

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 523**

51 Int. Cl.:

**F01N 3/08** (2006.01)

**F02D 41/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.07.2012 PCT/JP2012/069218**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.01.2014 WO14016965**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2012 E 12881947 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019 EP 2878778**

54 Título: **Dispositivo de purificación del escape de un motor de combustión interna**

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 471-8571, JP**

72 Inventor/es:  
**BISAJI, YUKI;**  
**YOSHIDA, KOHEI;**  
**SAKURAI, KENJI y**  
**NAKAMURA, KOHKI**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 731 523 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**

Dispositivo de purificación del escape de un motor de combustión interna

**Campo técnico**

La presente invención se refiere a un aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna.

**5 Técnica anterior**

Se conoce un motor de combustión interna en el que se dispone un catalizador de tres vías en el pasaje de escape de un motor, se dispone un catalizador de adsorción de NO<sub>x</sub> que adsorbe el NO<sub>x</sub> en el gas de escape cuando una razón aire-combustible del gas de escape introducido está en un intervalo pobre y descarga el NO<sub>x</sub> adsorbido cuando la razón aire-combustible del gas de escape introducido está en un intervalo rico, en el pasaje de escape del motor, aguas abajo del catalizador de tres vías, y un modo de operación del motor se cambia a cualquiera de un modo de operación a una razón aire-combustible pobre, en el que la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre, o un modo de operación a una razón aire-combustible teórica, en el que la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible teórica, dependiendo de los estados de operación del motor (por ejemplo, véase la Bibliografía de Patente 1).

15 En tal motor de combustión interna, la cantidad de combustible consumido cuando la combustión se lleva a cabo a la razón aire-combustible pobre es menor que cuando la combustión se lleva a cabo a la razón aire-combustible teórica. Por consiguiente, en el motor de combustión interna, la combustión generalmente se lleva a cabo a la razón aire-combustible pobre en un área de operación que es tan amplia como sea posible. Sin embargo, cuando la combustión se lleva a cabo a la razón aire-combustible pobre en un estado en el que una carga del motor es alta, aumenta la temperatura del catalizador de adsorción de NO<sub>x</sub> y, de esta manera, disminuye la capacidad de adsorción de NO<sub>x</sub> del catalizador de adsorción de NO<sub>x</sub>, con lo que disminuye la tasa de purificación de NO<sub>x</sub>. Por consiguiente, en el motor de combustión interna, el modo de operación se cambia del modo de operación a una razón aire-combustible pobre al modo de operación de aire-combustible teórico cuando la carga de motor se hace alta, para que no disminuya la tasa de purificación de NO<sub>x</sub>.

25 La Bibliografía de Patente 2 describe un área de operación del motor a baja carga ligeramente pobre con respecto a la razón aire/combustible estequiométrica, y un área de operación a alta carga comparativamente pobre con respecto al área de operación del motor a baja carga.

La Bibliografía de Patente 3 describe que la razón aire-combustible cambia gradualmente de la razón aire-combustible pobre a la razón aire-combustible rica, como para iniciar un tratamiento de regeneración.

**30 Lista de citas****Bibliografía de patentes**

Bibliografía de Patente 1: Solicitud de Patente Japonesa con N.º de Publicación 2008-38890 (JP 2008-38890 A)

Bibliografía de Patente 2: Solicitud de Patente Europea con N.º de Publicación 1 001 154 (EP 1 001 154 A2)

35 Bibliografía de Patente 3: Solicitud de Patente de Estados Unidos con N.º de Publicación 2011/0209462 (US 2011/0209462 A1)

**Compendio de la invención****Problema técnico**

40 Sin embargo, cuando el modo de operación se cambia al modo de operación a la razón aire-combustible teórica de esta manera, y la combustión se lleva a cabo a la razón aire-combustible teórica, hay un problema en tanto que aumenta la cantidad de combustible consumido.

Un objeto de la invención es proporcionar un aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna que pueda asegurar una alta tasa de purificación de NO<sub>x</sub> y reducir la cantidad de combustible consumido.

**Solución al problema**

45 De acuerdo con la invención, se proporciona un aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna en el que se disponen un catalizador de tres vías y un catalizador de adsorción de NO<sub>x</sub> que adsorbe el NO<sub>x</sub> en el gas de escape, cuando una razón aire-combustible del gas de escape introducido está en un intervalo pobre y descarga el NO<sub>x</sub> adsorbido cuando la razón aire-combustible del gas de escape introducido se cambia a un intervalo rico, en un pasaje de escape del motor, en donde un área de operación de un motor incluye un área de operación del motor a una carga baja predeterminada en un lado de operación del motor a baja carga, un área de operación del motor a una carga alta predeterminada en un lado de operación del motor a alta carga, y un área de operación

del motor a una carga media predeterminada se ajusta entre el área de operación del motor a baja carga y el área de operación del motor a alta carga, en donde en el área de operación del motor a una carga baja predeterminada, la combustión en una cámara de combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible base pobre y la razón aire-combustible en la cámara de combustión se cambia al intervalo rico en el momento de descargar el NO<sub>x</sub> del catalizador de adsorción de NO<sub>x</sub>, en donde en el área de operación del motor a una carga alta predeterminada, la razón aire-combustible en la cámara de combustión se controla a una razón aire-combustible teórica en un modo de realimentación, y en donde en el área de operación del motor a una carga media predeterminada, la combustión en la cámara de combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible base menor que la razón aire-combustible base en el área de operación del motor a baja carga y la razón aire-combustible en la cámara de combustión se cambia al intervalo rico con una periodicidad más corta que una periodicidad rica de la razón aire-combustible para descargar el NO<sub>x</sub> en el área de operación del motor a baja carga.

**Efectos de la invención**

Es posible asegurar una tasa de purificación de NO<sub>x</sub> y reducir la cantidad de combustible consumido proporcionando un área de operación del motor a media carga en la que el NO<sub>x</sub> puede purificarse y la combustión puede llevarse a cabo a una razón aire-combustible pobre.

**Breve descripción de los dibujos**

- [FIG. 1] La FIG. 1 es un diagrama que ilustra la configuración completa de un motor de combustión interna.
- [FIG. 2] La FIG. 2 es un diagrama que ilustra esquemáticamente una parte de la superficie de un sustrato de un catalizador de tres vías.
- [FIG. 3] Las FIGS. 3A y 3B son diagramas que ilustran esquemáticamente una parte de la superficie y similares de un soporte de catalizador de un catalizador de adsorción de NO<sub>x</sub>.
- [FIG. 4] Las FIGS. 4A y 4B son diagramas que ilustran una reacción de oxidación-reducción en el catalizador de adsorción de NO<sub>x</sub>.
- [FIG. 5] La FIG. 5 es un diagrama que ilustra el control de descarga de NO<sub>x</sub>.
- [FIG. 6] La FIG. 6 es un diagrama que ilustra un mapa de una cantidad de NO<sub>x</sub> descargado NOXA.
- [FIG. 7] La FIG. 7 es un diagrama que ilustra una tasa de purificación de NO<sub>x</sub>.
- [FIG. 8] Las FIGS. 8A y 8B son diagramas que ilustran una reacción de oxidación-reducción en el catalizador de adsorción de NO<sub>x</sub>.
- [FIG. 9] Las FIGS. 9A y 9B son diagramas que ilustran la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> y la capacidad de adsorción de NO.
- [FIG. 10] Las FIGS. 10A y 10B son diagramas que ilustran la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> y la capacidad de adsorción de NO.
- [FIG. 11] Las FIGS. 11A, 11B, 11C son diagramas de gestión temporal que ilustran una variación en la razón aire-combustible del gas de escape descargado desde un motor.
- [FIG. 12] La FIG. 12 es un diagrama de gestión temporal que ilustra una variación en la razón aire-combustible del gas de escape que fluye dentro de un catalizador de tres vías y un catalizador de adsorción de NO<sub>x</sub>.
- [FIG. 13] La FIG. 13 es un diagrama que ilustra una tasa de purificación de NO<sub>x</sub>.
- [FIG. 14] La FIG. 14 es un diagrama que ilustra áreas de operación del motor.
- [FIG. 15] La FIG. 15 es un diagrama de gestión temporal que ilustra una variación en la cantidad de combustible inyectado o similar durante el tiempo de operación del motor.
- [FIG. 16] La FIG. 16 es un diagrama de flujo que ilustra el control de la operación del motor.

**Modos para llevar a cabo la invención**

La FIG. 1 es un diagrama que ilustra la configuración completa del motor de combustión interna de encendido por chispa.

Haciendo referencia a la FIG. 1, el número de referencia 1 denota un cuerpo de motor, el número de referencia 2 denota un bloque de cilindros, el número de referencia 3 denota una culata, el número de referencia 4 denota un pistón, el número de referencia 5 denota un motor de combustión, el número de referencia 6 denota una bujía de encendido, el número de referencia 7 denota una válvula de admisión, el número de referencia 8 denota un puerto

de admisión, el número de referencia 9 denota una válvula de escape y el número de referencia 10 denota un puerto de escape. Como se ilustra en la FIG. 1, cada cilindro incluye un par de válvulas de inyección de combustible de una válvula 11 de inyección de combustible controlada electrónicamente que inyecta el combustible en la cámara 2 de combustión y una válvula 12 de inyección de combustible controlada electrónicamente que inyecta el combustible en el puerto 8 de admisión. El puerto 8 de admisión de cada cilindro está conectado a un tanque 14 de compensación mediante una tubería 13 ramificada de admisión, y el tanque 14 de compensación está conectado a un lavador 16 de aire mediante un conducto 15 de admisión. Un detector 17 de aire de admisión y una válvula 18 de mariposa que está accionada por un accionador 18a están dispuestos en el conducto 15 de admisión.

Por otro lado, el puerto 10 de escape de cada cilindro está conectado a una entrada de un catalizador 20 de tres vías mediante un colector 19 de escape, y una salida del catalizador 20 de tres vías está conectada a una entrada de un catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  mediante un tubo 21 de escape. Una salida del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  está conectada a un catalizador 23 de reducción selectiva de  $\text{NO}_x$ . Por otro lado, el tubo 21 de escape y el tanque 14 de compensación están conectados entre sí mediante un pasaje 24 de recirculación del gas de escape (en lo sucesivo en la presente memoria denominado EGR, por sus siglas en inglés). Una válvula 25 de control de EGR controlada electrónicamente está dispuesta en el pasaje 24 de EGR y un dispositivo de enfriamiento 26 que enfría el gas de escape que fluye en el pasaje 24 de la EGR está dispuesto alrededor del pasaje 24 de la EGR. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 1, un refrigerante del motor es guiado al interior del dispositivo 26 de enfriamiento y el gas de escape se enfría mediante el refrigerante de motor.

Una unidad 30 de control electrónico está constituida por un ordenador digital e incluye una memoria 32 de solo lectura (ROM), una memoria 33 de acceso aleatorio (RAM), una CPU 34 (microprocesador), un puerto 35 de entrada y un puerto 36 de salida que están conectados entre sí mediante un canal 31 bidireccional. Un sensor 27 de la razón aire-combustible, que detecta la razón aire-combustible del gas de escape descargado desde el motor, está dispuesto en el lado aguas arribas del catalizador 20 de tres vías, y un sensor 28 de la concentración de oxígeno, que detecta una concentración de oxígeno en el gas de escape, está dispuesto en el lado aguas abajo del catalizador 20 de tres vías. Las señales de salida del sensor 27 de la razón aire-combustible, el sensor 28 de la concentración de oxígeno y un detector 17 de aire de admisión se introducen en el puerto 35 de entrada mediante los convertidores AD 37 correspondientes, respectivamente. Un sensor 41 de carga, que genera una tensión de salida proporcional a una presión L aplicada a un pedal 40 acelerador, está conectado al pedal 40 acelerador, y la tensión de salida del sensor 41 de carga se introduce al puerto 35 de entrada mediante el convertidor AD 37 correspondiente. Un sensor 42 del ángulo de manivela, que genera un pulso de salida cuando gira el cigüeñal, por ejemplo  $30^\circ$ , está conectado al puerto 35 de entrada. Por otro lado, el puerto 36 de salida está conectado a la bujía 6 de encendido, las válvulas 11, 12 de inyección, el accionador 18a que acciona la válvula de mariposa y la válvula 25 de control de EGR mediante el circuito 38 de conducción correspondiente.

La FIG. 2 es un diagrama que ilustra esquemáticamente una parte de la superficie de un sustrato 50 del catalizador 20 de tres vías. Como se ilustra en la FIG. 2, una capa 51 de revestimiento superior y una capa 52 de revestimiento inferior se apilan sobre un soporte 50 de catalizador. La capa 51 de revestimiento superior está formada de rodio Rh y cerio Ce, y la capa 52 de revestimiento inferior está formada de platino Pt y cerio Ce. En este caso, la cantidad de cerio Ce incluida en la capa 51 de revestimiento superior es menor que la cantidad de cerio Ce incluida en la capa de 52 de revestimiento inferior. La capa 51 de revestimiento superior puede incluir zirconio Zr y la capa 52 de revestimiento inferior puede incluir paladio Pd.

El catalizador 20 de tres vías tiene como función de reducir simultáneamente los componentes dañinos HC, CO y  $\text{NO}_x$  incluidos en el gas de escape cuando se lleva a cabo la combustión en la cámara 5 de combustión a la razón aire-combustible teórica, esto es, cuando la razón aire-combustible del gas de escape descargado desde el motor es una razón aire-combustible teórica. Por consiguiente, cuando la combustión en la cámara 5 de combustión se lleva a cabo a la razón aire-combustible teórica, los componentes dañinos HC, CO y  $\text{NO}_x$  incluidos en el gas de escape son purificados por el catalizador 20 de tres vías.

No es posible mantener la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión a la razón aire-combustible teórica exacta. Por consiguiente, realmente, la cantidad de combustible inyectado desde las válvulas 11, 12 de inyección de combustible se controla en base a la señal de detección del sensor 27 de la razón aire-combustible en un modo de realimentación, tal que la razón aire-combustible del gas de escape descargado de la cámara 5 de combustión es casi igual a la razón aire-combustible teórica, esto es, de modo que la razón aire-combustible del gas de escape descargado de la cámara 5 de combustión varía con la razón aire-combustible teórica como la mediana. En este caso, cuando el centro de la variación de la razón aire-combustible del gas de escape se aleja de la razón aire-combustible teórica, el centro de la variación de la razón aire-combustible del gas de escape se ajusta de modo que vuelve a la razón aire-combustible teórica en base a la señal de salida del sensor 28 de la concentración de oxígeno. De esta manera, incluso cuando la razón aire-combustible del gas de escape descargado de la cámara 5 de combustión varía con respecto a la razón aire-combustible teórica, los componentes dañinos HC, CO y  $\text{NO}_x$  incluidos en el gas de escape son purificados en bastante cantidad por el catalizador 20 de tres vías debido a la capacidad de almacenamiento de oxígeno del catalizador 20 de tres vías basado en cerio Ce.

La FIG. 3A ilustra esquemáticamente una parte de la superficie de un sustrato 55 del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ . Como se ilustra en la FIG. 3A, se forma una capa 56 de revestimiento sobre el sustrato 55 del catalizador 22 de

adsorción de  $\text{NO}_x$ . La capa 56 de revestimiento está formada de, por ejemplo, un agregado de polvo, y la FIG. 3B ilustra una vista ampliada del polvo. Haciendo referencia a la FIG. 3B, los catalizadores 61, 62 de metal precioso están soportados sobre un soporte 60 de catalizador, que está formado de, por ejemplo, alúmina, el polvo y de una capa 63 básica que incluye al menos uno seleccionado de metal alcalino tal como potasio K, sodio Na y cesio Cs, metal alcalinotérreo tal como bario Ba y calcio Ca, metal de tierras raras tal como lantánidos y metal, que puede donar electrones al  $\text{NO}_x$ , tal como plata Ag, cobre Cu, hierro Fe e iridio Ir y que se forma sobre el soporte 60 de catalizador.

Por otro lado, en la FIG. 3B, el catalizador 61 de metal precioso está formado de platino Pt y el catalizador 62 de metal precioso está formado de rodio Rh. En este caso, cualquiera del catalizador 61, 62 de metal precioso puede estar formado de platino Pt. Puede soportarse paladio Pd además de platino Pt y rodio Rh sobre el soporte 60 de catalizador o puede soportarse paladio Pd en lugar de rodio Rh. Esto es, los catalizadores 61, 62 de metal precioso soportados sobre el soporte 60 de catalizador están formados de al menos uno de platino Pt, rodio Rh y paladio Pd.

Se describirá a continuación una operación de adsorción y descarga de  $\text{NO}_x$  del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  con referencia a las FIGS. 4A y 4B, que muestran una vista ampliada de la FIG. 3B.

Cuando se lleva a cabo la combustión a una razón aire-combustible pobre, esto es, cuando la razón aire-combustible del gas de escape está en un intervalo pobre, la concentración de oxígeno en el gas de escape es alta. Por consiguiente, el NO incluido en el gas de escape en este momento se oxida a  $\text{NO}_2$  mediante el platino Pt 61, como se ilustra en la FIG. 4A, se adsorbe en la capa 63 básica, se difunde en forma de  $\text{NO}_3^-$  en la capa 63 básica y se convierte en nitrato. De esta manera, el  $\text{NO}_x$  en el gas de escape se adsorbe en forma de nitrato en la capa 63 básica. El  $\text{NO}_2$  se produce sobre la superficie del platino Pt 61 siempre y cuando la concentración de oxígeno en el gas de escape sea alta, y el  $\text{NO}_x$  se adsorbe en la capa 63 básica y el nitrato se produce siempre y cuando la capacidad de absorción  $\text{NO}_x$  de la capa 63 básica no esté saturada.

Por otro lado, cuando la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia a un intervalo rico, baja la concentración de oxígeno en el gas de escape que fluye hacia el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ . Por consiguiente, ocurre la reacción inversa ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$ ), y el nitrato adsorbido en la capa 63 básica se convierte secuencialmente en iones nitrato  $\text{NO}_3^-$ , que se descarga en forma de  $\text{NO}_2$  desde la capa 63 básica como se ilustra en la FIG. 4B. Posteriormente, el  $\text{NO}_2$  descargado se reduce mediante el hidrocarburo HC y el CO incluidos en el gas de escape.

Cuando la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre, esto es, cuando la razón aire-combustible del gas de escape está en un intervalo pobre, el NO se adsorbe sobre la superficie del platino Pt 61 y, de esta manera, el NO en el gas de escape se mantiene mediante el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  a través de la operación de adsorción. El NO adsorbido sobre la superficie del platino Pt 61 puede separarse de la superficie del platino Pt 61, cuando la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión cambia a un intervalo rico. Por consiguiente, cuando el término adsorción se usa como un término que incluye tanto la absorción como la adsorción, la capa 63 básica sirve como un agente de adsorción de  $\text{NO}_x$  para adsorber temporalmente el  $\text{NO}_x$ . Por consiguiente, cuando hace referencia a la razón aire y combustible (hidrocarburo) suministrado al pasaje de admisión del motor, la cámara 5 de combustión, y el pasaje de escape en el lado aguas arriba del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  como razón aire-combustible del gas de escape, el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  adsorbe el  $\text{NO}_x$  cuando la razón aire-combustible del gas de escape que fluye en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  está en un intervalo pobre, y descarga el  $\text{NO}_x$  adsorbido cuando la razón aire-combustible del gas de escape que fluye en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  se cambia a un intervalo rico.

Cuando la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre, esto es, cuando la razón aire-combustible del gas de escape está en un intervalo pobre, el  $\text{NO}_x$  en el gas de escape se adsorbe en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ . Sin embargo, cuando la combustión se realiza continuamente a una razón aire-combustible pobre, la capacidad de adsorción de  $\text{NO}_x$  del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  se satura mientras tanto y, de esta manera, el  $\text{NO}_x$  no puede ser adsorbido por el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ . Por consiguiente, antes de que se sature la capacidad de adsorción de  $\text{NO}_x$  del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ , la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión cambia temporalmente a un intervalo rico, para descargar el  $\text{NO}_x$  del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ .

La FIG. 5 ilustra el control de la descarga de  $\text{NO}_x$  desde el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ , que se usa en la realización de la invención. Haciendo referencia a la FIG. 5, en la realización de la invención, cuando la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NO}_x$  por el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  es mayor que una primera cantidad permisible predeterminada de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX I, la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión se cambia temporalmente a un intervalo rico. Cuando la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión se cambia al intervalo rico, esto es, cuando la razón aire-combustible del gas de escape que fluye en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  se cambia al intervalo rico y cuando la combustión se lleva a cabo a la razón aire-combustible pobre, el  $\text{NO}_x$  adsorbido en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  se descarga de una vez desde el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  y se reduce. Por consiguiente, el  $\text{NO}_x$  se purifica.

Se calcula la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NO}_x$ , por ejemplo, a partir de la cantidad de  $\text{NO}_x$  descargado del motor. En la realización de la invención, la cantidad de  $\text{NO}_x$  descargado  $\text{NO}_x\text{A}$ , descargado por unidad de tiempo del motor, se almacena como una función de una carga requerida  $L$  y una velocidad de rotación del motor  $N$  en forma de un mapa ilustrado en la FIG. 6 en la ROM 32 de antemano, y la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NO}_x$  se calcula a partir de la cantidad de  $\text{NO}_x$  descargado  $\text{NO}_x\text{A}$ . En este caso, la periodicidad a la que se cambia la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión a un intervalo rico normalmente es de un minuto o mayor.

La FIG. 7 ilustra la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando el  $\text{NO}_x$  se purifica mediante la operación de adsorción y descarga de  $\text{NO}_x$  del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  ilustrada en la FIG. 5. El eje horizontal en la FIG. 7 representa la temperatura de catalizador del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ . En este caso, como puede verse a partir de la FIG. 7, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  es muy alta cuando la temperatura del catalizador TC varía de  $300^\circ\text{C}$  a  $400^\circ\text{C}$ , pero la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  se reduce cuando la temperatura del catalizador TC es igual a o mayor que  $400^\circ\text{C}$ . La razón por la que la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  se reduce cuando la temperatura del catalizador TC es igual a mayor que  $400^\circ\text{C}$  es que es difícil adsorber el  $\text{NO}_x$  y se piroliza y se descarga el nitrato en forma de  $\text{NO}_2$  desde el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ , cuando la temperatura del catalizador TC es igual a o mayor que  $400^\circ\text{C}$ . Esto es, siempre y cuando el  $\text{NO}_x$  se adsorba en forma de nitrato, es difícil obtener una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando la temperatura del catalizador TC es alta.

Cuando la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre, la cantidad de combustible consumido se hace menor que cuando la combustión se lleva a cabo a la razón de aire-combustible teórica. Por consiguiente, para reducir la cantidad de combustible consumido, es preferible que la combustión se lleve a cabo a una razón aire-combustible que sea tan baja como sea posible. Sin embargo, como puede verse a partir de la FIG. 7, cuando aumenta la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ , se reduce la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Al contrario, cuando la combustión se lleva a cabo a la razón aire-combustible teórica, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  no disminuye a pesar de un aumento en la temperatura TC del catalizador 20 de tres vías. Por consiguiente, en la técnica relacionada, la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre en una operación del motor a baja carga en la que la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  es baja, y la combustión se lleva a cabo a la razón aire-combustible teórica en una operación del motor a alta carga en la que la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  es alta.

En estas circunstancias, observando y estudiando la operación de adsorción de  $\text{NO}$ , los inventores encontraron un nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  capaz de conseguir una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  incluso cuando la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  es alta y la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre. Esto es, se sabe que el  $\text{NO}$  se adsorbe en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ . Sin embargo, el comportamiento del  $\text{NO}$  adsorbido apenas se ha estudiado nunca. Por lo tanto, los inventores estudiaron el comportamiento del  $\text{NO}$  adsorbido y encontraron que podía asegurarse una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  incluso cuando la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  es alta y la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre. Puesto que este nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  emplea la operación de adsorción de  $\text{NO}$ , se hace referencia al nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  como un método de purificación de  $\text{NO}_x$  que usa  $\text{NO}$  adsorbido. Por lo tanto, el método de purificación de  $\text{NO}_x$  que usa el  $\text{NO}$  adsorbido se describirá a continuación con referencia a las FIGS. 8A a 13.

Las FIGS. 8A y 8B son vistas ampliadas de la FIG. 3B, esto es, las vistas ilustran una parte de la superficie del soporte 60 de catalizador del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ . La FIG. 8A ilustra un caso en el que la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre y la FIG. 8B ilustra un caso en el que la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia a un intervalo rico. Cuando la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre, esto es, cuando la razón aire-combustible del gas de escape está en un intervalo pobre, el  $\text{NO}_x$  incluido en el gas de escape es adsorbido en la capa 63 básica como se ha descrito anteriormente, pero una parte del  $\text{NO}$  incluido en el gas de escape se disocia y adsorbe sobre la superficie del platino Pt 61 como se ilustra en la FIG. 8A. La cantidad de  $\text{NO}$  adsorbido sobre la superficie del platino Pt 61 aumenta con el transcurso del tiempo y, de esta manera, la cantidad de  $\text{NO}$  adsorbido sobre el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  aumenta con el transcurso del tiempo.

Por otro lado, cuando la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia a un intervalo rico, una gran cantidad de monóxido de carbono  $\text{CO}$  se descarga desde la cámara 5 de combustión y, de este manera, una gran cantidad de monóxido de carbono  $\text{CO}$  se incluye en el gas de escape que fluye hacia el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ . El monóxido de carbono  $\text{CO}$  reacciona con el  $\text{NO}$  disociado y adsorbido sobre la superficie del platino Pt 61 como se ilustra en la FIG. 8B, el  $\text{NO}$  se convierte en  $\text{N}_2$  por un lado, y se convierte en un intermedio reductor  $\text{NCO}$  por otro lado. El intermedio reductor  $\text{NCO}$  se mantiene y adsorbe continuamente sobre la superficie de la capa 63 básica durante un tiempo predeterminado después de haberlo producido. Por consiguiente, la cantidad de intermedio reductor  $\text{NCO}$  en la capa 63 básica aumenta gradualmente con el transcurso del tiempo. El intermedio reductor  $\text{NCO}$  reacciona con el  $\text{NO}_x$  incluido en el gas de escape y, por tanto, el  $\text{NO}_x$  incluido en el gas de escape se purifica.

De este modo, cuando la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre, esto es, cuando la razón aire-combustible del gas de escape está en un intervalo pobre, el  $\text{NO}_x$  incluido en el gas de escape se adsorbe en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  por un lado, como se ilustra en la FIG. 4A, y el  $\text{NO}$  incluido en el gas de escape

se adsorbe sobre el catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> por otro lado, como se ilustra en la FIG. 8A. Esto es, en este momento, el NO<sub>x</sub> incluido en el gas de escape se adsorbe en el catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>. Por el contrario, cuando la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia a un intervalo rico, el NO<sub>x</sub> adsorbido o adsorbido sobre el catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>, esto es, el NO<sub>x</sub> adsorbido en el catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>, se descarga del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>.

La FIG. 9A ilustra la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> y la capacidad de adsorción de NO cuando se purifica NO<sub>x</sub> usando la operación de adsorción y descarga de NO<sub>x</sub> del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> como se ilustra en la FIG. 5. En la FIG. 9A, el eje vertical representa la capacidad de adsorción de NO<sub>x</sub>, que es la suma de la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> y la capacidad de adsorción de NO, y el eje horizontal representa la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>. Como puede verse a partir de la FIG. 9A, cuando la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> es menor que 400 °C, la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> y la capacidad de adsorción de NO son constantes, independientemente de la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>. Por consiguiente, la capacidad de adsorción de NO<sub>x</sub> que es la suma de la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> y la capacidad de adsorción de NO, también es constante independientemente de la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>.

Por un lado, cuando aumenta la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>, la reacción de oxidación-reducción de NO<sub>x</sub> (NO → NO<sub>2</sub>) sobre la superficie del platino Pt 61 ocurre más rápido. Sin embargo, cuando aumenta la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>, la reacción (NO<sub>2</sub>+Ba(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>) en la que el NO<sub>2</sub> se convierte en iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ocurre más lentamente, y por tanto no es probable que el NO<sub>x</sub> se adsorba en el catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>. Cuando aumenta la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>, el nitrato se piloriza y descarga en forma de NO<sub>2</sub> desde el catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>. Por consiguiente, como se ilustra en la FIG. 9A, cuando aumenta la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> para ser igual a o mayor que 400 °C, la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> disminuye rápidamente. Por el contrario, la cantidad de NO adsorbido sobre la superficie del platino Pt 61 apenas se ve afectada por la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>. Por consiguiente, como se ilustra en la FIG. 9A, la capacidad de adsorción de NO apenas varía, ni siquiera cuando aumenta la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>.

La relación entre la concentración de oxígeno en el gas de escape, la capacidad de adsorción de NO, y la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> cuando se lleva a cabo la combustión a una razón aire-combustible pobre se describirá a continuación con referencia a las FIGS. 10A, 10B. En primer lugar, considerando la adsorción sobre la superficie del platino Pt 61, el NO y O<sub>2</sub> se adsorben competitivamente sobre la superficie del platino Pt 61. Esto es, cuanto más grande resulte ser la cantidad de NO incluida en el gas de escape que la cantidad de O<sub>2</sub>, la cantidad de NO adsorbida sobre la superficie del platino Pt 61 será más grande que la cantidad de O<sub>2</sub>. Por el contrario, cuanto más grande resulte ser la cantidad de O<sub>2</sub> incluida en el gas de escape que la cantidad de NO, la cantidad de NO adsorbido sobre la superficie del platino Pt 61 será menor que la cantidad de O<sub>2</sub>. Por consiguiente, la capacidad de adsorción del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> se hace más pequeña cuando la concentración de oxígeno en el gas de escape se hace más grande, como se ilustra en la FIG. 10A.

Por otro lado, a medida que la concentración de oxígeno en el gas de escape se hace más alta, se promueve la operación de oxidación del NO en el gas de escape y se promueve la absorción de NO<sub>x</sub> en el catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>. Por consiguiente, como se ilustra en la FIG. 10B, la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> se hace más alta a medida que se hace más alta la concentración de oxígeno en el gas de escape. En las FIGS. 10A, 10B, el área X representa un caso en el que se lleva a cabo la combustión a una razón aire-combustible pobre cuando el NO<sub>x</sub> se purifica usando la operación de adsorción y descarga de NO<sub>x</sub> del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> como se ilustra en la FIG. 5. En ese momento, puede verse que la capacidad de adsorción de NO es baja y la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> es alta. La FIG. 9A ilustra la capacidad de adsorción de NO y la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> en ese momento.

Como se ha descrito anteriormente con referencia a la FIG. 9A, cuando la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> aumenta para ser igual a o mayor que 400 °C, la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> disminuye rápidamente. Por otro lado, la capacidad de adsorción de NO apenas varía ni siquiera cuando aumenta la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>. Por consiguiente, cuando la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> aumenta para ser igual a o mayor que 400 °C, puede considerarse que el NO<sub>x</sub> puede purificarse usando el método de purificación de NO<sub>x</sub> usando la operación de adsorción de NO, en lugar del método de purificación de NO<sub>x</sub> usando la operación de adsorción de NO<sub>x</sub>. Sin embargo, como puede verse a partir de la FIG. 9A, cuando la capacidad de adsorción de NO es baja y se pretende purificar NO<sub>x</sub> usando la operación de adsorción de NO sin causar un aumento en la cantidad del combustible consumido, es necesario aumentar la capacidad de adsorción de NO.

En este caso, cuando se pretende aumentar la capacidad de adsorción de NO, puede reducirse la concentración de oxígeno en el gas de escape, como puede verse en la FIG. 10A. En este momento, la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> disminuye como se ilustra en la FIG. 10B. En la FIG. 9B se ilustra la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> y la capacidad de adsorción de NO cuando la concentración de oxígeno se reduce al área Y en el gas de escape en las FIGS. 10A, 10B. Reduciendo la concentración de oxígeno en el gas de escape de esta manera, es posible aumentar

la capacidad de adsorción de NO. La reducción de la concentración de oxígeno en el gas de escape significa la reducción en la razón aire-combustible (denominada razón aire-combustible base) cuando la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible pobre y, por tanto, es posible aumentar la capacidad de adsorción de NO reduciendo la razón aire-combustible base.

5 Por lo tanto, en la invención, la razón aire-combustible base se reduce cuando el NO<sub>x</sub> se purifica usando la operación de adsorción de NO, esto es, en el método de purificación de NO<sub>x</sub> que usa el NO adsorbido. Esto se describirá a continuación con referencia a las FIGS. 11A a 11C. La FIG. 11A ilustra una variación en la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión cuando el NO<sub>x</sub> se purifica usando la operación de adsorción y descarga de NO<sub>x</sub> del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub>, análogamente al caso ilustrado en la FIG. 5. En la FIG. 11A (A/F)<sub>b</sub> representa la razón aire-combustible base,  $\Delta(A/F)_r$  representa el grado de riqueza de la razón aire-combustible y  $\Delta T$  representa la periodicidad de la condición de rica de la razón aire-combustible. Por otro lado, la FIG. 11B ilustra una variación en la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión cuando el NO<sub>x</sub> se purifica usando la operación de adsorción de NO. La FIG. 11B (A/F)<sub>b</sub> representa la razón aire-combustible base,  $\Delta(A/F)_r$  representa el grado de riqueza de la razón aire-combustible y  $\Delta T$  representa la periodicidad de la condición de rica de la razón aire-combustible.

Como puede verse a partir de los resultados de comparación de las FIGS. 11A, 11B, cuando se purifica el NO<sub>x</sub> usando la operación de adsorción de NO como se ilustra en la FIG. 11B, la combustión en la cámara 5 de combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> menor que la razón aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> cuando el NO<sub>x</sub> se purifica usando la operación de adsorción y descarga de NO<sub>x</sub> del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> como se ilustra en la FIG. 11A, y la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia a un intervalo rico con una periodicidad más corta que la periodicidad rica  $\Delta T$  de una razón aire-combustible para descargar el NO<sub>x</sub> cuando el NO<sub>x</sub> se purifica usando la operación de adsorción y descarga de NO<sub>x</sub> del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> como se ilustra en la FIG. 11A. Por otro lado, la FIG. 11C ilustra una variación en la razón aire-combustión en la cámara 5 de combustión cuando la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión está controlada a la razón aire-combustible teórica en un modo de realimentación.

La FIG. 12 ilustra una variación en la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión y una variación en la razón aire-combustible (A/F) en el gas de escape que fluye hacia el catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> cuando el NO<sub>x</sub> se purifica usando la operación de adsorción de NO como se ilustra en la FIG. 11B. En este caso, cuando la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión se cambia a un intervalo rico, se descarga el oxígeno almacenado en el catalizador 20 de tres vías y la razón aire-combustible se mantiene a la razón aire-combustible teórica durante el tiempo t1, y HC, CO y NO<sub>x</sub> se reducen en consecuencia. Mientras tanto, como se ilustra en la FIG. 12, la razón aire-combustible (A/F) en el gas de escape que fluye hacia el catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> se mantiene a la razón aire-combustible teórica. Posteriormente, cuando se consume el oxígeno almacenado en el catalizador 20 de tres vías, la razón aire-combustible (A/F) en el gas de escape que fluye hacia el catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> está en un intervalo rico durante el tiempo t2. En ese momento, como se ilustra en la FIG. 8B, el NO disociado y adsorbido sobre la superficie del platino Pt 61 se convierte en N<sub>2</sub> por un lado, y se convierte en un intermedio reductor NCO por otro lado. El intermedio reductor NCO se mantiene y adsorbe continuamente sobre la superficie de la capa 63 básica durante un tiempo predeterminado después de producirlo.

Posteriormente, cuando la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión se vuelve a un intervalo pobre, el oxígeno se almacena en el catalizador 20 de tres vías. En ese momento, sobre la superficie del catalizador del catalizador 20 de tres vías, la razón aire-combustible se mantiene en la razón aire-combustible teórica durante el tiempo t3 y HC, CO y NO<sub>x</sub> se reducen en consecuencia conjuntamente. Posteriormente, el NO<sub>x</sub> incluido en el gas de escape reacciona con el intermedio reductor NCO mantenido o adsorbido sobre la superficie de la capa 63 básica y se reduce mediante el intermedio reductor NCO durante el tiempo t4. Posteriormente, el NO incluido en el gas de escape se disocia y adsorbe sobre la superficie del platino Pt 61 durante el tiempo t5,g como se ilustra en FIG. 8A.

De esta manera, cuando el NO<sub>x</sub> se purifica usando la operación de adsorción de NO como se ilustra en la FIG. 11B, se llevan a cabo dos operaciones de purificación de la operación de purificación de NO<sub>x</sub> usando la operación de adsorción de NO y la operación de purificación de NO<sub>x</sub> usando la función de almacenamiento de oxígeno del catalizador 20 de tres vías. En la FIG. 13 se ilustra la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> en ese momento. Como se ilustra en la FIG. 13, en este caso, puede verse que la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> no se reduce ni siquiera cuando la temperatura TC del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> aumenta para ser igual a o mayor que 400 °C.

Se describirá a continuación brevemente el control de la operación del motor. En la invención, como se ilustra en la FIG. 14, se establecen un área de operación del motor a baja carga I en un lado de operación del motor a baja carga y un área III de operación del motor a alta carga en un lado de operación del motor a alta carga, y se establece de antemano un área II de operación del motor a media carga, entre el área I de operación del motor a baja carga y el área III de operación del motor a alta carga. En la FIG. 14, el eje vertical L representa una carga requerida, y el eje horizontal N representa una velocidad de rotación de motor. En este caso, en el área I de operación del motor a baja carga, la operación de purificación de NO<sub>x</sub> de la purificación de NO<sub>x</sub> usando la operación de adsorción y descarga de NO<sub>x</sub> del catalizador 22 de adsorción de NO<sub>x</sub> se realiza como se ilustra en la FIG. 11A. En el área II de operación del motor a media carga, la operación de purificación de NO<sub>x</sub> de purificación de NO<sub>x</sub> usando la operación de adsorción de NO se realiza como se ilustra en la FIG. 11B. En el área III de operación del motor a alta carga, la razón aire-

combustible en la cámara 5 de combustión está controlada a la razón aire-combustible teórica de un modo de realimentación, como se ilustra en la FIG. 11C.

Esto es, en la invención, en el aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna en el que el catalizador 20 de tres vías y el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  que adsorbe  $\text{NO}_x$  en el gas de escape, cuando la razón aire-combustible del gas de escape introducido está en un intervalo pobre, y la descarga del  $\text{NO}_x$  adsorbido cuando la razón aire-combustible del gas de escape introducido se cambia a un intervalo rico, se disponen en el pasaje de escape del motor, el área de operación del motor incluye el área I de operación del motor a una carga baja predeterminada en el lado de operación de baja carga, el área III de operación del motor a una carga alta predeterminada en el lado de operación del motor a alta carga y el área II de operación del motor a una carga media predeterminada en el lado de operación del motor a media carga, que se establece entre el área I de operación del motor a baja carga y el área III de operación del motor a alta carga. En el área I de operación del motor a una carga baja predeterminada, la combustión en la cámara 5 de combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible base pobre y la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia al intervalo rico en el momento de descargar el  $\text{NO}_x$  desde el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ . En el área III de operación del motor a una carga alta predeterminada, la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se controla a la razón aire-combustible teórica de un modo de realimentación. En el área II de operación del motor a una carga media predeterminada, la combustión en la cámara 5 de combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible base inferior a la razón aire-combustible base en el área I de operación del motor a baja carga y la razón aire-combustible en cámara 5 de combustión se cambia al intervalo rico con una periodicidad más corta que una periodicidad rica de la razón aire-combustible para descargar  $\text{NO}_x$  en el área I de operación del motor a baja carga.

Como puede verse a partir de las FIGS. 11A a 11C, la razón aire-combustible en el área II de operación del motor a media carga es un valor intermedio entre la razón aire-combustible base en el área I de operación del motor a baja carga y la razón aire-combustible teórica, y el grado de riqueza de la razón aire-combustible cuando la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia al intervalo rico en el área II de operación del motor a media carga es menor que el grado de riqueza de la razón aire-combustible cuando la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia al intervalo rico en el área I de operación del motor a baja carga.

El método de purificación de  $\text{NO}_x$  se describirá a continuación con referencia a la FIG. 15, que ilustra un caso en el que el estado de operación se cambia de la operación de baja carga a la operación a alta carga. La FIG. 15 ilustra una variación en la cantidad de combustible inyectado en la cámara 5 de combustión, una variación en la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión, y una variación en la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NO}_x$ . En la FIG. 15, MAX I representa una primera cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido y MAX II representa una segunda cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido. Como puede verse a partir de la FIG. 15, la segunda cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX II se ajusta a un valor menor que la primera cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX I.

En la FIG. 15, en el área I de operación del motor a baja carga, cuando la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NO}_x$  es mayor que la primera cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX I, la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia temporalmente al intervalo rico. Por otro lado, cuando el método de purificación de  $\text{NO}_x$  se cambia al método de purificación de  $\text{NO}_x$  usando la operación de adsorción de NO ilustrada en la FIG. 11B en el estado en el que el  $\text{NO}_x$  se adsorbe en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ , una parte del  $\text{NO}_x$  adsorbido en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  no se reduce, sino que se descarga justo después de cambiar al método de purificación de  $\text{NO}_x$  usando la operación de adsorción de NO. Por consiguiente, en la realización de la invención, como se ilustra en la FIG. 15, cuando el estado de operación del motor realiza la transición del área I de operación del motor a baja carga al área II de operación del motor a media carga, la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión cambia temporalmente al intervalo rico.

En el área II de operación del motor a media carga, como se ilustra en la FIG. 15, cuando la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NO}_x$  es mayor que la segunda cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX II, la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión cambia temporalmente al intervalo rico. En el área II de operación del motor a media carga, puesto que la temperatura del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  es alta, el  $\text{NO}_x$  apenas se adsorbe en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  y la mayor parte del  $\text{NO}_x$  es NO adsorbido. En otras palabras, se calcula la cantidad de NO adsorbido en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ , y la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión se cambia al intervalo rico cuando la cantidad de NO adsorbido  $\Sigma\text{NO}_x$  es mayor que una cantidad permisible predeterminada de NO adsorbido MAX II en el momento de hacer operar el motor en el área II de operación del motor a media carga.

De esta manera, en la realización de la invención, se calcula la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NO}_x$  adsorbido en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ , la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión se cambia al intervalo rico cuando la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NO}_x$  es mayor que la primera cantidad permisible predeterminada de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX I en el momento de hacer operar el motor en el área I de operación del motor a baja carga, la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión se cambia al intervalo rico cuando la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NO}_x$  es mayor que la segunda cantidad permisible predeterminada de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX II en el momento de hacer operar el motor en el área II de operación del motor a media carga, y la segunda cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX II se ajusta a un valor menor que la primera cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX I.

Por otro lado, cuando el método de purificación de  $\text{NO}_x$  se cambia al método de purificación de  $\text{NO}_x$  usando el control de realimentación a la razón aire-combustible teórica ilustrada en la FIG. 11C en el estado en el que el  $\text{NO}_x$  se adsorbe en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ , una parte del  $\text{NO}_x$  adsorbido en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  no se reduce sino que se descarga justo después de cambiar al método de purificación de  $\text{NO}_x$  usando el control de realimentación a la razón aire-combustible teórica. Por consiguiente, en la realización de la invención, como se ilustra en la FIG. 15, cuando el estado de operación del motor realiza la transición desde el área II de operación del motor a media carga al área III de operación del motor a alta carga, la razón aire-combustible (A/F) en la cámara 5 de combustión se cambia temporalmente al intervalo rico.

En el área III de operación del motor a alta carga, las cantidades de combustible inyectado desde las válvulas 11, 12 de inyección de combustible se controlan por realimentación en base a la señal de salida del sensor 27 de la razón aire-combustible, de modo que la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión alcanza la razón aire-combustible teórica. En este momento, los componentes dañinos HC, CO y  $\text{NO}_x$  se purifican conjuntamente mediante el catalizador 20 de tres vías.

Cuando la razón aire-combustible se cambia al intervalo rico como se ilustra en la FIG. 15, puede producirse amoniaco en ese momento. Sin embargo, en la realización de la invención, el amoniaco se adsorbe sobre el catalizador 23 de reducción selectiva de  $\text{NO}_x$ . El amoniaco adsorbido sobre el catalizador 23 de reducción selectiva de  $\text{NO}_x$  reacciona con el  $\text{NO}_x$  incluido en el gas de escape y se usa para reducir el  $\text{NO}_x$ .

La FIG. 16 ilustra un flujo de control de la operación. Este flujo se realiza por interrupción para cada tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la FIG. 16, en primer lugar, en la etapa S80, se determina si el estado de operación del motor está en un área III de operación del motor a alta carga ilustrado en la FIG. 14. Cuando se determina que el estado de operación del motor no está en el área III de operación del motor a alta carga, el flujo de control se mueve a la etapa 81 y se calcula la cantidad de  $\text{NO}_x$  descargado NOXA por tiempo unitario a partir del mapa ilustrado en la FIG. 6. Posteriormente, en la etapa 82, se calcula la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NOX}$  añadiendo la cantidad de  $\text{NO}_x$  descargado NOXA a  $\Sigma\text{NOX}$ . Posteriormente, en la etapa 83, se determina si el estado de operación del motor está en el área I de operación del motor a baja carga ilustrada en la FIG. 14. Cuando se determina que el estado de operación del motor está en el área I de operación del motor a baja carga ilustrado en la FIG. 14, el flujo de control se mueve a la etapa 84.

En la etapa 84, se determina si la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbida  $\Sigma\text{NOX}$  es mayor que la primera cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX I. Cuando se determina que la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbida  $\Sigma\text{NOX}$  no es mayor que la primera cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX I, el flujo de control se mueve a la etapa 85 y la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia a una razón aire-combustible rica determinada de antemano, dependiendo del estado de operación del motor. En este momento, la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible base pobre. Por el contrario, cuando se determina en la etapa 84 que la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbida  $\Sigma\text{NOX}$  es mayor que la primera cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX I, el flujo de control se mueve a la etapa 86 y la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia temporalmente al intervalo rico y se anula  $\Sigma\text{NOX}$ . En este momento, el  $\text{NO}_x$  adsorbido en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  se descarga del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ .

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 83 que el estado de operación del motor no está en el área I de operación del motor a baja carga ilustrada en la FIG. 14, esto es, cuando se determina que el estado de operación del motor está en el área II de operación del motor a media carga ilustrado en la FIG. 14, el flujo de control se mueve a la etapa 87 y se determina si el actual estado de operación del motor realiza la transición realmente del área I de operación del motor a baja carga al área II de operación del motor a media carga. Cuando se determina que el actual estado de operación del motor realmente realiza la transición del área I de operación del motor a baja carga al área II de operación del motor a media carga, el flujo de control se mueve a la etapa 88 y la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia temporalmente al intervalo rico. Por otro lado, cuando se determina que el estado de operación del motor ya ha realiza la transición del área I de operación del motor a baja carga al área II de operación del motor a media carga, el flujo de control se mueve a la etapa 89.

En la etapa 89, se determina si la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NOX}$  es mayor que la segunda cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX II. Cuando se determina que la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NOX}$  no es mayor que la segunda cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX II, el flujo de control se mueve a la etapa 90 y la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia a una razón aire-combustible pobre determinada de antemano, dependiendo del estado de operación del motor. En este momento, la combustión se lleva a cabo a una razón aire-combustible de base pobre. La razón aire-combustible base en este momento es menor que la razón aire-combustible base en el área I de operación del motor a baja carga. Por otro lado, cuando se determina en la etapa 89 que la cantidad de  $\text{NO}_x$  adsorbido  $\Sigma\text{NOX}$  es mayor que la segunda cantidad permisible de  $\text{NO}_x$  adsorbido MAX II, el flujo de control se mueve a la etapa 91, la razón aire-combustible en la cámara 5 de combustión se cambia temporalmente al intervalo rico, y se anula  $\Sigma\text{NOX}$ . En este momento, el  $\text{NO}_x$  adsorbido en el catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$  se descarga del catalizador 22 de adsorción de  $\text{NO}_x$ .

5 Por otro lado, cuando se determina en la etapa 80 que el estado de operación del motor no está en el área III de  
operación del motor a alta carga ilustrado en la FIG. 14, el flujo de control se mueve a la etapa 92 y se determina si  
el actual estado de operación del motor realmente realiza la transición desde en el área II de operación del motor a  
media carga al área III de operación del motor a alta carga. Cuando se determina que el actual estado de operación  
del motor claramente realiza la transición del área II de operación del motor a media carga al área III de operación  
del motor alta carga, el flujo de control se mueve a la etapa 93 y la razón aire-combustible en la cámara 5 de  
combustión se cambia temporalmente al intervalo rico. Por otro lado, cuando se determina que el estado de  
operación del motor ya ha realizado la transición del área II de operación del motor a media carga al área III de  
operación del motor a alta carga, el flujo de control se mueve a la etapa 94. En la etapa 94, la razón aire-combustible  
10 en la cámara 5 de combustión se controla a la razón aire-combustible teórica de un modo de realimentación.

**Lista de símbolos de referencia**

- 5: motor de combustión
- 6: bujía de encendido
- 11, 12: válvula de inyección de combustible
- 15 14: tanque de compensación
- 19: colector de escape
- 20: catalizador de tres vías
- 22: catalizador de adsorción de NO<sub>x</sub>

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato de control del gas de escape para un motor de combustión interna, incluyendo el motor de combustión interna un pasaje (19, 21) de escape, incluyendo el pasaje (19, 21) de escape un catalizador (20) de tres vías y un catalizador (22) de adsorción de NO<sub>x</sub>, estando configurado el catalizador (22) de adsorción de NO<sub>x</sub> para adsorber el NO<sub>x</sub> en el gas de escape cuando una razón aire-combustible del gas de escape introducido en el catalizador (22) de adsorción de NO<sub>x</sub> está en un intervalo pobre, y estando configurado el catalizador (22) de adsorción de NO<sub>x</sub> para descargar el NO<sub>x</sub> adsorbido cuando la razón aire-combustible del gas de escape introducido en el catalizador (22) de adsorción de NO<sub>x</sub> se cambia a un intervalo rico, comprendiendo el aparato de control del gas de escape:
- una unidad (30) de control electrónico configurada para controlar una combustión en una cámara (5) de combustión del motor de combustión interna a una primera razón aire-combustible base cuando el motor de combustión interna funciona en un área de operación del motor a una carga baja predeterminada, siendo la primera razón aire-combustible base una razón aire-combustible pobre;
- estando configurada también la unidad (30) de control electrónico para cambiar la combustión en la cámara (5) de combustión a la razón aire-combustible del intervalo rico con una primera periodicidad cuando el motor de combustión interna funciona en el área de operación del motor a una carga baja predeterminada y el catalizador (22) de adsorción de NO<sub>x</sub> descarga el NO<sub>x</sub> adsorbido;
- estando configurada también la unidad (30) de control electrónico para controlar la combustión en la cámara (5) de combustión a una razón aire-combustible teórica en un modo de realimentación cuando el motor de combustión interna funciona en un área de operación del motor a una carga alta predeterminada; y caracterizado por que
- la unidad (30) de control electrónico está configurada para controlar la combustión en la cámara (5) de combustión a una segunda razón aire-combustible base cuando el motor de combustión interna funciona en un área de operación del motor a una carga media predeterminada, siendo la segunda razón aire-combustible base menor que la primera razón aire-combustible base, estando ajustada el área de operación del motor a una carga media predeterminada entre el área de operación del motor a una carga baja predeterminada y el área de operación del motor a una carga alta predeterminada; y
- la unidad (30) de control electrónico está configurada para cambiar la combustión en la cámara (5) de combustión a la razón aire-combustible del intervalo rico con una segunda periodicidad cuando el motor de combustión interna funciona en el área de operación del motor a una carga media predeterminada y el catalizador (22) de adsorción de NO<sub>x</sub> descarga el NO<sub>x</sub> adsorbido, siendo la segunda periodicidad más corta que la primera periodicidad.
2. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 1, en donde
- la unidad (30) de control electrónico está configurada para calcular una cantidad de NO<sub>x</sub> adsorbido sobre el catalizador (22) de adsorción de NO<sub>x</sub>, y
- la unidad (30) de control electrónico está configurada para cambiar la combustión en la cámara (5) de combustión a la razón aire-combustible del intervalo rico cuando el motor de combustión interna funciona en el área de operación del motor a media carga y la cantidad de NO<sub>x</sub> adsorbido es mayor que una cantidad permisible predeterminada de NO<sub>x</sub> adsorbido.
3. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 1, en donde
- la unidad (30) de control electrónico está configurada para calcular una cantidad de NO<sub>x</sub> adsorbido sobre el catalizador (22) de adsorción de NO<sub>x</sub>, y
- la unidad (30) de control electrónico está configurada para cambiar la combustión en la cámara (5) de combustión a la razón aire-combustible del intervalo rico cuando el motor funciona en el área de operación del motor a baja carga y la cantidad de NO<sub>x</sub> adsorbido es mayor que una primera cantidad permisible de NO<sub>x</sub> adsorbido,
- la unidad de control electrónico está configurada para cambiar la combustión en la cámara de combustión a la razón aire-combustible del intervalo rico cuando el motor funciona en el área de operación del motor a media carga y la cantidad de NO<sub>x</sub> adsorbido es mayor que una segunda cantidad permisible predeterminada del NO<sub>x</sub> adsorbido, y
- la segunda cantidad permisible predeterminada de NO<sub>x</sub> adsorbido es menor que la primera cantidad permisible predeterminada de NO<sub>x</sub> adsorbido.
4. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 1, en donde la segunda razón aire-combustible base es un valor intermedio entre la primera razón aire-combustible base y la razón aire-combustible teórica.

5. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 1, en donde un grado de riqueza de la razón aire-combustible, cuando la razón aire-combustible en la cámara (5) de combustión en el área de operación del motor a media carga está en el intervalo rico, es menor que el grado de riqueza de la razón aire-combustible cuando la razón aire-combustible en la cámara de combustión en el área de operación del motor a baja carga está en el intervalo rico.
6. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 1, en donde la unidad (30) de control electrónico está configurada para cambiar temporalmente la razón aire-combustible en la cámara (5) de combustión al intervalo rico cuando un estado de operación del motor de combustión interna realiza la transición desde el área de operación del motor a baja carga al área de operación del motor a media carga.
7. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 1, en donde la unidad (30) de control electrónico está configurada para cambiar temporalmente la razón aire-combustible en la cámara (5) de combustión al intervalo rico cuando un estado de operación del motor de combustión interna realiza la transición del área de operación del motor a media carga al área de operación del motor a alta carga.
8. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 1, en donde
- un catalizador de metal precioso está soportado sobre un soporte del catalizador (22) de adsorción de  $\text{NO}_x$ , y una capa básica que incluye al menos uno seleccionado de metal alcalino, metal alcalinotérreo, metal de tierras raras, y se forma el metal que dona electrones al  $\text{NO}_x$  sobre el soporte de catalizador.
9. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 8, en donde el metal alcalino es al menos uno seleccionado de potasio K, sodio Na y cesio Cs.
10. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 8, en donde el metal alcalinotérreo es al menos uno seleccionado de bario Ba y calcio Ca.
11. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 8, en donde el metal de tierras raras es un lantánido.
12. El aparato de control del gas de escape según la reivindicación 8, en donde el metal que dona electrones al  $\text{NO}_x$  es al menos uno seleccionado de plata Ag, cobre Cu, hierro Fe e iridio Ir.

FIG. 1

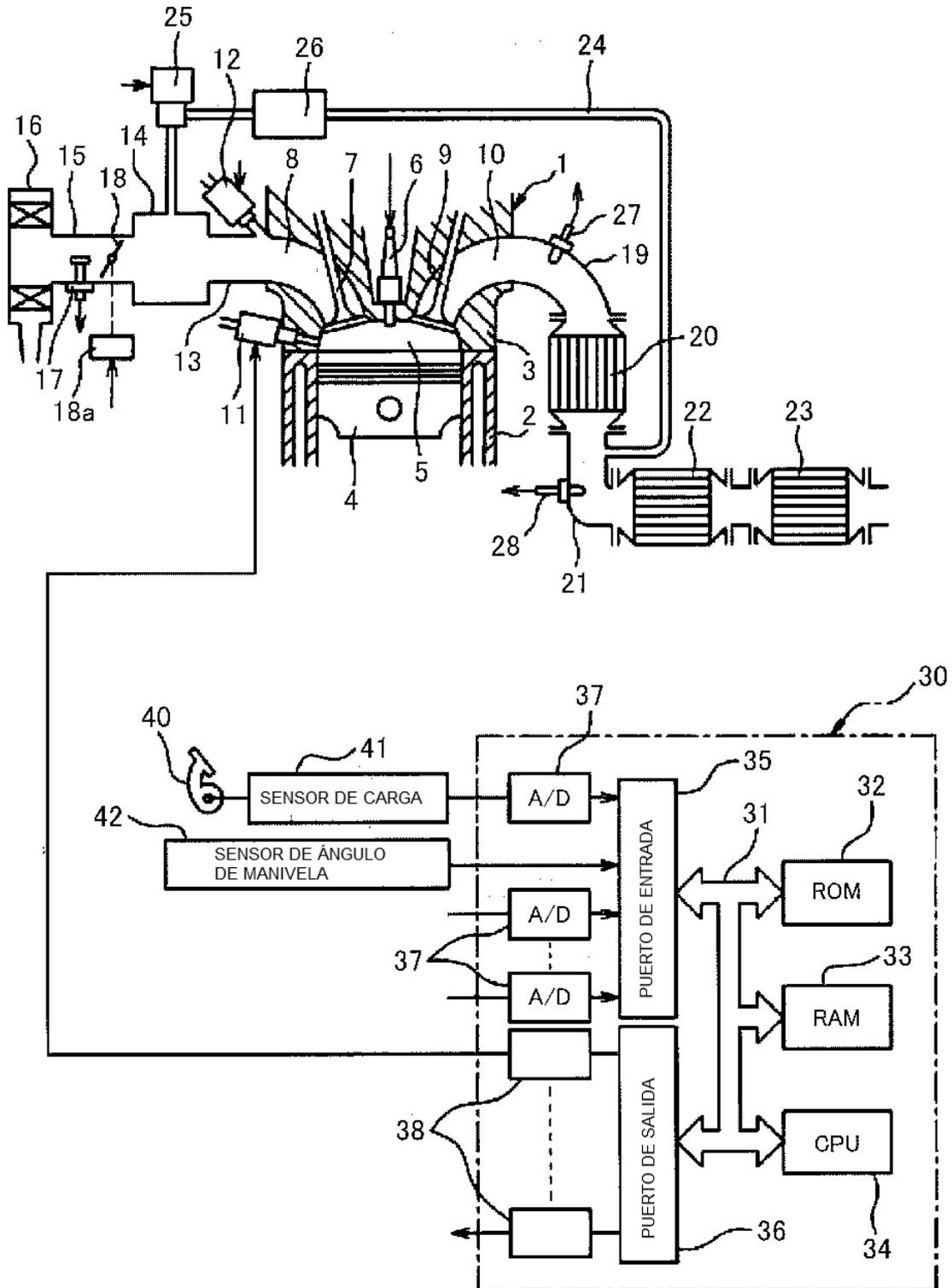


FIG. 2

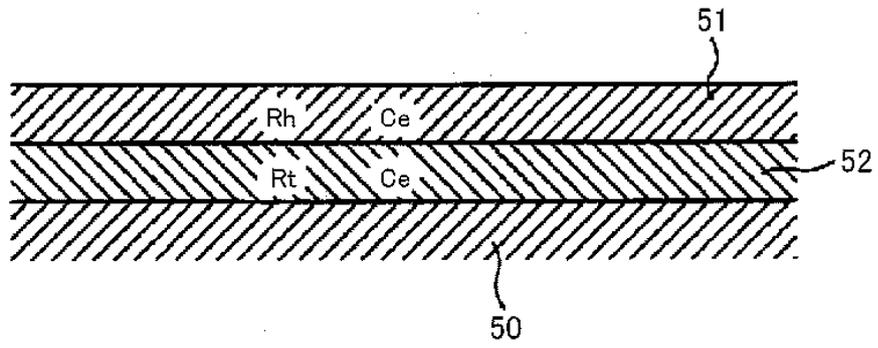


FIG. 3A

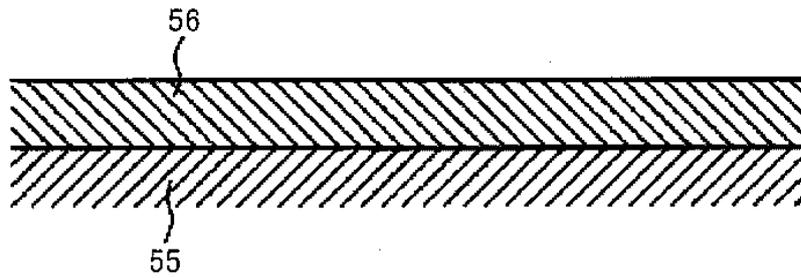


FIG. 3B

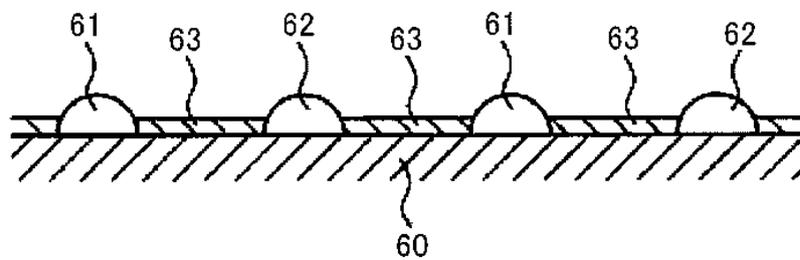


FIG. 4A

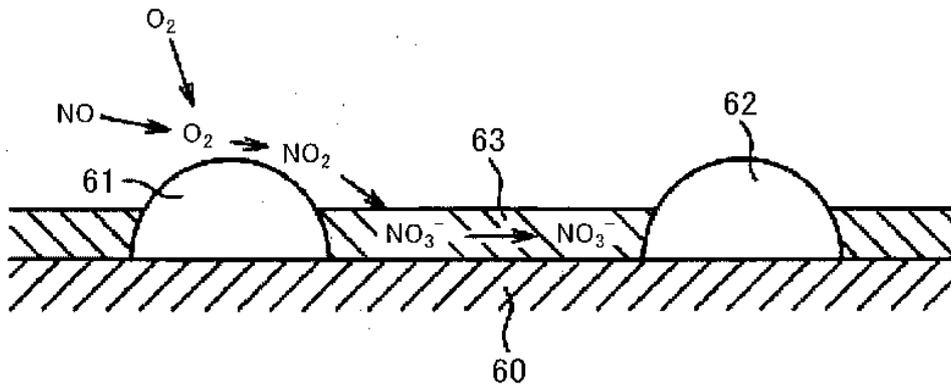


FIG. 4B

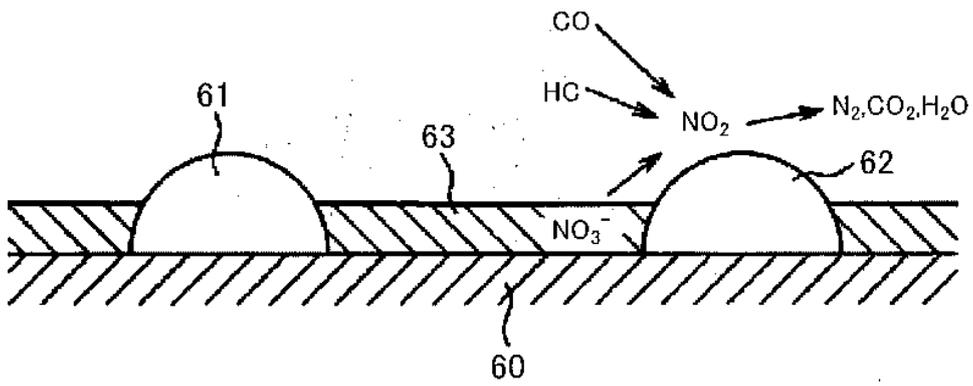


FIG. 5

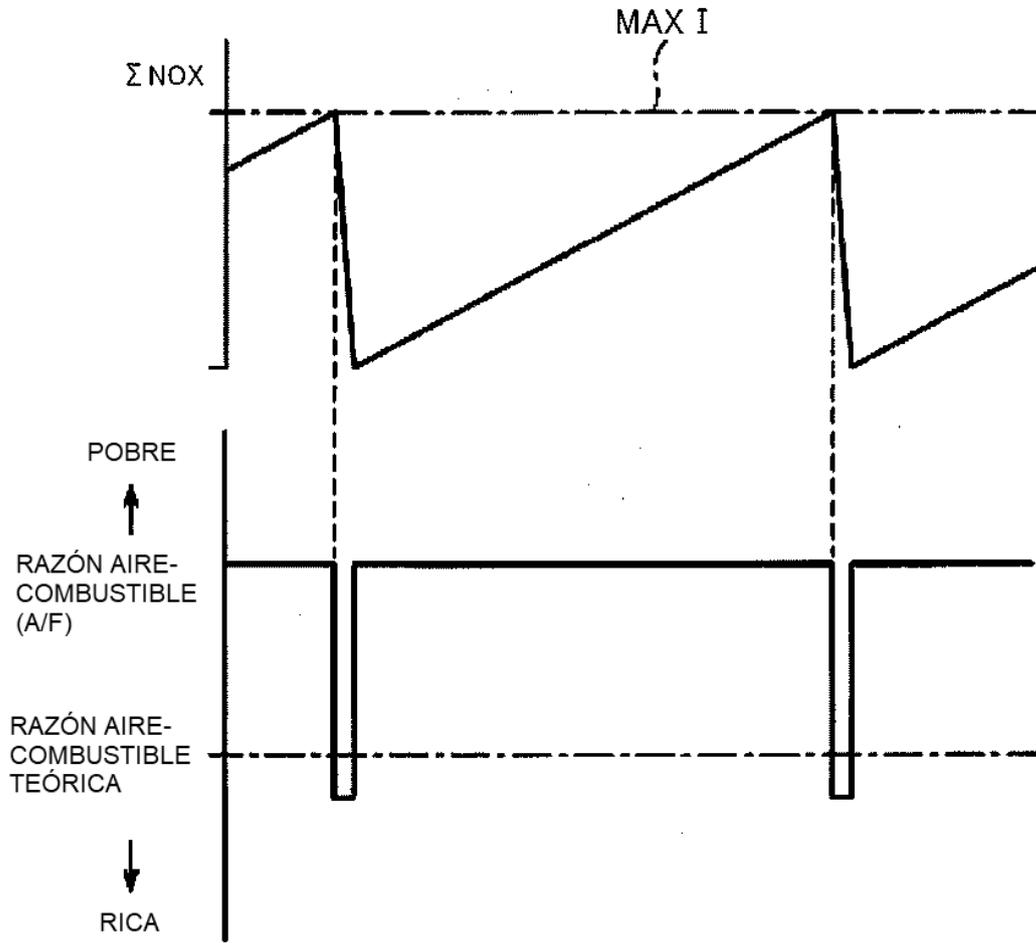


FIG. 6

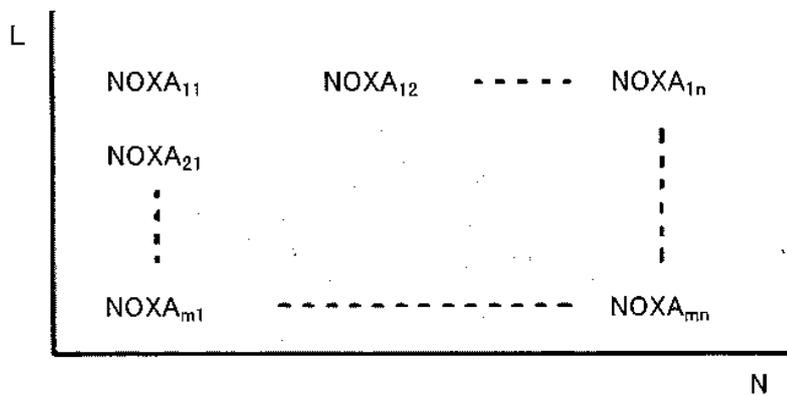


FIG. 7

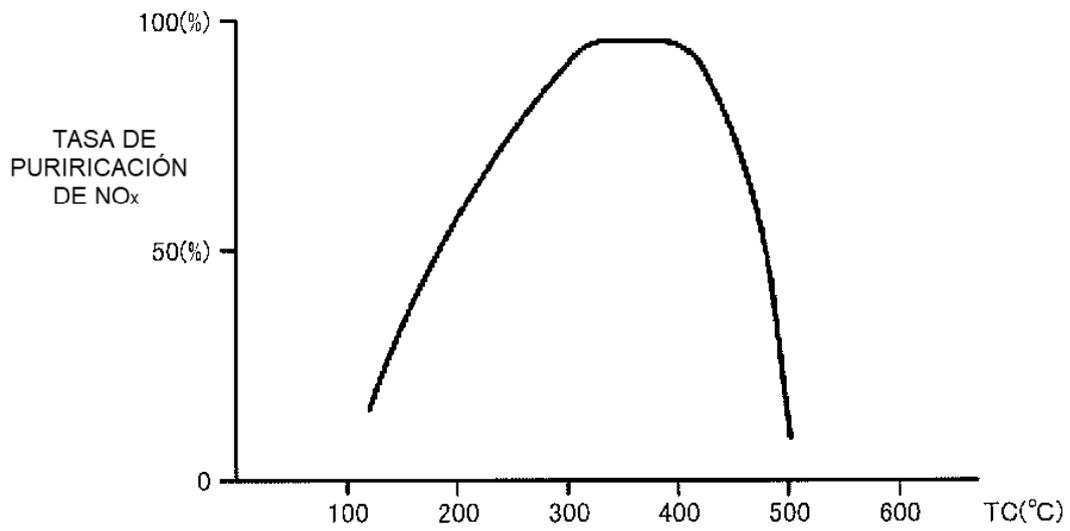


FIG. 8A

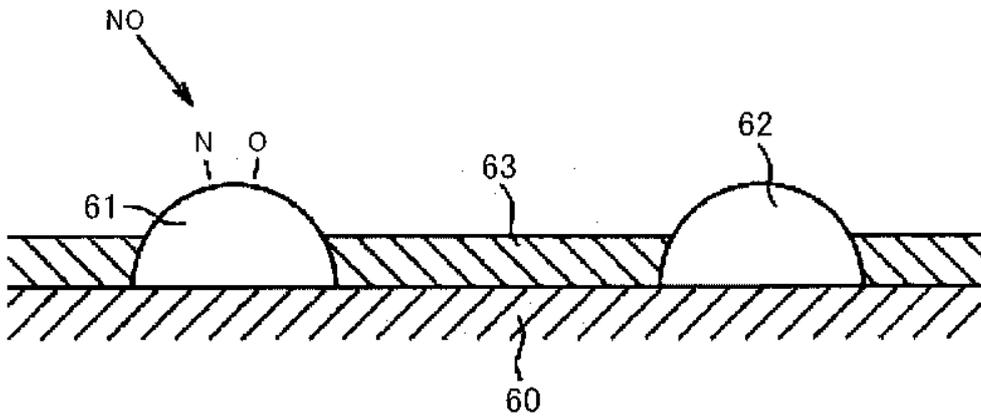


FIG. 8B

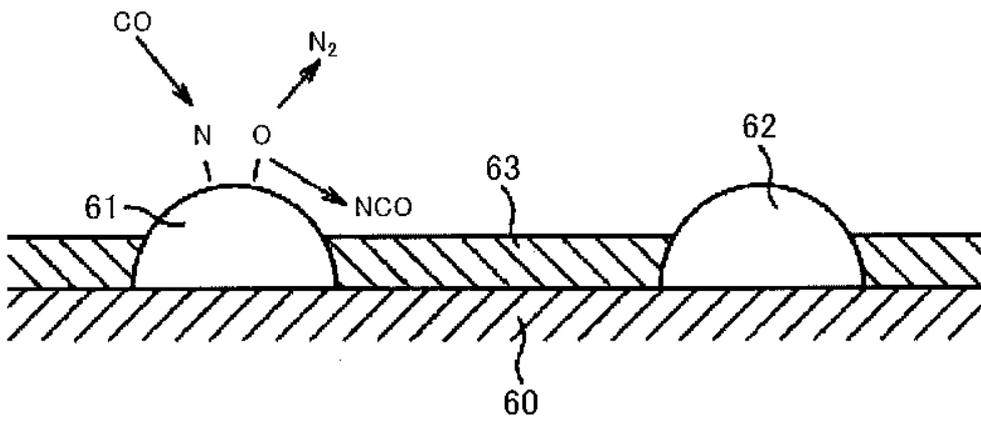


FIG. 9A

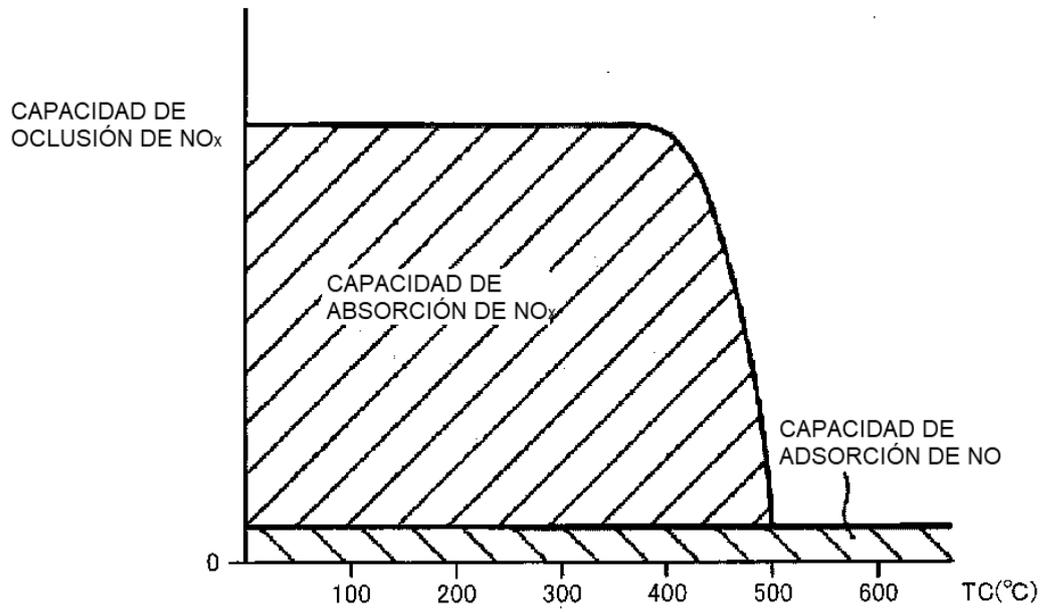


FIG. 9B

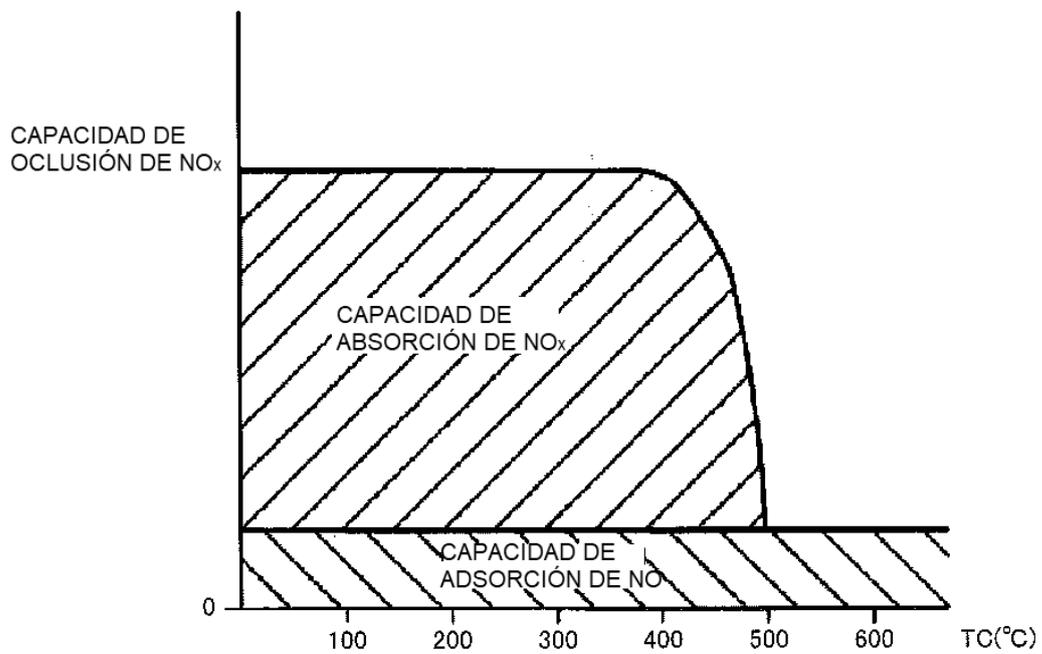


FIG. 10A

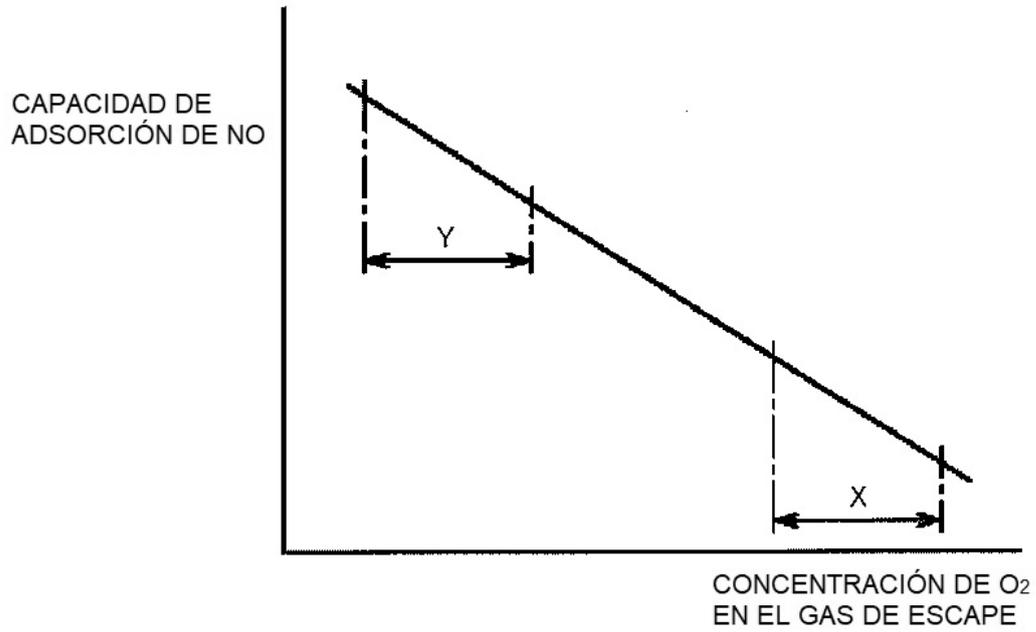


FIG. 10B

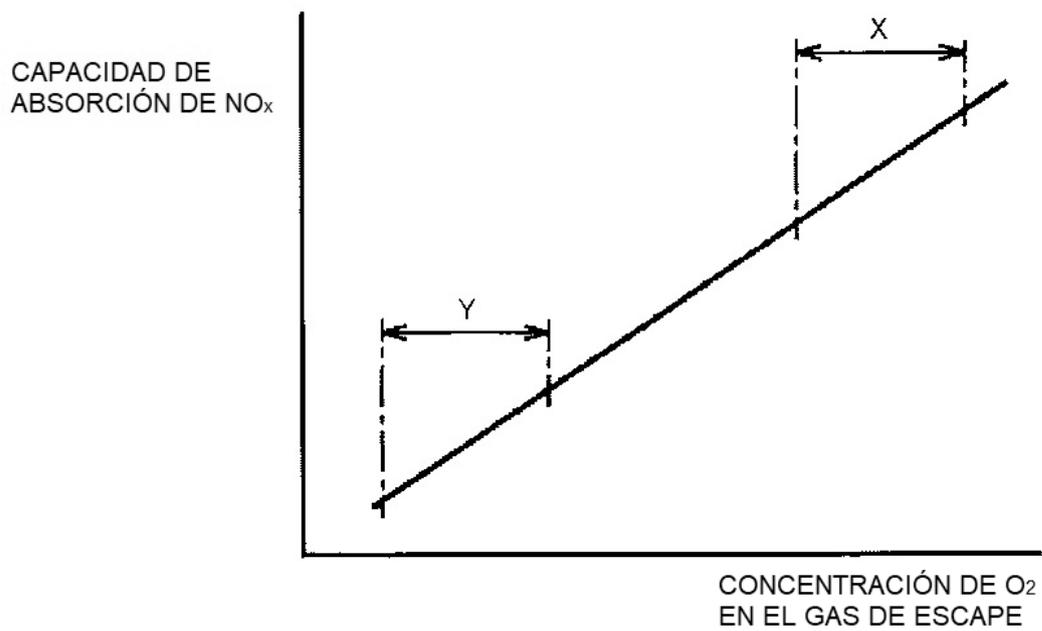


FIG. 11A

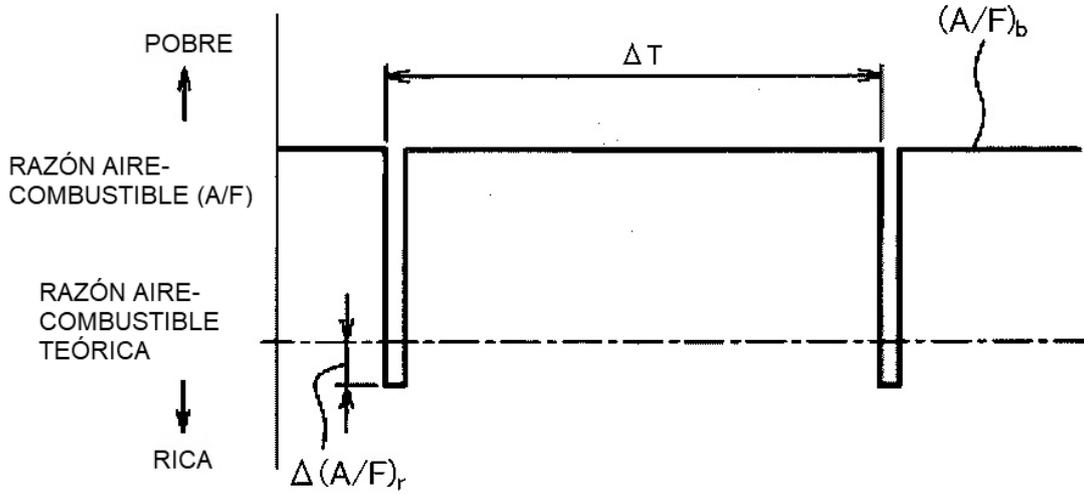


FIG. 11B

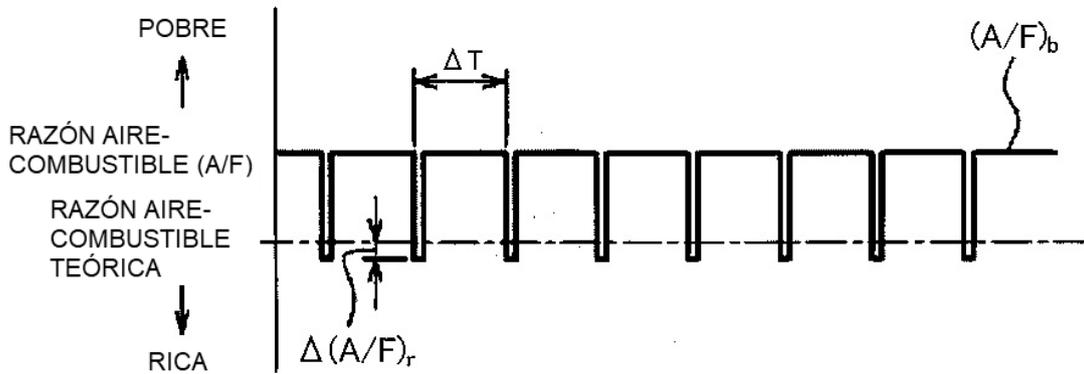


FIG. 11C

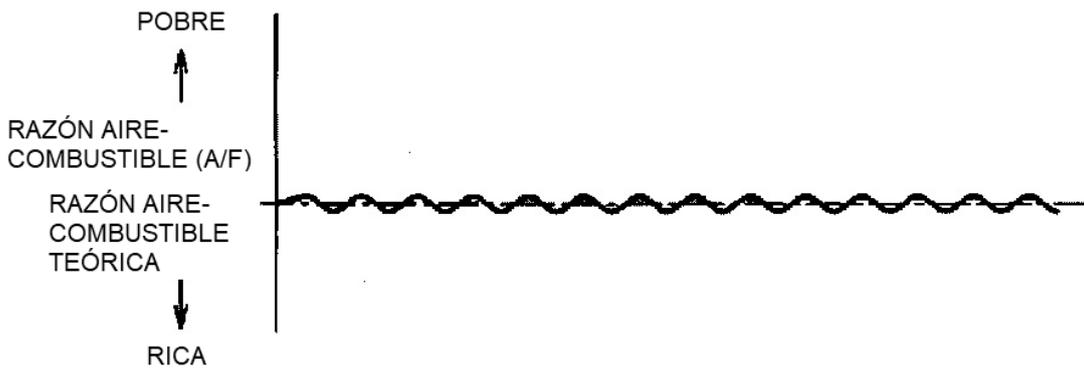
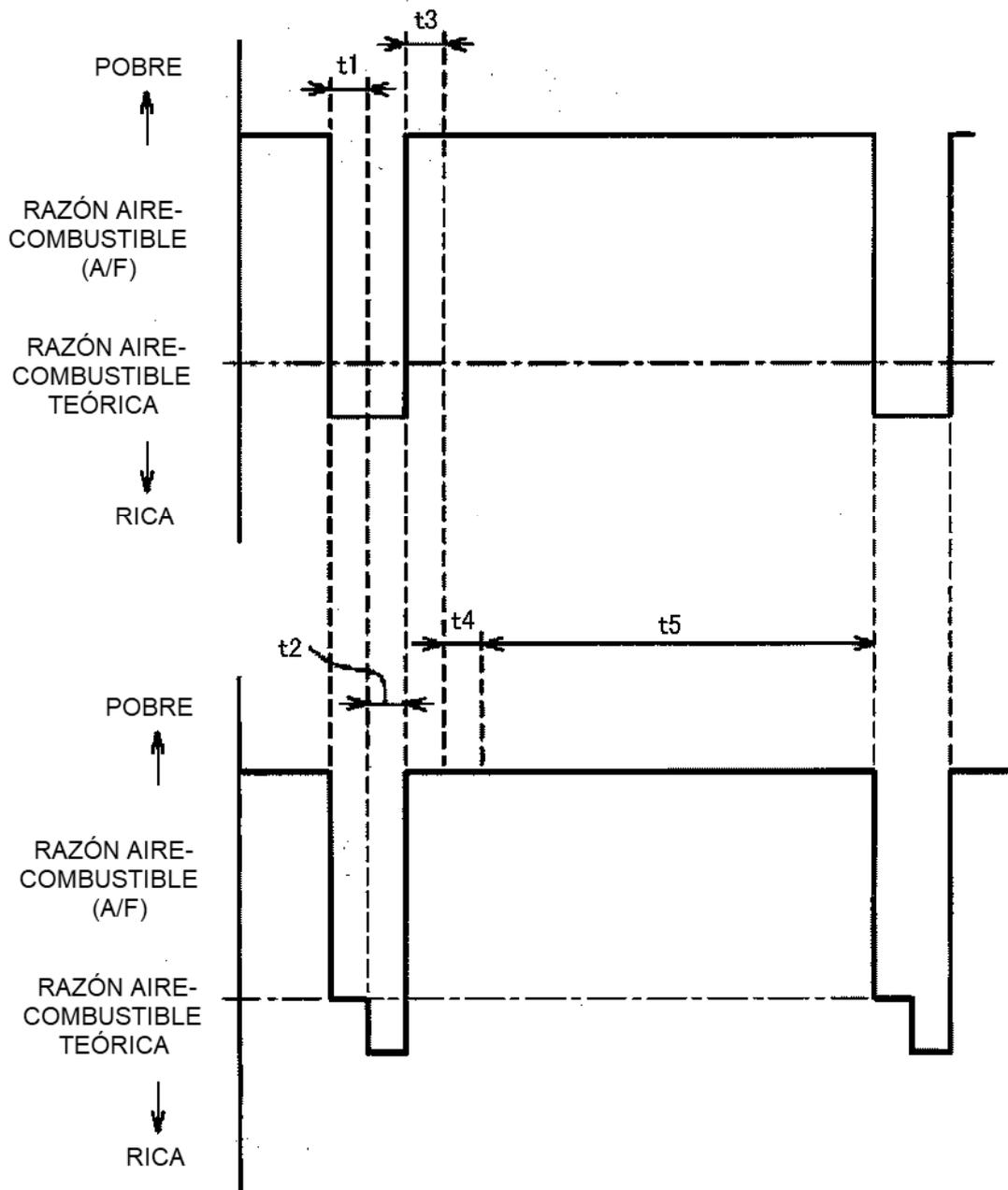
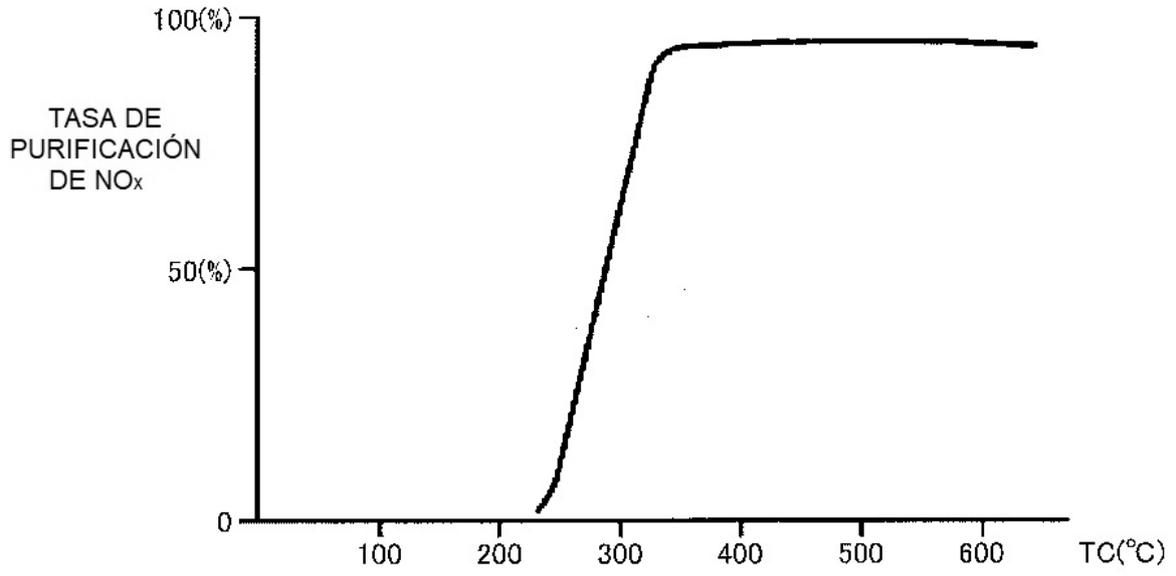


FIG. 12



# FIG. 13



# FIG. 14

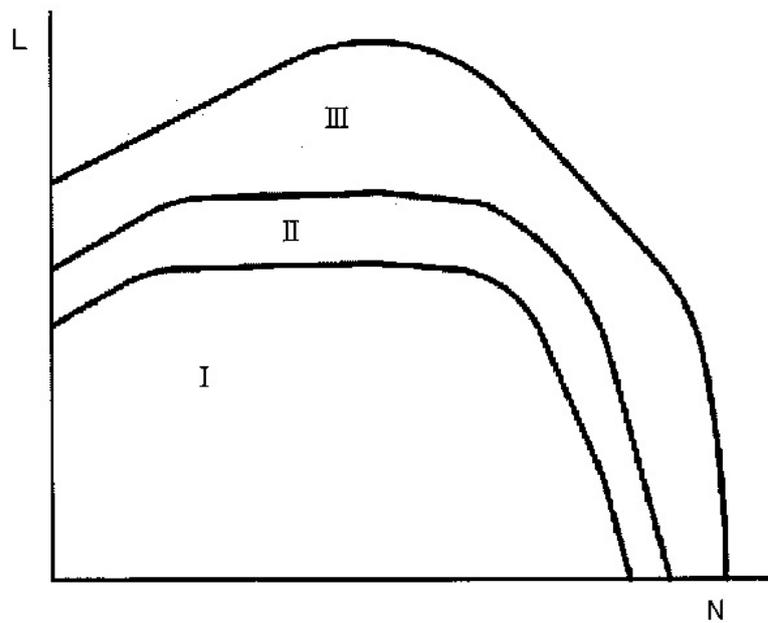


FIG. 15

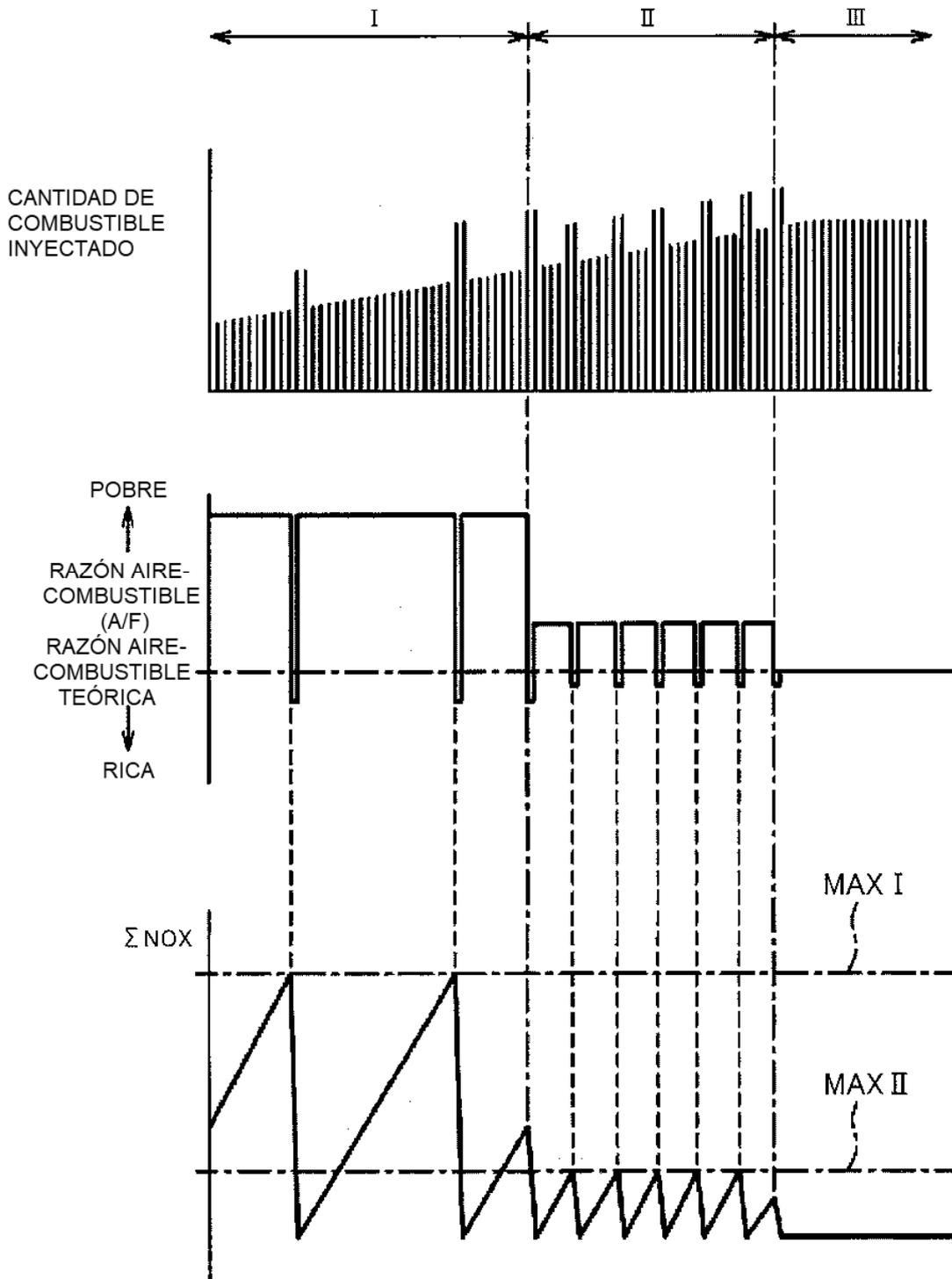


FIG. 16

