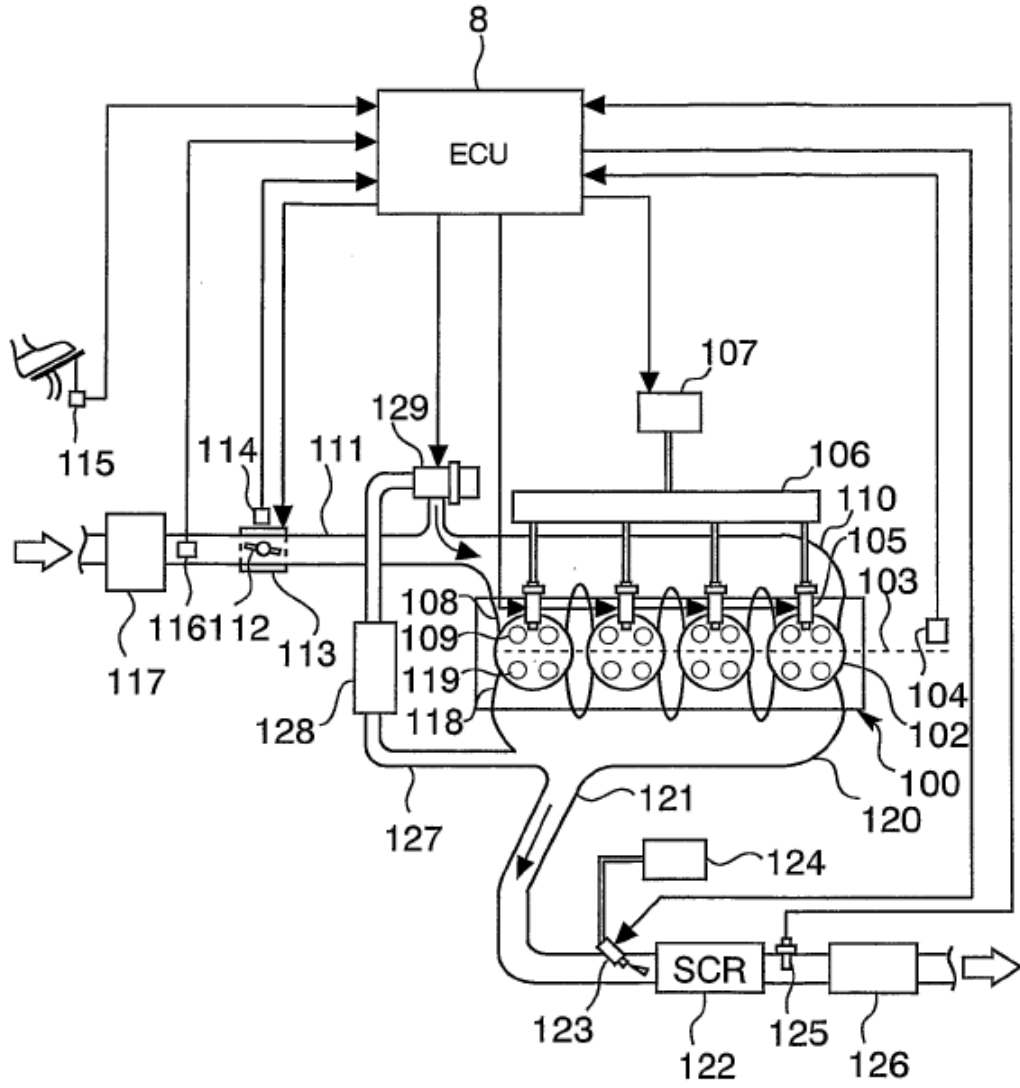


Fig. 14

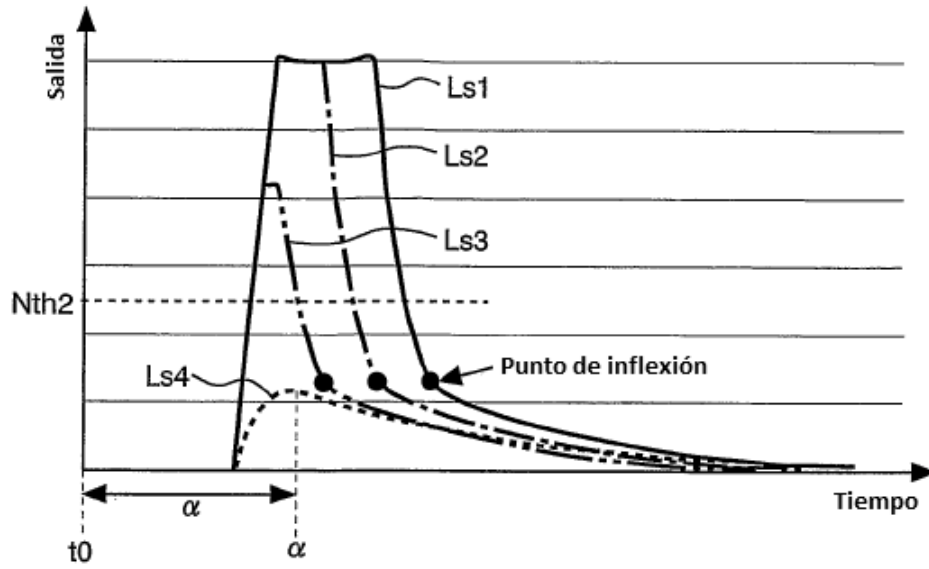


Fig. 15

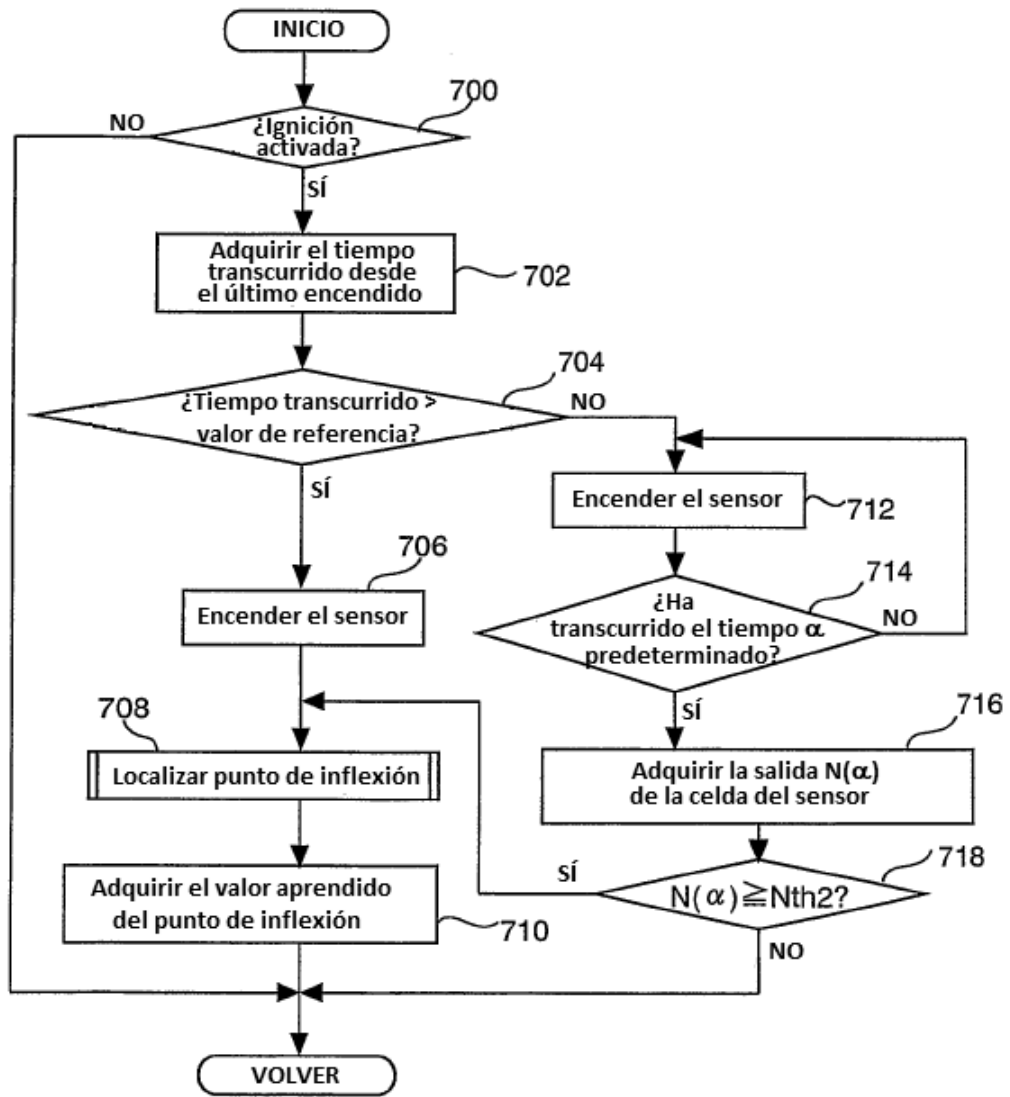


Fig. 16

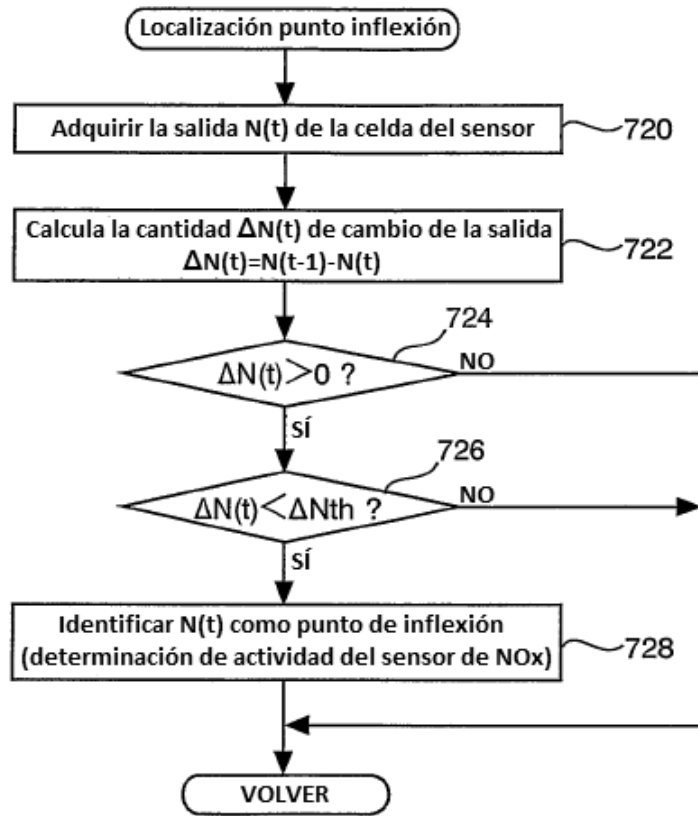


Fig. 17

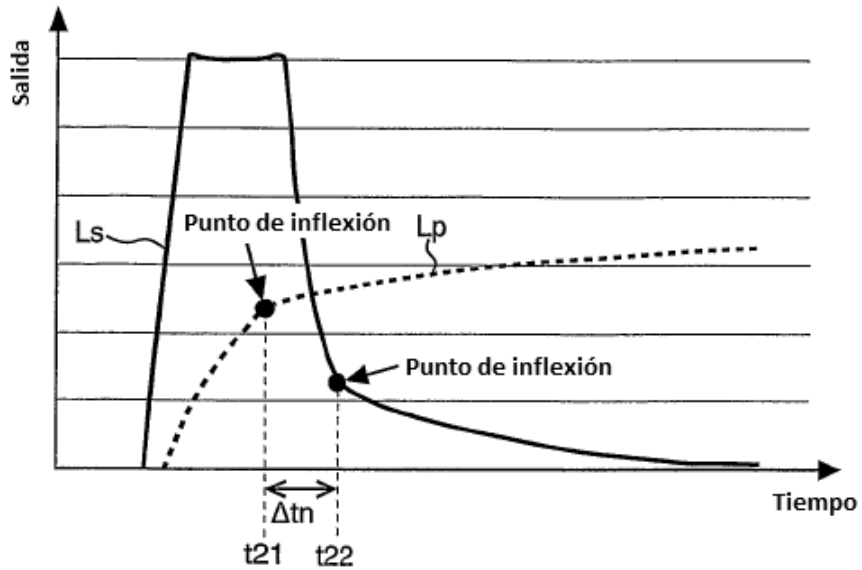


Fig. 18

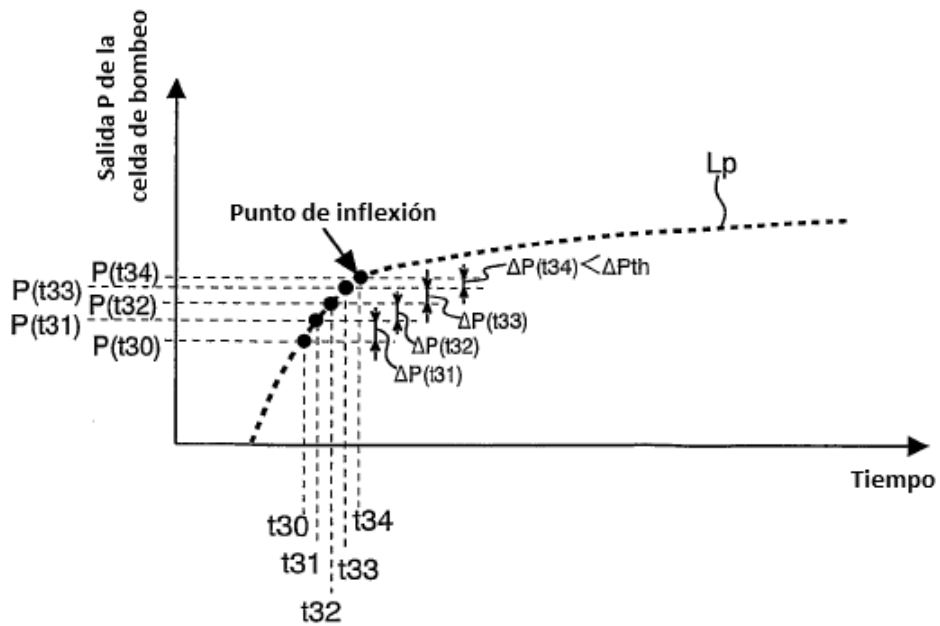


Fig. 19

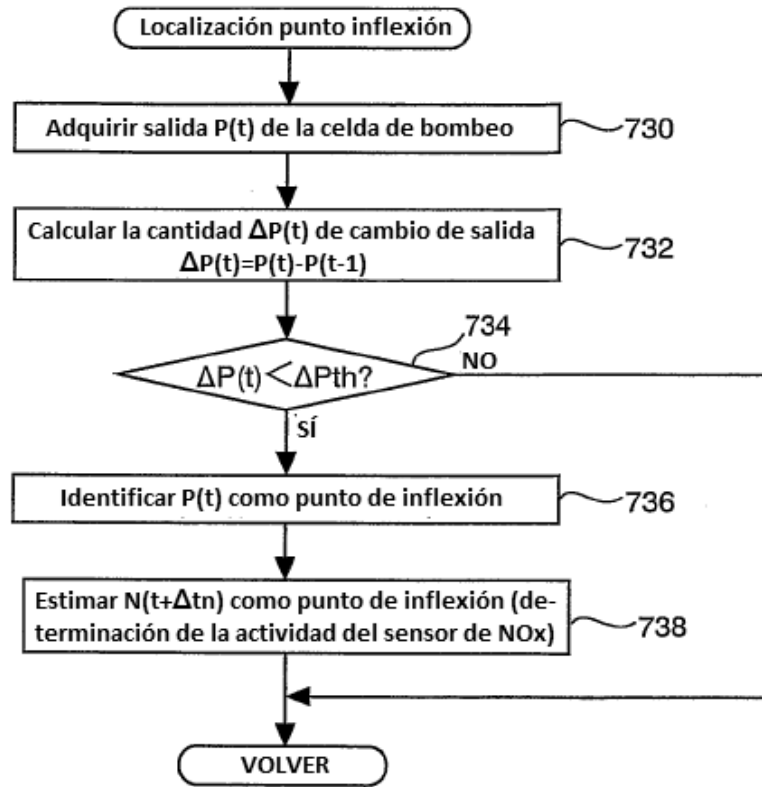


Fig. 20

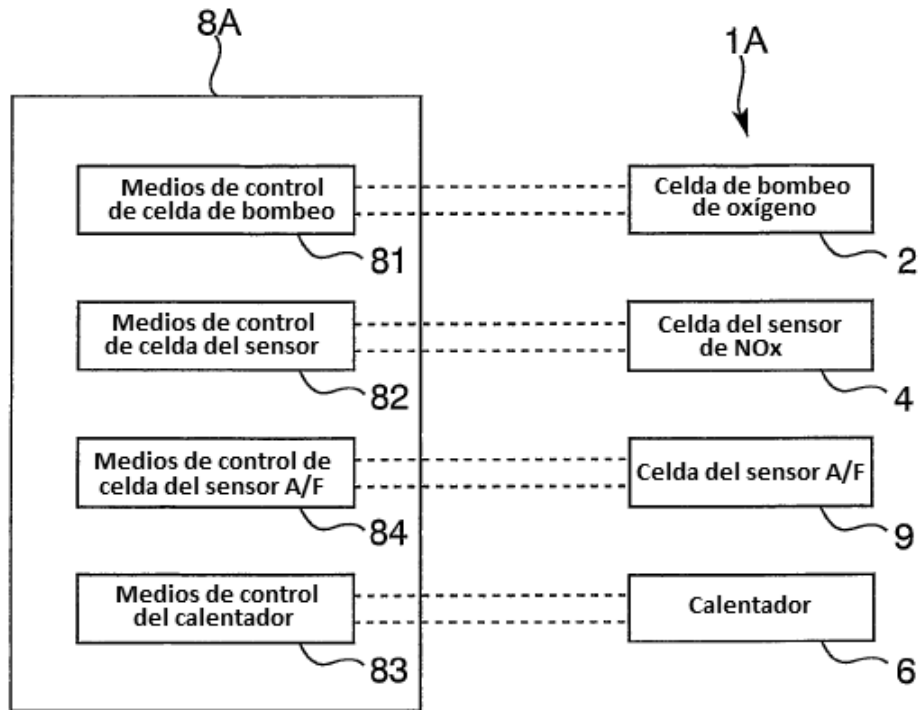


Fig. 21

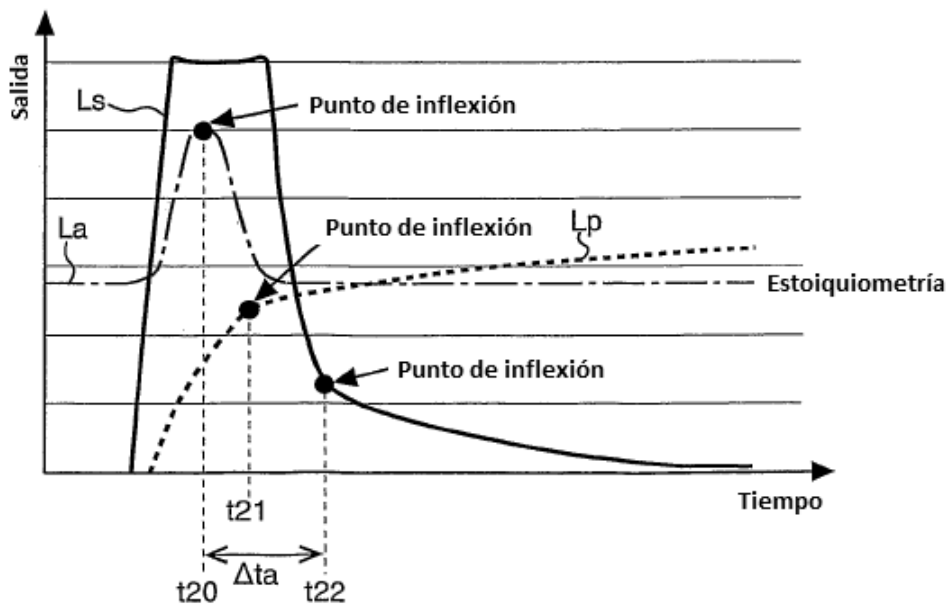
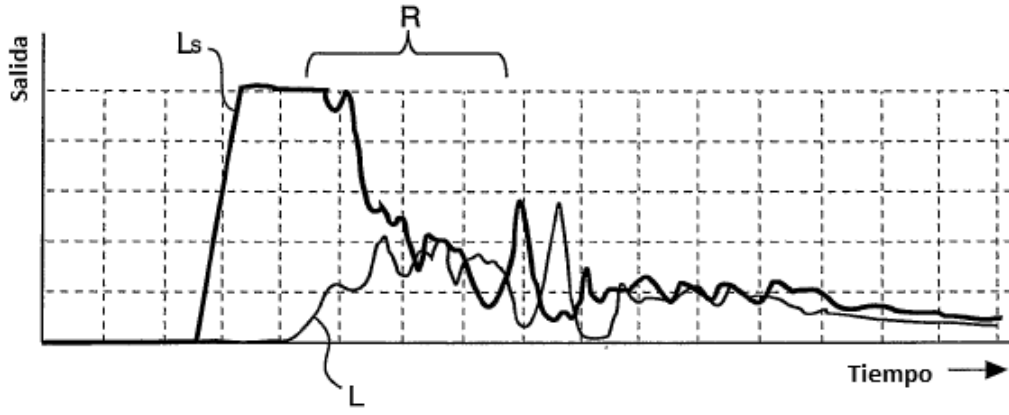


Fig. 22





*Fig. 23*

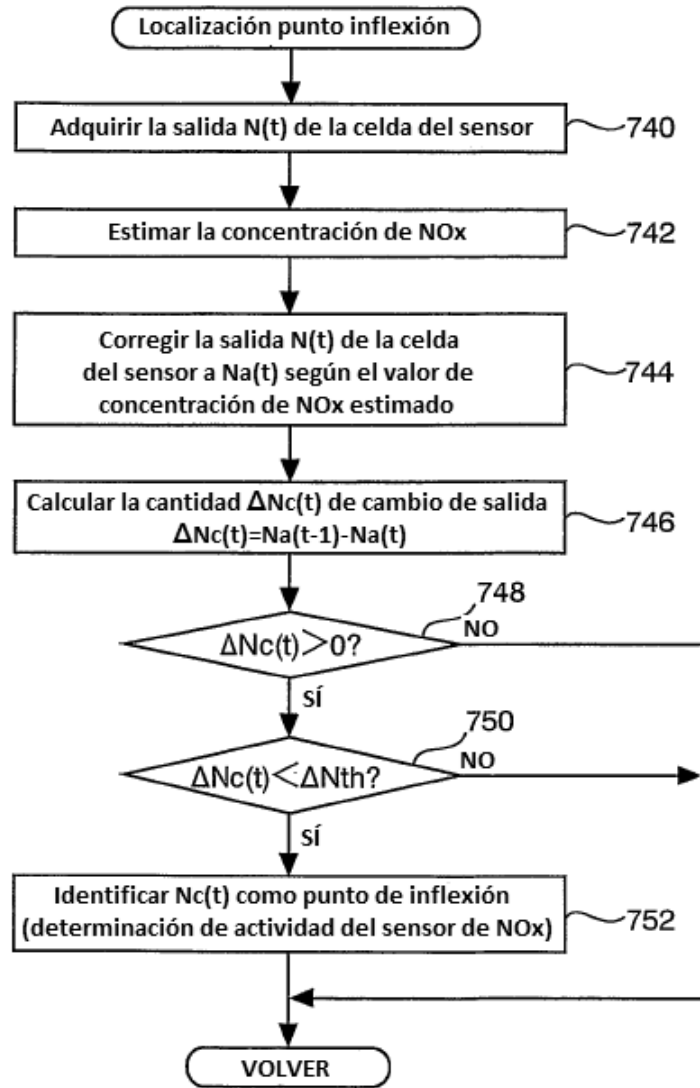


Fig. 24

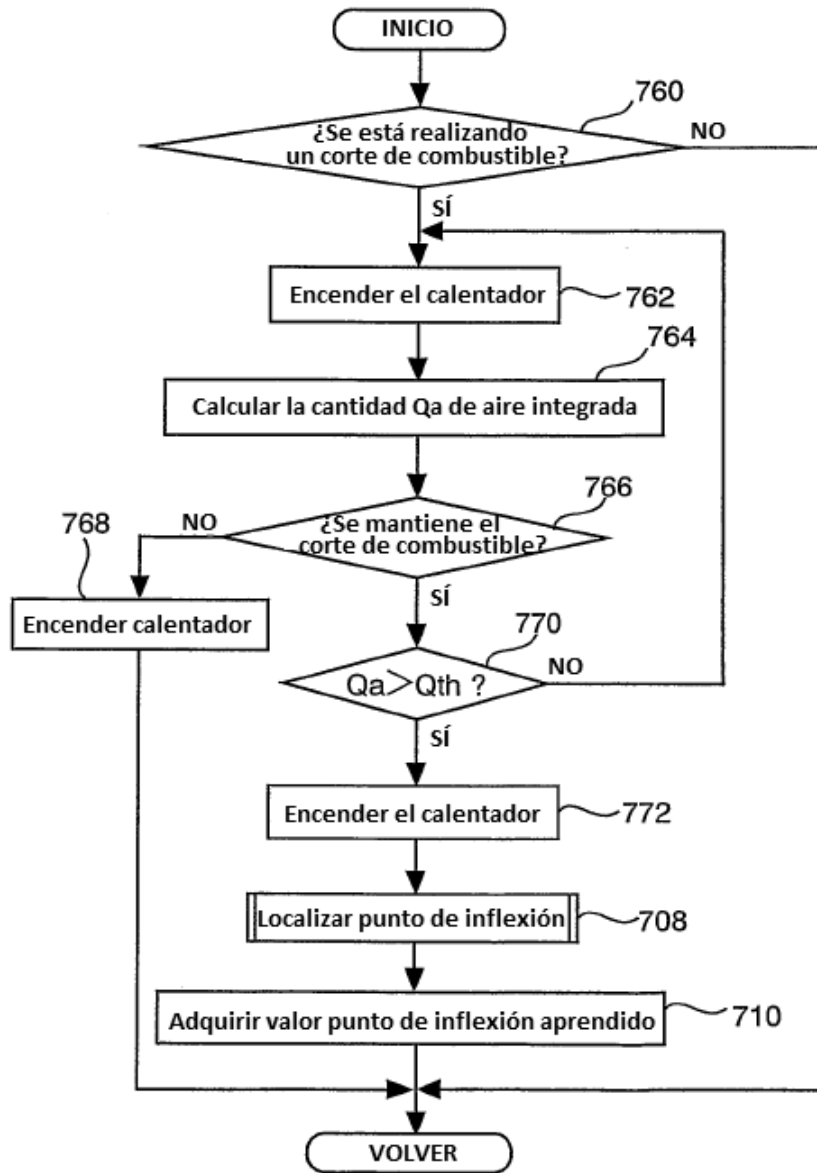


Fig. 25

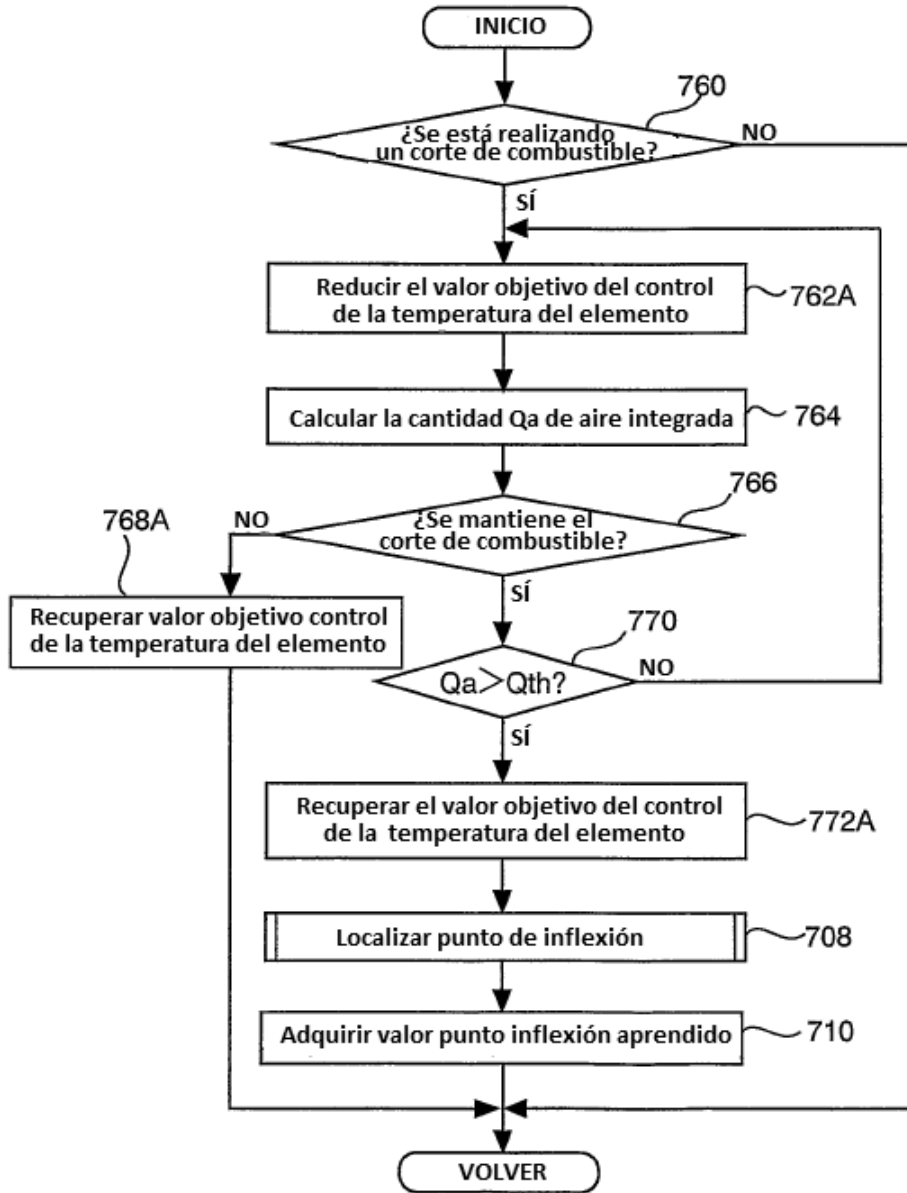


Fig. 26

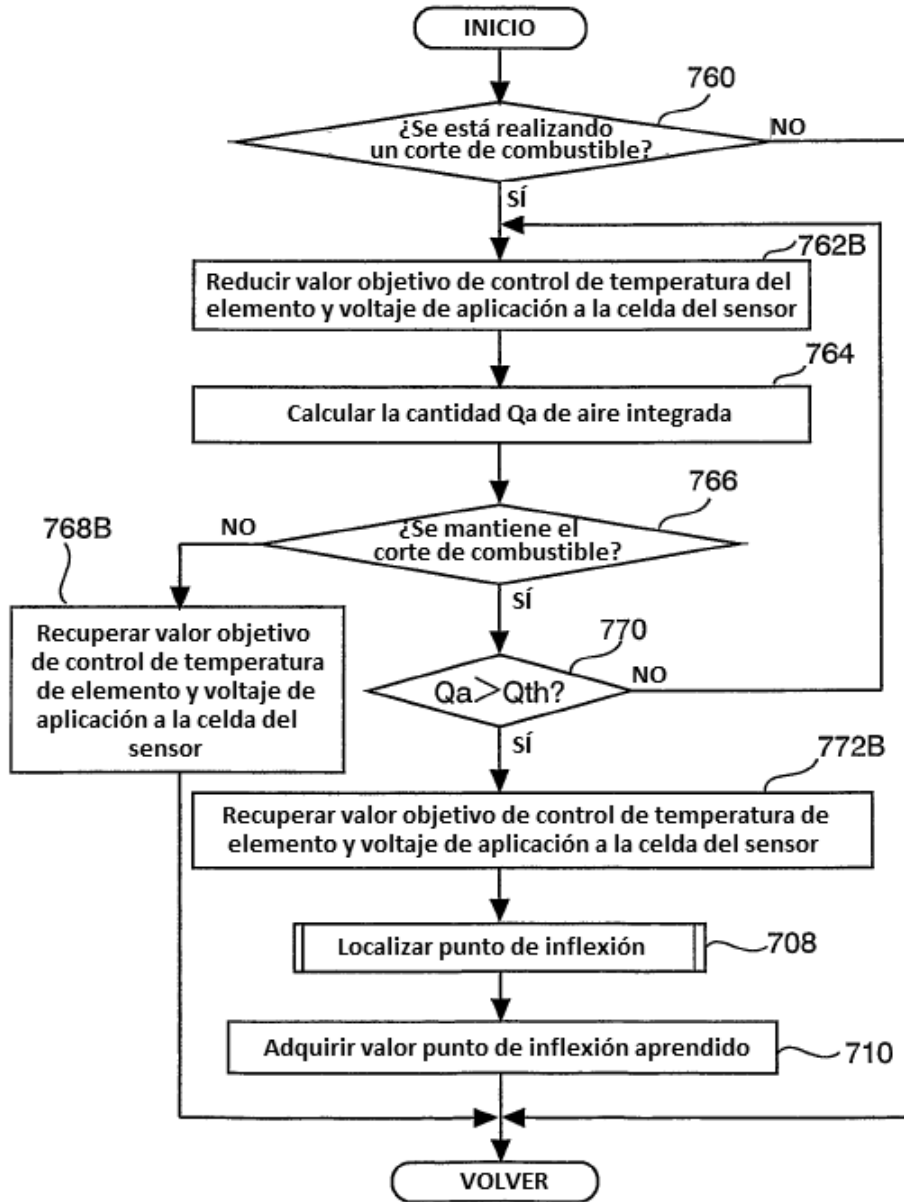


Fig. 27

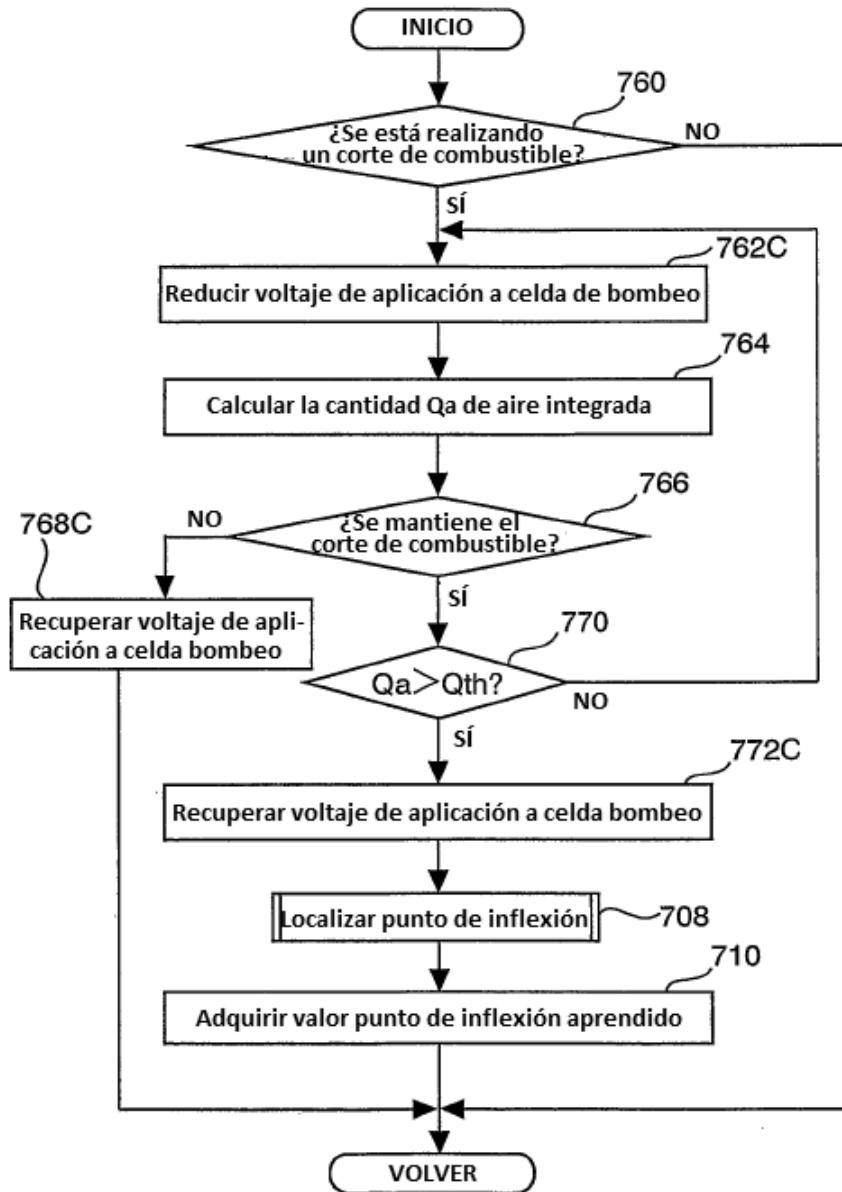


Fig. 28

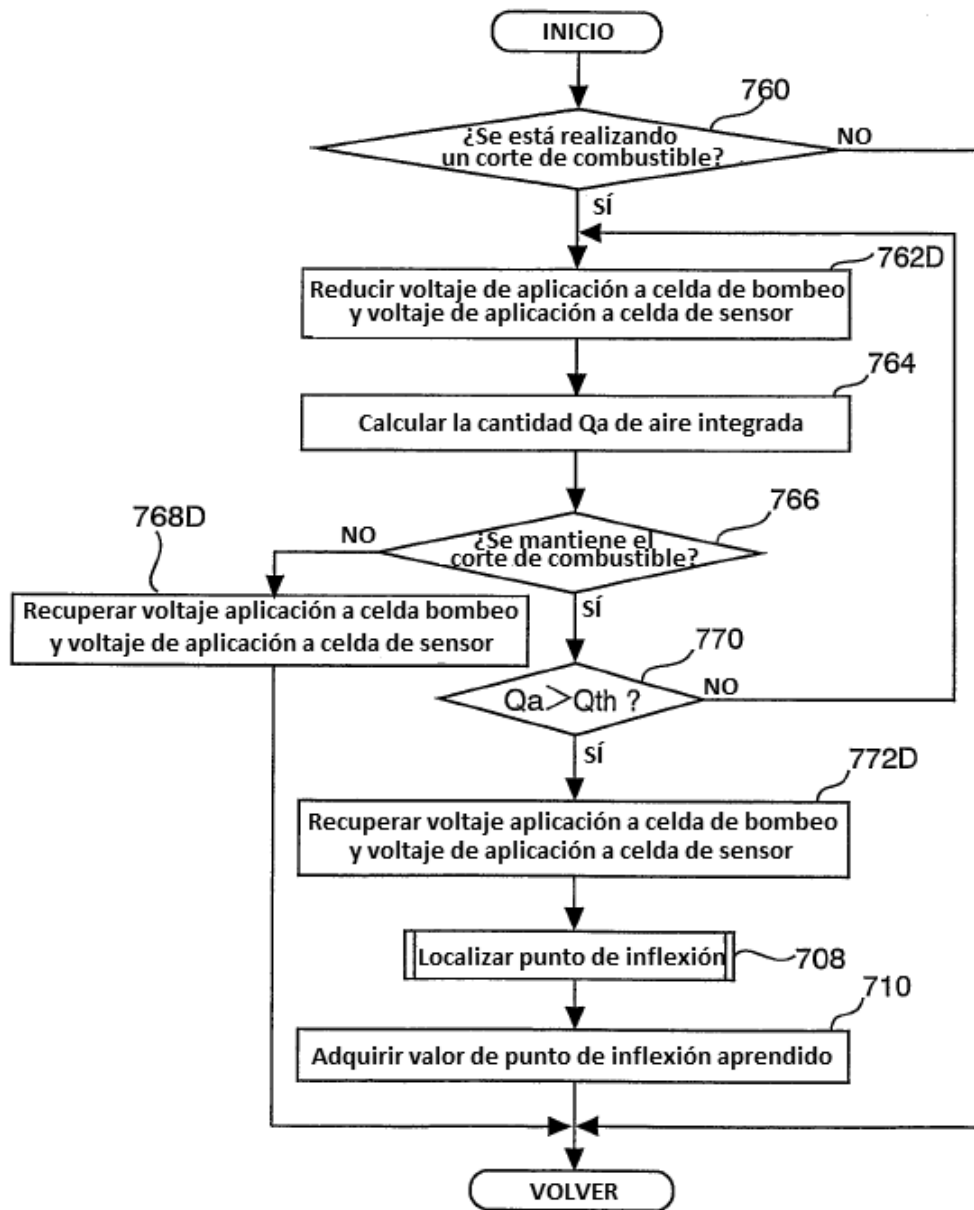


Fig. 29

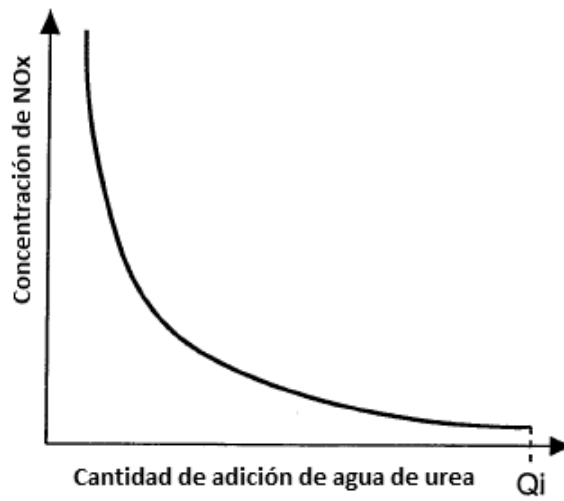


Fig. 30

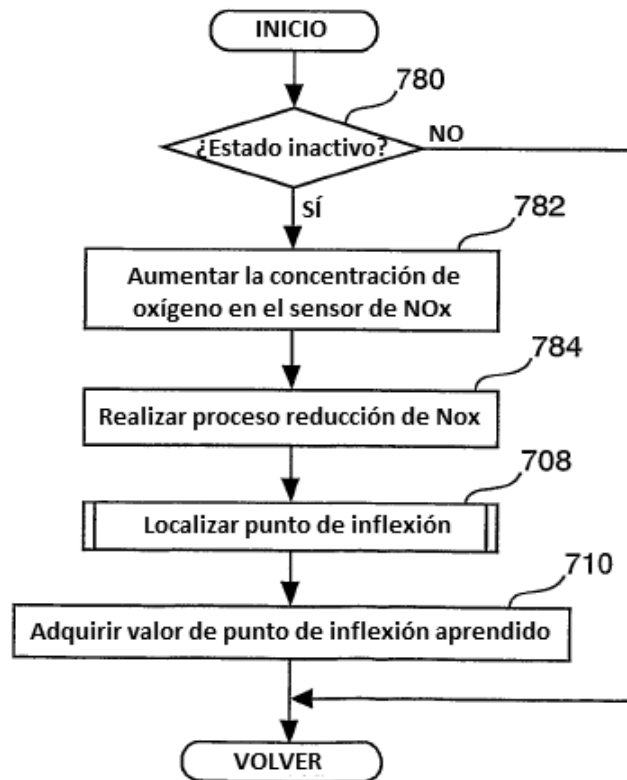


Fig. 31