

(12)

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



1 Número de publicación: **2 370 507** 

(2006.01)

51 Int. CI.:	
H01J 9/02	
H01J 1/312	

# TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

96 Número de solicitud europea: 06025503 .1

96 Fecha de presentación: 16.11.1999

Número de publicación de la solicitud: 1793404

97 Fecha de publicación de la solicitud: 06.06.2007

(54) Título: PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE FUENTE DE ELECTRONES DEL TIPO EMISIÓN DE CAMPO. (30) Prioridad: (73) Titular/es: 16.11.1998 JP 32510698 PANASONIC ELECTRIC WORKS CO., LTD. 15.04.1999 JP 10863299 1048 OAZA KADOMA 23.04.1999 JP 11571899 KADOMA-SHI, OSAKA, JP 14.09.1999 JP 26030299 (45) Fecha de publicación de la mención BOPI: (72) Inventor/es: 19.12.2011 Hatai, Takashi; Komoda, Takuya; Honda, Yoshiaki; Aizawa, Koichi; Watabe, Yoshifumi; Ichihara, Tsutomu; Kondo, Yukihiro y Koshida, Nobuyoshi (45) Fecha de la publicación del folleto de la patente: (74) Agente: Carpintero López, Mario 19.12.2011

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).

Т3

### DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fabricación de fuente de electrones del tipo emisión de campo

### Antecedentes de la invención

### 1. Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricar una fuente de electrones del tipo emisión de campo.

#### 2. Descripción de la técnica anterior

Convencionalmente, como una fuente electrónica de tipo emisión de campo, se conoce bien un electrodo tipo Spindt así denominado que se desvela, por ejemplo, en la Patente de los Estados Unidos Nº 3.665.241, y otras equivalentes. Se proporciona el electrodo tipo Spindt sobre un sustrato sobre el cual se disponen muchos chips emisores pequeños (finos) con forma de pirámide triangular, agujeros de salida para exponer los ápices de los chips emisores al exterior, y capas compuerta dispuestas de tal manera que se pueden aislar respecto del chip emisor. De esta manera, el electrodo tipo Spindt puede emitir haces de electrones desde los ápices de los chips emisores al exterior a través de los agujeros de salida aplicando un voltaje alto entre los chips emisores y las capas compuerta bajo atmósfera de vacío de tal manera que los chips emisores se convierten electrodos negativos frente a las capas compuerta.

15

10

Sin embargo, en el electrodo tipo Spindt, existe tal problema que cuando se aplica éste, por ejemplo, a un emisor de luz plana o a una pantalla, es difícil aumentar su área (área de emisión de electrones), debido a que se complica el procedimiento de fabricación del electrodo, y, de manera adicional, es difícil producir muchos chips emisores de forma triangular con mayor eficiencia. Mientras tanto, en el electrodo tipo Spindt, el campo eléctrico converge en los

- 20 ápices de los chips emisores. Por lo tanto, cuando el grado de vacío alrededor de los ápices de los chips emisores es más bajo que el del gas residual que existe alrededor, el gas residual se ioniza mediante los electrones emitidos para volver positivos los iones de tal forma que los iones positivos choquen con los ápices de los chips emisores. De acuerdo con esto, los ápices de los chips emisores sufren daños (por ejemplo, daños debidos a los impactos de los iones) de tal manera que se puede producir un problema tal que la densidad o eficiencia de la corriente de los
- electrones emitidos se vuelva inestable, o se acorten las vidas de los chips emisores. Por tanto, debe usarse el 25 electrodo tipo Spindt bajo una atmósfera de vacío más alto (aproximadamente 10<sup>-5</sup> Pa a aproximadamente 10<sup>-6</sup> Pa) con el fin de evitar la ocurrencia del problema anteriormente mencionado. De acuerdo con esto, se puede producir una desventaja tal que el coste de fabricación del electrodo se aumente y de manera adicional, el procedimiento de tratamiento del electrodo sea dificultoso.
- 30 Con el fin de mejorar la desventaja anteriormente mencionada, se ha propuesto una fuente de electrones del tipo emisión de campo de estilo MIM (Metal Aislante Metal) o MOS (Semiconductor Óxido Metal). El primero es una fuente de electrones del tipo emisión de campo plano que tiene una estructura laminada de (metal) - (película aislante) - (metal), mientras que el último es una fuente de electrones del tipo emisión de campo plano que tiene una estructura laminada de (semiconductor) - (película de óxido) - (metal). Con el fin de aumentar la eficiencia de emisión de electrones de la fuente de electrones del tipo emisión de campo del tipo mencionado (esto es, con el fin 35
- de emitir más electrones) es necesario reducir el espesor de la película aislante o película de óxido. Sin embargo, si el espesor de la película aislante o película de óxido llega a ser más delgado en exceso, se teme que se produzca la interrupción dieléctrica cuando se aplique el voltaje entre los electrodos superior e inferior de la estructura laminada. Por tanto, puede haber una cierta restricción sobre la reducción del espesor de la película aislante o película de
- 40 óxido. De esta manera, existe una desventaja tal que no se puede aumentar demasiado su eficiencia emisora de electrones (eficiencia de extracción de electrones), debido a que se debe evitar la interrupción dieléctrica anteriormente mencionada.
- Además, en años recientes, tal como se describe en la Publicación de patente Japonesa Abierta a Consulta por el Público Nº 8-250766, se ha propuesto otra fuente de electrones del tipo emisión de campo (elemento semiconductor para emitir electrones fríos), en la que se forma una capa semiconductora porosa (capa de silicio poroso) llevando a 45 cabo la oxidación anódica en una superficie de un sustrato semiconductor monocristalino tal como un sustrato de silicio con el fin de aumentar su eficiencia de emisión electrónica, formándose una película delgada de metal sobre la capa porosa del semiconductor. Dicho esto, la fuente electrónica puede emitir electrones cuando se aplica el voltaje entre el sustrato semiconductor y la película delgada de metal,
- 50 Sin embargo, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo descrita en la Publicación de Patente japonesa Abierta a Consulta por el Público Nº 8-250766, existe una desventaja tal que es difícil aumentar su área y disminuir su coste de fabricación, debido a que puede restringirse el material del sustrato al semiconductor. Mientras tanto, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo, debido a que se produce fácilmente un fenómeno de chasquido así denominado cuando se emiten los electrones, la cantidad de electrones emitidos tiende a volverse inestable. De
- 55 acuerdo con esto, cuando se aplica la fuente electrónica a un emisor de luz plana o a una pantalla, se puede producir una desventaja tal que la emisión de luz se vuelva inestable.

De esta manera, en las Solicitudes de Patente Japonesa № 10-272340, № 10-272342 y № 10-271876, etc., los

autores de la presente solicitud han propuesto otra fuente de electrodos de tipo emisión de campo que incluye una capa impulsora de campo fuerte que puede impulsar los electrones inyectados a partir de un sustrato eléctricamente conductor, estando la capa dispuesta entre el sustrato eléctricamente conductor y una película delgada de metal, y estando la capa formada mediante la oxidación de una capa porosa de silicio policristalino, por medio del procedimiento de Oxidación Térmica Rápida (procedimiento RTO).

Dicho esto, se forma la capa de silicio poroso policristalino fabricando una capa de silicio policristalino sobre un sustrato poroso eléctricamente conductor por medio de un tratamiento de oxidación anódica. Mientras tanto, se lleva a cabo la oxidación de la capa porosa de silicio policristalino mediante el procedimiento RTO en una atmósfera de oxígeno seco usando un equipo de templado de lámparas. En este caso, la temperatura de la oxidación puede ser

- 10 de 800-900° C, y el tiempo de oxidación puede ser de 30-120 minutos (Solicitud de Patente Japonesa nº 10-271876. De manera adicional se forma la película delgada de metal usando una película delgada de oro de aproximadamente 10 nm de espesor, debido a que los electrones (se considera a los electrones como electrones calientes), que han alcanzado la superficie de la capa impulsora del campo fuerte, deben emitirse en la atmósfera de vacío de tal manera que pasan a través de la película delgada de metal sin dispersarse en ella. En la fuente de electrones del
- 15 tipo emisión de campo, se pueden emitir de manera estable los electrones, debido a que su propiedad de emisión de electrones tiene una dependencia menor con el grado de vacío, y adicionalmente no se produce un fenómeno de chasquido cuando se emiten los electrones. De manera adicional, además de un sustrato semiconductor tal como un sustrato de silicio monocristalino, se puede usar un sustrato en el que se proporciona una película eléctricamente conductora (por ejemplo, película ITO) sobre una superficie de un sustrato de vidrio o similar, tal como el sustrato
- 20 eléctricamente conductor anteriormente mencionado. Por lo tanto, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo, se puede aumentar su área y se puede disminuir su coste de fabricación, en comparación con la fuente electrónica convencional que utiliza la capa porosa de semiconductor producida fabricando el sustrato poroso del semiconductor, o el electrodo tipo Spindt. Dicho esto, cuando se produce una pantalla usando este tipo de fuente electrónica de emisión de campo, se debe diseñar la película delgada de metal con una forma predeterminada.
- Sin embargo, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo descrita en las Solicitudes de Patente japonesa 25 Nº 10-272340, Nº 10-272342 o Nº 10-271876, no se puede aumentar la temperatura de oxidación mediante el procedimiento RTO por encima de la temperatura de resistencia térmica del sustrato eléctricamente conductor. Por lo tanto, existe una desventaja tal que se restringen los materiales del sustrato o la película eléctricamente conductora de tal manera que se restringe también el aumento del diámetro (área) del sustrato.
- Mientras tanto, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo descrita en las Solicitudes de Patente Japonesa 30 Nº 10-272340, Nº 10-272342 o Nº 10-271876, la capa porosa de silicio policristalino, que se ha formado mediante la oxidación de la capa de silicio policristalino por medio del tratamiento de oxidación anódica, se oxida por medio del procedimiento RTO. Dicho esto, ya que se usa una solución de electrolito en el tratamiento de oxidación anódica, se puede usar una solución en la que se mezclan una solución acuosa de fluoruro de hidrógeno y etanol conjuntamente
- en la relación de 1:1. 35

40

5

Dicho esto, en la capa porosa de semiconductor (capa porosa de silicio policristalino o capa porosa de silicio monocristalino) formada mediante el tratamiento de oxidación anódica, los átomos de silicio se terminan mediante átomos de hidrógeno. Por lo tanto, tal como se revela en las Solicitudes de Patente Japonesa Nº 10-272340, Nº 10-272342 o Nº 10-271876, si se hace crecer una película oxidada mediante el procedimiento RTO en la capa porosa del semiconductor mediante el tratamiento de oxidación anódica, los átomos de hidrógeno pueden permanecer en la

- película oxidada, o se pueden producir enlaces Si-OH. En consecuencia, existe una desventaja tal que es difícil formar una película oxidada instantánea que tenga una estructura de SiO2, de tal manera que se disminuya su voltaje de interrupción. De manera adicional, debido a que la capa impulsora del campo fuerte contiene relativamente mucho hidrógeno, la distribución de hidrógeno en la capa impulsora del campo fuerte puede cambiar
- con el lapso de tiempo (por ejemplo, átomos de hidrógeno que se desprenden de la superficie de la capa impulsora 45 del campo fuerte.). Por lo tanto, se teme que se deteriore la estabilidad de la eficiencia de emisión de electrones a medida que pasa el tiempo.

El documento EP-A-0913849 revela un procedimiento de elaborar una fuente de electrones del tipo emisión de campo que incluve un sustrato eléctricamente conductor, una capa impulsora del campo fuerte formada en la 50 superficie del sustrato conductor eléctricamente y una película delgada conductora eléctricamente formada en la capa impulsora del campo fuerte, en la que el procedimiento comprende una etapa de oxidación principal de formar la capa impulsora del campo fuerte oxidando una capa porosa del semiconductor por medio de un tratamiento que aplica la capa porosa del semiconductor a plasma en una atmósfera de gas que contiene oxígeno.

El documento EP-A-0874384 revela una fuente de electrones, en la que la capa semiconductora porosa se oxida por 55 tratamiento en un plasma de oxígeno antes de que un electrodo metálico de película fina se coloque formando una capa sobre ella.

El documento JP-B2-2966842 revela un procedimiento de formar una fuente de electrones del tipo emisión que comprende una etapa de oxidación principal de formar una capa impulsora del campo fuerte por un procedimiento de oxidación térmica rápido de una capa semiconductora porosa, en la que la oxidación puede llevarse a cabo también usando oxidación de plasma de oxígeno.

De esta manera, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo descrita en las Solicitudes de patente japonesa Nº 10-272340, Nº 10-272342 o Nº 10-271876, aunque se pueda disminuir su coste y se puedan emitir de manera estable los electrones con eficiencia elevada en comparación con la fuente de electrones del tipo emisión de campo descrita en la Publicación de Patente Japonesa abierta a consulta por el Público Nº 8-250766, se espera mejorar la eficiencia de emisión de electrones adicionalmente más.

#### Resumen de la invención

5

15

La presente invención, que se ha llevado a cabo para resolver los problemas descritos anteriormente, tiene un objetivo de proporcionar una fuente de electrones del tipo emisión de campo que puede aumentar fácilmente su área (área de emisión de electrones) y disminuir su coste y un procedimiento de elaboración de la misma.

10 De manera adicional, la presente invención tiene otro objetivo de proporcionar una fuente de electrones del tipo emisión de campo en la que el cambio de la eficiencia de emisión de electrones sea más pequeño según pasa el tiempo y su voltaje de interrupción sea más elevado, y un procedimiento de fabricación de la misma.

Además, la presente invención tiene un objetivo adicional de proporcionar una fuente de electrones del tipo emisión de campo de coste inferior que pueda emitir de manera estable electrones con eficiencia elevada, y un procedimiento de elaboración de la misma.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de elaborar una fuente de electrones del tipo emisión de campo que incluye un sustrato eléctricamente conductor, una capa impulsora de campo fuerte formada sobre la superficie del sustrato eléctricamente conductor, capa impulsora que incluye granos de silicio policristalino con forma de columna, películas de óxido de silicio finas en las superficies de los granos de

- silicio policristalinos, capas de silicio cristalinas finas del orden de nanómetros que existen entre los granos de silicio policristalino y películas de óxido de silicio formadas sobre las superficies de las capas de silicio cristalino finas, siendo cada una de las películas una película de aislamiento que tiene un grosor menor que el diámetro de la partícula de cristal de la capa de silicio cristalina fina y una película delgada conductora eléctricamente formada sobre la capa impulsora de campo fuerte, en la que los electrones, que se inyectan en el sustrato eléctricamente
- 25 conductor, se impulsan en la capa impulsora del campo fuerte para ser emitidos hacia el exterior mediante la película delgada eléctricamente conductora aplicando voltaje entre la capa delgada eléctricamente conductora y el sustrato eléctricamente conductor de tal manera que la película delgada eléctricamente conductora actúa como un electrodo positivo frente al sustrato eléctricamente conductor, incluyendo el procedimiento una etapa de oxidación principal de formar una capa impulsora del campo fuerte oxidando una capa porosa del semiconductor a
- 30 temperatura relativamente baja.

De manera adicional, se puede llevar a cabo una etapa suplementaria de oxidación por medio de un procedimiento térmico (de manera preferible un procedimiento térmico rápido, que en consecuencia, se denomina a partir de ahora en el presente documento procedimiento térmico rápido aunque incluye un procedimiento térmico simple) antes y/o después de la etapa principal de oxidación.

- 35 Entre tanto, antes de la etapa principal de oxidación o antes de la etapa principal de oxidación y la etapa suplementaria de oxidación, se puede llevar a cabo una etapa de preoxidación para oxidar la capa porosa del semiconductor usando una solución oxidante. En este caso, los átomos de hidrógeno, que finalizan el grupo de átomos en la superficie de la capa porosa del semiconductor, formada, por ejemplo, mediante una oxidación anódica, se sustituyen con átomos de oxígeno mediante la solución oxidante. De acuerdo con esto, la cantidad de hidrógeno
- 40 contenido en la capa impulsora del campo fuerte llega a ser inferior. En consecuencia, se vuelve más pequeño el cambio dependiente del tiempo de la distribución del hidrógeno de tal manera que se puede mejorar la estabilidad dependiente del tiempo de la fuente de electrones del tipo emisión de campo.

Además, en la principal etapa de oxidación, se oxida la capa porosa del semiconductor por medio de al menos uno de un tratamiento que aplica rayos ultravioleta a la capa porosa del semiconductor en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de oxígeno y ozono, un tratamiento que calienta la capa porosa del semiconductor en una atmósfera de gas que contiene ozono, un tratamiento que aplica rayos ultravioleta a la capa porosa del semiconductor y calienta la capa porosa del semiconductor, y un tratamiento que aplica rayos ultravioleta a la capa porosa del semiconductor y calienta la capa porosa del semiconductor, y un tratamiento que aplica rayos ultravioleta a la capa porosa del semiconductor en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de oxígeno y ozono y calienta la capa porosa del semiconductor. En este caso, se puede aumentar la eficiencia de emisión de electrones de la fuente

- 50 de electrones en comparación con la de la fuente de electrones fabricada mediante el procedimiento de fabricación convencional, en el que se forma la capa impulsora del campo fuerte mediante oxidación de la capa porosa del semiconductor usando el procedimiento RTO. De manera adicional, debido a que la temperatura del proceso es menor, llega a ser más pequeña la restricción para los materiales utilizables por el sustrato eléctricamente conductor de tal manera que se pueda fabricar a un menor coste una fuente de electrones del tipo emisión de campo con un
- 55 área más grande de emisión de electrones.

De manera adicional, si se lleva a cabo la principal etapa de oxidación después que se ha formado la película delgada eléctricamente conductora, se puede eliminar la contaminación debida a los materiales orgánicos producidos en los procesos antes de la presente oxidación. En consecuencia, se puede obtener un efecto tal que se

mejore la propiedad de emisión de electrones.

5

25

35

Dicho esto, antes y/o después de la etapa principal de oxidación, se puede llevar a cabo una etapa suplementaria de oxidación para oxidar la capa porosa del semiconductor por medio de un proceso térmico rápido, una etapa suplementaria de oxidación para oxidar la capa porosa del semiconductor usando una solución ácida, o ambas etapas suplementarias de oxidación descritas anteriormente. En este caso, se puede aumentar mucho más la eficiencia de emisión de electrones.

De manera adicional, antes de la etapa principal de oxidación (en el caso de no incluir oxidación suplementaria), o antes de la etapa principal de oxidación y la(s) etapa(s) suplementaria(s) de oxidación, se puede llevar a cabo una etapa de preoxidación de oxidar la capa porosa del semiconductor usando una solución oxidante. En este caso, tal

- 10 como se ha descrito anteriormente, debido a que los átomos de hidrógeno, que finalizan el grupo de átomos sobre la superficie de la capa porosa del semiconductor se sustituyen con átomos de oxígeno mediante la solución oxidante, llega a ser inferior la cantidad de hidrógeno contenida en la capa impulsora del campo fuerte de tal manera que se puede mejorar la estabilidad dependiente del tiempo de la fuente de electrones del tipo emisión de campo.
- Entre tanto, se puede llevar a cabo la etapa de preoxidación antes de la etapa de oxidación por medio de un 15 procedimiento térmico rápido.

En cada uno de los procedimientos de fabricación anteriormente mencionados, la capa porosa del semiconductor puede ser una capa porosa de silicio monocristalino o una capa porosa de silicio policristalino. El sustrato eléctricamente conductor puede ser un sustrato de silicio de tipo n. De manera adicional, el sustrato eléctricamente conductor puede ser un sustrato en el que se forme una película eléctricamente conductora sobre una superficie de una placa aislante, tal como, por ejemplo, una placa de vidrio, una placa de cerámica o similar. Se puede formar la

20 una placa aislante, tal como, por ejemplo, una placa de vidrio, una placa de cerámica o similar. Se puede forma capa porosa del semiconductor llevando a cabo una oxidación anódica en una capa del semiconductor.

En cada uno de los procedimientos de fabricación anteriormente mencionados, es preferible que la solución ácida, que se usa en la etapa suplementaria de oxidación, se diluya en ácido nítrico, se diluya en ácido sulfúrico o en agua regia. De manera adicional, es preferible que la solución oxidante, que se usa en la etapa de preoxidación, sea una cualquiera de o una mezcla de varios de ácido nítrico concentrado, ácido sulfúrico concentrado, ácido clorhídrico y peróxido de hidrógeno. Dicho esto, es preferible que se use la solución oxidante en estado calentado con el fin de acortar el tiempo de procesamiento de la etapa de preoxidación de tal manera que se mejore su rendimiento.

#### Breve descripción de los dibujos

La presente invención llegará a ser más completamente comprendida a partir de la descripción detallada dada a continuación y los dibujos que la acompañan, en los que:

La Fig. 1A es una vista en alzado de una sección de una fuente de electrones del tipo emisión de campo, en la que el sustrato eléctricamente conductor está compuesto por un sustrato de silicio de tipo n;

La Fig. 1B es una vista en alzado de una sección de una fuente de electrones del tipo emisión de campo, en la que el sustrato eléctricamente conductor está compuesto por un sustrato en el que se forma una película eléctricamente conductora sobre una placa de vidrio;

Las Figs. 2A a 2D son vistas en alzado de una sección de los productos intermedios o un producto final en las etapas principales del procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo que se muestra en la Fig. 1A;

La Fig. 3 es una vista en esquema que muestra un esbozo de un procedimiento de oxidación electroquímica en un silicio poroso;

La Fig. 4 es una vista que muestra un principio de un mecanismo de emisión de electrones en la fuente de electrones del tipo emisión de campo que se muestra en la Fig. 1A;

La Fig. 5 es una vista que muestra una acción de emisión de electrones de la fuente de electrones del tipo emisión de campo mostrada en la Fig. 1A;

45 La Fig. 6A es una vista en alzado de una sección de otra fuente de electrones del tipo emisión de campo, en la que el sustrato eléctricamente conductor está compuesto por un sustrato de silicio de tipo n;

La Fig. 6B es una vista en alzado de una sección de otra fuente de electrones del tipo emisión de campo, en la que el sustrato eléctricamente conductor está compuesto por un sustrato en el que se forma una película eléctricamente conductora sobre una placa de vidrio;

50 Las Figs. 7A a 7D son vistas en alzado de una sección de los productos intermedios o un producto final en las etapas principales del procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo que se muestra en la Fig. 6A;

La Fig. 8 es una vista que muestra un principio para medir las propiedades activas de la fuente de electrones del tipo emisión de campo que se muestra en la Fig. 6A;

La Fig. 9 es un gráfico que muestra las relaciones entre el voltaje y la densidad de corriente (voltaje-propiedad de la corriente) en la fuente de electrones del tipo emisión de campo elaborada de acuerdo con un procedimiento de la presente invención y la fuente de electrones del tipo emisión de campo de un ejemplo comparativo;

Las Figs. 10A y 10B son vistas que muestran los estados oxidados de una capa de silicio nanocristalino;

La Fig. 11 es una vista en perspectiva poco precisa de una pantalla que utiliza una fuente de electrones del tipo emisión de campo que usa un sustrato de silicio de tipo n;

La Fig. 12 es una vista en alzado de una sección de una pantalla que utiliza una fuente de electrones del tipo emisión de campo que usa un sustrato de vidrio;

La Fig. 13 es un gráfico que muestra una característica de funcionamiento de una fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con el Ejemplo 5 en la forma de realización 14;

La Fig. 14 es un gráfico que muestra una característica de funcionamiento de una fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con el Ejemplo 2; y

15 La Fig. 15 es un gráfico que muestra una característica de funcionamiento de una fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con el Ejemplo 3.

### Descripción detallada de las formas de realización preferidas

5

A partir de ahora en el presente documento, se describirán de manera concreta las formas de realización de la presente invención.

20 En lo siguiente sólo las realizaciones 6 a 14 están de acuerdo con la invención. Las realizaciones 1 a 5 sirven meramente para propósitos ilustrativos.

(Forma de realización 1) (no de acuerdo con la invención)

La Fig. 1A muestra una sección en alzado de una de una fuente de electrones del tipo emisión de campo en la que el sustrato eléctricamente conductor está compuesto por un sustrato de silicio de tipo n. Dicho esto, el sustrato de silicio de tipo n está compuesto por un sustrato (100) cuya resistividad eléctrica es aproximadamente de 0,1 Ω cm. Tal como se muestra en la Fig. 1A, se proporciona la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 con un sustrato de silicio de tipo n 1, una capa de silicio policristalino 3 no dopado formada sobre una superficie del sustrato de silicio de tipo n 1, una capa impulsora del campo fuerte 6 formada sobre la capa de silicio policristalino 3, y una película delgada eléctricamente conductora 7 formada sobre la capa impulsora del campo fuerte 6, estando la
película delgada 7 compuesta por una película delgada de oro. De manera adicional, se proporciona un electrodo óhmico 2 sobre la superficie posterior del sustrato de silicio de tipo n 1.

De esta manera, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10, se usa el sustrato 1 de silicio de tipo n como un sustrato eléctricamente conductor. Dicho esto, se desea el sustrato eléctricamente conductor para construir un electrodo negativo de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10, para respaldar la capa impulsora del

- 35 campo fuerte 6 en un espacio vacío y adicionalmente para inyectar electrones dentro de la capa impulsora del campo fuerte 6. Por lo tanto, el sustrato eléctricamente conductor no necesita estar restringido al sustrato de silicio de tipo n, si sólo es capaz de construir el electrodo negativo de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 y soportar la capa impulsora del campo fuerte 6. Por ejemplo, el sustrato eléctricamente conductor puede estar compuesto de metal tal como cromo.
- 40 Además, tal como se muestra en la Fig. 1B, el sustrato eléctricamente conductor puede estar compuesto por un sustrato en el que se forma una película eléctricamente conductora 12 (por ejemplo, película ITO) sobre una superficie de una placa aislante 11 tal como una placa de vidrio (o una placa cerámica). En este caso, sería posible aumentar el área de emisión de electrones de la fuente de electrones del tipo emisión de campo y disminuir el coste de fabricación de la fuente, en comparación con el caso que usa el sustrato semiconductor.
- 45 La capa impulsora del campo fuerte 6, que se forma oxidando un silicio poroso policristalino usando una solución ácida, es una capa en la que se inyectan los electrones cuando se aplica voltaje entre el sustrato eléctricamente conductor y la película delgada eléctricamente conductora (película delgada de metal). La capa impulsora del campo fuerte 6 está compuesta de un cuerpo policristalino que incluye muchos granos. Sobre la superficie de cada uno de los granos, existe una estructura de orden nanométrico que tiene una película de óxido (denominándose, a partir de
- 50 ahora en el presente documento como "nanoestructura"). Se requiere que la dimensión de la nanoestructura sea más pequeña que el recorrido libre medio del electrón en el silicio monocristalino, que es aproximadamente de 50 nm, con el fin de que los electrones inyectados producidos en la capa impulsora del campo fuerte 6 alcancen la superficie de la capa impulsora del campo fuerte 6 sin chocar los electrones con la nanoestructura (esto es, sin producir la dispersión de los electrones). De manera concreta, es preferible que la dimensión de la estructura sea

más pequeña de 10 nm, y, de manera adicional, es más preferible que la dimensión sea más pequeñas de 5 nm.

En una Forma de realización 1, la película delgada eléctricamente conductora 7 (película delgada de metal) está compuesta por una película delgada de oro. Se desea la película delgada eléctricamente conductora 7 para construir un electrodo positivo de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 y para aplicar campo eléctrico a la

- 5 capa impulsora del campo fuerte 6. Los electrones, que han alcanzado la superficie de la capa impulsora del campo fuerte 6 aplicando el campo eléctrico, se emiten hacia el exterior de la superficie de la película delgada eléctricamente conductora 7 por medio del efecto túnel. Dicho esto, una energía ideal de los electrones emitidos es la diferencia de energía obtenida sustrayendo la energía de la función de trabajo de la película delgada eléctricamente conductora 7 de la energía de los electrones obtenida aplicando el voltaje CC entre el sustrato eléctricamente conductor y la película delgada eléctricamente conductora 7. Por lo tanto, es más deseable el mínimo
- de la función de trabajo de la película delgada eléctricamente conductora 7.

15

En la Forma de Realización 1, aunque se usa oro como material de la película delgada eléctricamente conductora 7, el material no está necesariamente restringido a oro. Se puede usar cualquier metal como material, si sólo su función de trabajo es pequeña. Por ejemplo, se pueden usar, aluminio, cromo, tungsteno, níquel, platino o similares. La función trabajo de cada uno de los metales descritos anteriormente es como sigue.

Oro:	5,10 eV	Aluminio:	4,28 eV
Cromo:	4,50 eV	Tungsteno:	4,55 e V
Níquel:	5,15 eV	Platino:	5,65 eV

A partir de ahora en el presente documento, se describirá un procedimiento de elaboración de una fuente de electrones del tipo emisión de campo 10, haciendo referencia mientras a las Figs. 2A a 2D.

- En el procedimiento de elaboración, después que se ha formado un electrodo óhmico 2 en la superficie posterior del sustrato de silicio de tipo n 1 en primer lugar, se forma una capa de silicio policristalino no dopado 3 de aproximadamente 1,5 µm de espesor sobre la capa de silicio de tipo n 1 de forma que se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 2A. Se lleva a cabo el procedimiento de fabricación de la película de la capa de silicio policristalino 3 por medio del procedimiento LPCVD. En el procedimiento de fabricación de la película, se ajusta el grado de vacío a 20 Pa, se ajusta la temperatura del sustrato a 640°C, y se ajusta el caudal del gas monosilano a
- 25 600 scm<sup>3</sup>/m. Dicho esto, si el sustrato eléctricamente conductor es un semiconductor, se puede llevar a cabo el procedimiento de fabricación de la película de la capa de silicio policristalino 3 por medio del procedimiento LPCVD o del procedimiento de chisporroteo. De manera alternativa, se puede llevar a cabo el procedimiento de fabricación de la película de silicio amorfo de tal manera que se cristaliza, habiéndose formado la película de silicio amorfo de tal manera que se cristaliza, habiéndose formado la película de silicio amorfo mediante el procedimiento CVD de plasma.
- Si el sustrato eléctricamente conductor es un sustrato en el que se forma una película eléctricamente conductora sobre una placa de vidrio, se puede formar la capa de silicio policristalino mediante templado de una película de silicio amorfa usando un láser excimer, habiéndose formado la película de silicio amorfo sobre la película eléctricamente conductora mediante el procedimiento CVD. Debido a que el procedimiento para formar la capa de silicio policristalino 3 sobre la película eléctricamente conductora no necesita restringirse al procedimiento CVD, se puede usar, por ejemplo, el procedimiento CGS (Silicona de Grano Continuo) o el procedimiento CVD catalítico.

Después que se ha formado la capa de silicio policristalino no dopado 3, se forma una capa porosa de silicio policristalino 4 llevando a cabo un tratamiento de oxidación anódica de la capa de silicio policristalino 3 usando un tanque de procesamiento de oxidación anódica que contiene un electrolito compuesto de una mezcla en la que se mezclan conjuntamente una solución acuosa de fluoruro de hidrógeno del 55% en peso y etanol en la relación de

- 40 casi 1:1. Se lleva a cabo el tratamiento de oxidación anódica con corriente constante aplicando mientras luz a la capa 3 de tal manera que un electrodo de platino (no se muestra) actúa como electrodo negativo y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2), actúa como electrodo positivo. De esta manera, se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 2B. Dicho esto, en el tratamiento de oxidación anódica, se ajusta la densidad de la corriente al valor constante de 10 mA/cm<sup>2</sup>, y se ajusta el tiempo de la etapa de oxidación anódica a 30 segundos. De manera
- 45 adicional, durante el tratamiento de oxidación anódica, se aplica luz a la superficie de la capa de silicio policristalino 3 usando una lámpara de tungsteno de 500 W. En consecuencia, se forma la capa porosa de silicio policristalino 4 de casi 1 µm de espesor. Aunque élo una parte de la capa de silicio policristalino 3 se cristaliz a en este caso, se puede cristalizar la capa completa de silicio policristalino 3.
- Después que se ha completado el tratamiento de oxidación anódica, se retira el electrolito del tanque de procesamiento de oxidación anódica y después el ácido nítrico diluido de concentración próxima al 10 % se introduce nuevamente en el tanque de procesamiento de oxidación anódica. Después, usando el tanque de procesamiento de oxidación anódica que contiene ácido nítrico diluido, se oxida la capa porosa de silicio policristalino 4 dejando el flujo de corriente constante entre el electrodo de platino (no se muestra) y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) de tal manera que el electrodo de platino actúa como un electrodo negativo y

el sustrato de silicio 1 actúa como un electrodo positivo. De esta manera, se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 2C. En la Fig. 2C, el número 6 denota una capa impulsora del campo fuerte formada mediante oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4 usando ácido (ácido nítrico diluido en este caso).

Dicho esto, se puede considerar que cuando se oxida la capa porosa de silicio policristalino 4 mediante el ácido 5 nítrico diluido, se producen dichas reacciones tal como se muestra mediante las siguientes fórmulas de reacción 1 y 2. En las fórmulas de reacción, h<sup>+</sup> denota un hueco, y e<sup>-</sup> denota un electrón.

(Electrodo negativo)

 $HNO_3 + 3H^+ \rightarrow NO + 2H_2O + 3h^+$ .....fórmula de reacción 1

(Electrodo positivo)

10

15

25

 $3h^+ + Si + 2H_2O \rightarrow SiO_2 + 4H^+ + e^-$ .....fórmula de reacción 2

Tal como se muestra de manera esquemática en la Fig. 3, se forma óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) sobre la superficie de los poros de la capa porosa de silicio policristalino 4 debido a las reacciones anteriormente mencionadas. De manera adicional, se puede cambiar de manera conveniente la concentración del ácido nítrico diluido o la densidad de corriente (valor constante) en correspondencia con cualquier espesor o calidad deseada, etc., de la capa porosa de silicio policristalino 4 que se va a oxidar.

De manera adicional, puede ajustarse el voltaje potencial en el punto final a un valor preferible (óptimo), por ejemplo, en el intervalo de varios V a varias decenas de V. Más aún, se pueden ajustar de manera conveniente la luz aplicada o la temperatura a un valor preferible.

Dicho esto, en cuanto a la capa impulsora del campo fuerte 6, se puede considerar que la superficie del cristal de 20 silicio fino, compuesto de la nanoestructura, que se forma por medio del tratamiento de oxidación anódica, se oxida mediante el ácido nítrico diluido.

Tal como se muestra en la Fig. 4, se puede considerar que la capa impulsora del campo fuerte 6 incluye al menos granos de silicio policristalino con forma de columna 61, la película delgada de óxido de silicio 62 formada sobre las superficies de los granos de silicio policristalino 61, las capas finas de silicio cristalino 63 que existen entre los granos de silicio policristalino 61 y las películas de óxido de silicio 64 formadas sobre las superficies de las capas finas de silicio cristalino 63.

En la Forma de Realización 1, debido a que la capa porosa de silicio policristalino 4 se oxida usando ácido (ácido nítrico diluido), la temperatura del proceso es más baja que la del procedimiento de fabricación convencional (revelado en las Solicitudes de Patente japonesa № 10-272340, № 10-272342 o № 10-271876 por los autores de la 30 presente solicitud), en la que la capa impulsora del campo fuerte se forma oxidando la capa porosa del semiconductor por medio del procedimiento RTO. De acuerdo con esto, llega a ser más pequeña la restricción de materiales utilizables por el sustrato eléctricamente conductor de tal manera que la fuente de electrones del tipo emisión de campo puede tener un área más grande de emisión de electrones y se puede fabricar a menor coste. De manera adicional, debido a que la capa porosa de silicio policristalino 4 se oxida por medio del procedimiento 35 húmedo después del tratamiento de oxidación anódica, se puede simplificar el procedimiento de elaboración en comparación con el caso de oxidar la capa 4 por medio del procedimiento RTO tras el tratamiento de oxidación anódica.

Después que se ha formado la capa impulsora del campo fuerte 6, se forma una película delgada eléctricamente conductora 7, que está compuesta por una película delgada de oro, sobre la capa impulsora del campo fuerte 6, por 40 ejemplo, por medio del procedimiento de depósito con vapor. De esta manera, se obtiene una fuente de electrones tal del tipo emisión de campo 10 que tiene la estructura que se muestra en la Fig. 2D (Fig. 1A). Aunque se ajusta el espesor de la película delgada eléctricamente conductora 7 a casi 10 nm en la Forma de Realización 1, no necesita restringirse el espesor a esto. Dicho esto, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10, se forma un diodo en el que la película delgada eléctricamente conductora actúa como un electrodo positivo (ánodo) mientras 45 que el electrodo óhmico 2 actúa como un electrodo negativo (cátodo). Entre tanto, aunque se forma en la Forma de Realización 1 la película delgada eléctricamente conductora 7 (película delgada de oro) por medio del procedimiento

de depósito con vapor, no necesita restringirse el procedimiento de formación de la película delgada eléctricamente conductora 7 al procedimiento de depósito con vapor. Por ejemplo, se puede usar el procedimiento de chisporroteo.

Se puede considerar que en la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 de la Forma de Realización 1, los 50 electrones se emiten de acuerdo con el siguiente modelo.

Esto es, tal como se muestra en la Fig. 5, nos hace suponer que un electrodo colector 21 está dispuesto de tal manera que se enfrenta a la película delgada eléctricamente conductora 7, se aplica voltaje Vps en CC entre la película delgada eléctricamente conductora 7 y el electrodo óhmico 2 y se aplica el voltaje Vc en CC entre el electrodo colector 21 y la película delgada eléctricamente conductora 7. En esta condición, cuando el voltaje en CC, que se aplica a la película delgada eléctricamente conductora 7 de tal manera que la película delgada 7 llega a ser

un electrodo positivo frente al sustrato de silicio de tipo n 1, alcanza un valor predeterminado (valor crítico), los electrones e se inyectan desde el sustrato de silicio de tipo n 1 al lado de la capa impulsora del campo fuerte 6 por medio de la excitación térmica. Por otra parte, debido a que el campo eléctrico, que se aplica a la capa impulsora del campo fuerte 6, se aplica en su mayor parte a las películas de óxido de silicio 64, los electrones inyectados se

- 5 aceleran mediante el campo eléctrico fuerte aplicado a las películas de óxido de silicio 64. De esta manera, en el interior de la capa impulsora del campo fuerte 6, se impulsan los electrones en la dirección indicada mediante una flecha A en la Fig. 4 en el espacio entre los granos de silicio policristalino 61 hacia la superficie de la capa 6. Después, los electrones pasan a través de la película delgada eléctricamente conductora 7 para emitirse en el vacío después de pasar a través de la capa de óxido en la superficie más externa de la capa impulsora del campo fuerte 6.
- 10 En la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 elaborada de acuerdo con el procedimiento anteriormente mencionado, en el mismo caso de la fuente de electrones del tipo emisión de campo propuesta en las Solicitudes de Patente japonesa de Nº 10-272340, Nº 10-272342 o Nº 10-271876 por los autores de la presente solicitud, se pueden emitir de manera estable los electrones, debido a que su propiedad de emisión de electrones tiene una dependencia más pequeña con el grado de vacío, y de manera adicional, no se produce un fenómeno de chasquido
- 15 cuando se emiten los electrones. De manera adicional, en adición a un sustrato semiconductor tal como un sustrato de silicio monocristalino, se puede usar un sustrato en el que se proporcione una película delgada eléctricamente conductora (por ejemplo, película ITO) sobre una superficie de una placa de vidrio o similar, como el sustrato eléctricamente conductor. Por lo tanto, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo, se puede aumentar su área de emisión de electrones y se puede disminuir su coste de fabricación, en comparación con el electrodo de tipo
- 20 Spindt.

Aunque se lleven a cabo tanto el tratamiento de oxidación anódica como el tratamiento de oxidación que usa ácido tras el tratamiento de oxidación anódica usando el mismo tanque de procesamiento de oxidación anódica en la Forma de Realización 1, se da por supuesto que se pueden llevar a cabo cada uno de los tratamientos usando su tanque de procesamiento de oxidación anódica individual.

25 (Forma de Realización 2) no de acuerdo con la invención

A partir de ahora en el presente documento, se describirá la Forma de Realización 2. Dicho esto, la construcción fundamental de la fuente de electrones del tipo emisión de campo y el procedimiento de fabricación de la misma de acuerdo con la Forma de Realización 2 son casi los mismos como aquellos de la Forma de Realización 1 excepto los temas siguientes.

- 30 Particularmente, en la Forma de Realización 2, después que se ha completado el tratamiento de oxidación anódica, se retira el electrolito procedente del tanque de procesamiento de oxidación anódica y a continuación se introduce nuevamente ácido sulfúrico de concentración de casi el 10% en el tanque de procesamiento de oxidación anódica. Después, usando el tanque de procesamiento que contiene ácido sulfúrico diluido, se oxida la capa porosa de silicio policristalino 4 dejando constante el flujo de corriente entre el electrodo de platino (no se muestra) y el sustrato de
- 35 silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) de tal manera que el electrodo de platino actúa como un electrodo negativo y el sustrato de silicio 1 actúa como un electrodo positivo. Esto es, en la Forma de Realización 2, se oxida la superficie del cristal fino de silicio compuesto de la nanoestructura, que se forma por medio del tratamiento de oxidación anódica, mediante el ácido sulfúrico diluido.
- Dicho esto, se puede considerar que cuando se oxida la capa porosa de silicio policristalino 4 mediante el ácido
   sulfúrico diluido, se producen dichas reacciones tal como se muestra mediante las siguientes fórmulas de reacción 3 y 4. En las fórmulas de reacción, h<sup>+</sup> denota un hueco, y e<sup>-</sup> denota un electrón.

(Electrodo negativo)

 $H_2SO_4 + 2H^+ \rightarrow SO_2 + 2H_2O + 2h^+$ 

fórmula de reacción 3

(Electrodo positivo)

45

$$2h^+ + Si + 2H_2O \rightarrow SiO_2 + 4H + 2e^-$$
 fórmula de reacción 4

Dicho esto, se puede cambiar de manera conveniente la concentración del ácido sulfúrico diluido o la densidad de corriente en correspondencia con cualquier espesor o calidad deseada, etc., de la capa porosa de silicio policristalino 4 que se va a oxidar.

De manera adicional, se puede ajustar el voltaje potencial en el punto final a un valor preferible (óptimo), por ejemplo, en el intervalo de varias V a varias decenas de V. más aún, se pueden ajustar de manera conveniente la luz aplicada o la temperatura a un valor preferible.

(Forma de Realización 3) (no de acuerdo con la invención)

A partir de ahora en el presente documento, se describirá la Forma de Realización 3. Dicho esto, la construcción fundamental de la fuente de electrones del tipo emisión de campo y el procedimiento de fabricación de la misma de

acuerdo con la Forma de Realización 3 son casi los mismos que aquellos de la Forma de Realización 1, excepto los temas siguientes.

Particularmente, en la Forma de Realización 3, después que se ha completado el tratamiento de oxidación anódica, se retira el electrolito procedente del tanque de procesamiento de oxidación anódica, y a continuación se introduce

- 5 nuevamente agua regia ((ácido clorhídrico concentrado) : (ácido nítrico concentrado) = 3:1) en el tanque de procesamiento de oxidación anódica. De esta manera, se oxida la capa porosa de silicio policristalino 4 mediante el agua regia. Debido a que el silicio se oxida de forma gradual en el agua regia, la superficie del cristal fino de silicio se oxida mediante el agua regia que ha perneado en los poros de la capa porosa de silicio policristalino 4 en la Forma de Realización 3.
- 10 De esta manera, en las Formas de Realización 1 a 3, la porosidad de la capa porosa de silicio policristalino 4 es casi uniforme en la dirección del espesor de la capa produciendo la densidad de corriente constante durante la etapa de oxidación anódica. Sin embargo, cambiando la densidad de corriente durante la etapa de oxidación anódica, se puede producir una estructura tal que se laminen por turnos las capas porosas de silicio policristalino con porosidad más grande y la capa porosa de silicio policristalino con porosidad más pequeña, o una estructura tal cambia sucesivamente la porosidad en la dirección del espesor de la capa. 15

Entre tanto, en las Formas de Realización 1 a 3, se forma la capa impulsora del campo fuerte 6 mediante oxidación de la capa porosa de silicio policristalino usando ácido. Sin embargo, se puede formar la capa impulsora del campo fuerte usando ácido oxidando el silicio poroso policristalino que se forma fabricando silicio poroso monocristalino por medio del tratamiento de oxidación anódica.

#### 20 (Forma de Realización 4) (no de acuerdo con la invención)

A partir de ahora en el presente documento, se describirá la Forma de Realización 4. En la fuente de electrones del tipo emisión de campo10 de acuerdo con una cualquiera de las Formas de Realización 1 a 3, se forma la capa impulsora del campo fuerte 6 oxidando la capa porosa del semiconductor (capa porosa de silicio policristalino 4 o capa porosa de silicio monocristalino), que se ha formado por medio del tratamiento de oxidación anódica, usando

- 25 ácido. De manera adicional, debido a que la solución de la mezcla, en la que se mezclan conjuntamente solución acuosa de fluoruro de hidrógeno y etanol, se usa como un electrolito en el tratamiento de oxidación anódica, los átomos de silicio en la capa porosa del semiconductor se finalizan por átomos de hidrógeno. De acuerdo con esto, debido a que el contenido de hidrógeno en la capa impulsora del campo fuerte 6 llega a ser comparativamente más alto, la distribución de los átomos de hidrógeno cambia con el lapso de tiempo de tal manera que se puede
- 30 deteriorar la estabilidad de la eficiencia de emisión de electrones con el paso del tiempo. Por ejemplo, cuando se modela la película delgada eléctricamente conductora 7 (película delgada de oro) sobre la capa impulsora del campo fuerte 6, los átomos de hidrógeno pueden desprenderse de la capa impulsora del campo fuerte 6 de tal manera que puede deteriorarse la estabilidad con el paso del tiempo. De manera adicional, debido a que los átomos de silicio en la capa porosa del semiconductor se finalizan por átomos de hidrógeno, puede ser difícil formar una película 35 instantánea de óxido tal como SiO<sub>2</sub>.

40

Por otra parte, en la Forma de Realización 4, antes de que se oxide la capa porosa del semiconductor (capa porosa de silicio policristalino 4 o capa porosa de silicio monocristalino) que se ha formado por medio del tratamiento de oxidación anódica, usando ácido (por ejemplo, ácido nítrico diluido, ácido sulfúrico diluido o agua regia), particularmente antes que se forme electroquímicamente la película de óxido de silicio, los átomos de hidrógeno que finalizan los átomos de silicio se sustituyen con átomos de oxígeno sumergiendo la capa porosa del semiconductor en una solución oxidante durante un tiempo capaz de oxidar su capa muy superficial. Dicho esto, como la solución oxidante anteriormente mencionada, es preferible usar una cualquiera o una mezcla de varias seleccionadas en un grupo de oxidantes compuestos por ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), ácido clorhídrico (HCI) y peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

- 45 De esta manera, en la Forma de Realización 4, tal como se muestra en la Fig. 6A, se forma la capa impulsora del campo fuerte 6 oxidando la capa porosa del semiconductor, cuya capa muy superficial se ha oxidado mediante la solución oxidante, usando ácido. De acuerdo con esto, cuando se forma la capa porosa del semiconductor, por medio del tratamiento de oxidación anódica, los átomos de hidrógeno, que finalizan los átomos de la superficie de la capa porosa del semiconductor, se sustituyen con átomos de oxígeno mediante la solución oxidante. En
- 50 consecuencia, el contenido de hidrógeno en la capa impulsora del campo fuerte 6 llega a ser más pequeño, por lo tanto el cambio dependiente del tiempo de la distribución de hidrógeno en la capa impulsora del campo fuerte 6 se vuelve más pequeño de tal manera que se puede mejorar la estabilidad de la capa. De manera adicional, en la Forma de Realización 4, debido a que la película de óxido producida oxidando la capa porosa del semiconductor usando ácido tiende a formar una estructura de SiO<sub>2</sub> o una estructura similar a la estructura de SiO<sub>2</sub>, se puede
- mejorar la pequeñez y calidad de la película de óxido de tal manera que se mejore la eficiencia de emisión de 55 electrones y de manera adicional se aumente la interrupción del voltaje. Dicho esto, la función de la capa impulsora del campo fuerte 6 es igual que la de la capa impulsora del campo fuerte 6 en la Forma de Realización 1.

Dicho esto, si se calienta la solución oxidante, se puede acortar el tiempo del proceso del tratamiento de oxidación por medio de la solución oxidante de tal manera que se puede mejorar su rendimiento.

Además, como se muestra en la Fig. 6B, como el sustrato eléctricamente conductor, se puede usar un sustrato en el que se forme la película eléctricamente conductora 12 (por ejemplo, película ITO) sobre una placa aislante 11 tal como una placa de vidrio (o placa cerámica). En este caso, se puede conseguir más fácilmente aumentar el área de emisión de electrones de la fuente de electrones del tipo emisión de campo y disminuir el coste de elaboración de la fuente en comparación con el caso que usa un sustrato semiconductor.

A continuación, se describirá como un ejemplo un procedimiento de elaboración de una fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de realización 4, haciendo referencia mientras a las Figs. 7A a 7D. Sin embargo, debido a que el procedimiento de fabricación es casi el mismo que el procedimiento de fabricación descrito en la Forma de Realización 1 (Figs 2A-2D), se dan los miembros que corresponden a los miembros de la Forma de Realización 1 con el mismo número al igual que aquellos de la Forma de realización 1 de forma que se omitirá la

10 Realización 1 con el mismo número al igual que aquellos de la Forma de realización 1 de forma que se omitirá la descripción detallada acerca de ellos. De manera adicional, como las etapas son las mismas que las descritas en la Forma de Realización 1, se simplificará u omitirá la descripción acerca de ellas.

En el procedimiento de elaboración de acuerdo con la Forma de Realización 4, al igual que en el caso de la Forma de Realización 1, después que se ha formado un electrodo óhmico 2 sobre la superficie posterior de un sustrato de silicio de tipo n 1, se forma una capa de silicio policristalino no dopado 3 de aproximadamente 1,5 µm de espesor sobre la superficie frontal de la capa de silicio de tipo n 1 por medio del procedimiento LPCVD de tal manera que se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 7A. En la Forma de Realización 4, el sustrato de silicio de tipo n 1

(tipo de sustrato (100)), que se usa como sustrato eléctricamente conductor, tiene una resistividad eléctrica de 0,01

- a 0,02 Ω cm y un espesor de 525 μm.
  20 A continuación, se forma una capa porosa de silicio policristalino 4 llevando a cabo un tratamiento de oxidación anódica en la capa de silicio policristalino 3 usando un tanque de procesamiento de oxidación anódica que contiene electrolito compuesto por una mezcla en la que se mezclan conjuntamente una solución acuosa de fluoruro de hidrógeno del 55% en peso y etanol en la relación de casi 1:1. Se lleva a cabo el tratamiento de oxidación anódica con corriente constante aplicando a la vez luz a la capa 3 de tal manera que el electrodo de platino (no se muestra)
- 25 actúa como un electrodo negativo y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) actúa como un electrodo positivo. De esta manera, se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 7B. En el tratamiento de oxidación anódica, se ajusta la densidad de la corriente al valor constante de 30 mA/cm<sup>2</sup>, y se ajusta el tiempo de la etapa de oxidación anódica a 10 segundos. De manera adicional, durante el tratamiento de oxidación anódica, se aplica luz a la superficie de la capa de silicio policristalino 3 usando una lámpara de tungsteno de 500 W. Dicho esto, en la
- 30 Forma de Realización 4, se lleva a cabo el tratamiento de oxidación anódica de tal manera que sólo un área cuyo diámetro es 10 mm en la superficie de la capa de silicio policristalino 3 contacta con el electrolito, mientras que el otro área se sella de tal manera que se evita el contacto con el electrolito. De manera adicional, en la Forma de Realización 4, la capa de silicio policristalino 3 se hace completamente porosa.
- A continuación, se oxida la capa muy superficial de la capa porosa de silicio 3 mediante una solución oxidante. En la
   Forma de Realización 4, como solución oxidante, se usa ácido nítrico (ácido nítrico concentrado) calentado hasta
   115ºC, cuya concentración es de casi un 70 %. El tiempo de oxidación es de 10 minutos.

Después, el ácido nítrico diluido de casi un 10% de concentración se introduce nuevamente en el tanque de procesamiento de oxidación anódica. De esta manera, usando el tanque de procesamiento de oxidación anódica que contiene ácido nítrico diluido, se oxida la capa porosa de silicio policristalino 4 dejando constante el flujo de la

40 corriente entre el electrodo de platino y el sustrato de silicio de tipo n 1 de tal manera que el electrodo de platino actúa como un electrodo negativo y el sustrato de silicio 1 actúa como un electrodo positivo. De esta manera, se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 7C. En la Fig. 7C el número 6 denota una capa impulsora del campo fuerte formada oxidando la capa porosa de silicio policristalino 4, cuya verdadera capa superficial se ha oxidado mediante la solución oxidante, usando ácido (aunque en la Forma de Realización 4 se usa ácido nítrico diluido, se pueden usar ácido sulfúrico o agua regia).

Después que se ha formado la capa impulsora del campo fuerte 6, se forma una película delgada eléctricamente conductora 7, que está compuesta por una película delgada de oro, sobre la capa impulsora del campo fuerte 6. De esta manera, se obtiene una fuente de electrones tal del tipo emisión de campo 10 que tiene la estructura mostrada en la Fig. 7D. Aunque se ajusta el espesor de la película delgada eléctricamente conductora 7 a casi 15 nm en la Forma de Pealización 4, no necesita restringirse el espesor a esto.

50 Forma de Realización 4, no necesita restringirse el espesor a esto.

(Forma de Realización 5) (no de acuerdo con la invención)

A partir de ahora en el presente documento, se describirá la Forma de Realización 5. Sin embargo, debido a que la construcción fundamental y el procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de Realización 5 son casi los mismos que aquellos de la Forma de Realización 4 (de manera adicional la Forma de Realización 1), como también los elementos constructivos y la etapa de elaboración, que corresponden a los de la Forma de Realización 4, se simplificara u omitirá una descripción detallada acerca de los mismos. De esta manera, se describirán principalmente las diferencias con la Forma de Realización 4. Se describirá la Forma de Realización 5, en referencia a las Figs. 6A-6B, Figs. 7A-7D, Fig. 8 y Fig. 9. En la Forma de Realización 5, como el sustrato eléctricamente conductor, se usa un sustrato de silicio de tipo n monocristalino 1 cuya

55

5

resistividad eléctrica está comparativamente cerca a aquella de un conductor eléctrico (por ejemplo el tipo de sustrato (100) cuya resistividad eléctrica es aproximadamente de  $0,1 \Omega$  cm).

En la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 mostrado en la Fig. 6A de acuerdo con la Forma de Realización 5, también, al igual que en el caso de la Forma de Realización 4, los electrones inyectados desde el

- 5 sustrato de silicio de tipo n 1 a la capa impulsora del campo fuerte 6 se impulsan a la capa 6 y a continuación pasan a través de la película delgada eléctricamente conductora 7 (electrodo superficial) para ser emitidos hacia el exterior. La fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 se caracteriza porque la capa impulsora del campo fuerte 6 tiene una película instantánea de óxido en la que el contenido de hidrógeno (entrada) es menor en comparación con el caso convencional. Dicho esto, la película de óxido es una película muy diminuta que tiene una estructura de SiO<sub>2</sub>
- 10 o una estructura más cercana a la estructura de SiO<sub>2</sub>. En la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10, debido a que es menor el contenido de hidrógeno (entrada) en la capa impulsora del campo fuerte 6, es menor el deterioro de la eficiencia de emisión de electrones debido al cambio dependiente de tiempo de la distribución de hidrógeno en comparación con el caso convencional. De manera adicional, debido a que la película de óxido es muy instantánea en comparación con el caso convencional, es más alta la interrupción del voltaje por aislamiento de la
- 15 fuente.

40

45

Además, en la Forma de realización 5, aunque la capa impulsora del campo fuerte 6 está compuesta por la capa porosa de silicio policristalino, la capa 6 puede estar compuesta por silicio poroso monocristalino oxidado.

A continuación, se describirá como ejemplo un procedimiento de fabricación de una fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de Realización 5, haciendo referencia a las Figs. 7A a 7D. Sin embargo, debido a que el procedimiento de fabricación es casi el mismo que el procedimiento de fabricación es casi el mismo que el procedimiento de fabricación descrito en la Forma de Realización 4 (Figs. 7A-7D), se proporcionan los miembros que corresponden a los miembros en la Forma de realización 4 con los mismos números al igual que los de la Forma de Realización 4 de tal manera que se simplificará u omitirá la descripción detallada acerca de los mismos. De manera adicional, como las etapas son las mismas que aquellas de la Forma de Realización 4, se

25 simplificará u omitirá la descripción acerca de las mismas.

En el procedimiento de fabricación de acuerdo con la Forma de Realización 5, al igual que en el caso de la Forma de Realización 4, después que se ha formado un electrodo óhmico 2 sobre la superficie posterior de un sustrato de silicio de tipo n 1, se forma una capa de silicio policristalino no dopado 3 con un espesor predeterminado (por ejemplo 1,5 µm), que es una de las capas de semiconductor, sobre la superficie frontal de la capa de silicio de tipo n

30 1 de tal manera que se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 7A. Dicho esto, al igual que en el caso de la Forma de Realización 4 (Forma de Realización 1), cuando el sustrato eléctricamente conductor es un sustrato semiconductor, se puede formar la capa de silicio policristalino 3 por medio del procedimiento LPCVD, el procedimiento de chisporroteo o similar. Mientras tanto, cuando el sustrato eléctricamente conductor es un sustrato en el que se forma una película eléctricamente conductora sobre una placa de vidrio, se puede formar una capa de silicio policristalino 3 por medio del procedimiento de chisporto del procedimiento conductor a sobre una placa de vidrio, se puede formar una capa de silicio policristalino 3 por medio del procedimiento similar a aquel de la Forma de Realización 4.

Después que se ha formado la capa de silicio policristalino no dopado 3, al igual que en el caso de la Forma de Realización 4, se forma una capa porosa de silicio policristalino 4 llevando a cabo el tratamiento de oxidación anódica de tal manera que se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 7B. Aunque la intensidad de la luz aplicada a la capa de silicio policristalino 3 y la densidad de la corriente son constantes durante el procedimiento de oxidación anódica en el tratamiento de oxidación anódica en la Forma de realización 5, se pueden cambiar aquellas de manera conveniente durante el procedimiento (por ejemplo, se puede cambiar la densidad de la corriente).

Después que se ha completado la oxidación anódica, se oxida la capa muy superficial de la capa porosa de silicio policristalino 4 usando una solución oxidante. De manera adicional, la capa 4 se oxida por medio de un procedimiento RTO da tal manera que se forma una capa impulsora del campo fuerte 6. De esta manera, se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 7C. En breve, en la Forma de Realización 5, los átomos de hidrógeno, que finalizan los átomos de silicio en la capa porosa de silicio policristalino 4 formada por medio del tratamiento de oxidación anódica, se sustituyen con átomos de oxígeno mediante la solución oxidante. Dicho esto, como la solución oxidante, se puede usar una cualquiera o una mezcla de varias seleccionadas en un grupo de oxidantes compuestos por ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), ácido clorhídrico (HCI) y peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

- 50 Después que se ha formado la capa impulsora del campo fuerte 6, se forma una película delgada eléctricamente conductora 7, que está compuesta de una película delgada de oro, sobre la capa impulsora del campo fuerte 6, por ejemplo, por medio del procedimiento de depósito con vapor. De esta manera, se obtiene una fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 tal que tiene la estructura que se muestra en la Fig. 7D. Dicho esto, no necesita restringirse el espesor de la película delgada eléctricamente conductora 7 a un valor concreto, puede ser cualquier
- valor deseable si sólo los electrones, que han pasado a través de la capa impulsora del campo fuerte 6, pueden pasar a través de la película 7. De manera adicional, aunque se forme la película delgada eléctricamente conductora 7 por medio del procedimiento de depósito con vapor en la Forma de Realización 5, no necesita restringirse el procedimiento de formar la película delgada eléctricamente conductora 7 para el procedimiento de depósito con vapor. Se puede usar, por ejemplo el procedimiento de chisporroteo.

De esta manera, en el procedimiento de fabricación anteriormente mencionado, se lleva a cabo el procedimiento RTO en una capa muy superficial de la capa porosa de silicio policristalino 4 formada por medio del tratamiento de oxidación anódica tras el procedimiento de oxidación usando la solución oxidante, por tanto el contenido de hidrógeno en la capa impulsora del campo fuerte 6 llega a ser más pequeño de tal manera que se forma una película pequeña de óxido que tiene una estructura de SiO<sub>2</sub> o una estructura más cercana a la estructura de SiO<sub>2</sub>. En

- 5 pequeña de óxido que tiene una estructura de SiO<sub>2</sub> o una estructura más cercana a la estructura de SiO<sub>2</sub>. En consecuencia, se puede obtener la fuente de electrones del tipo emisión de campo, en la que el cambio dependiente del tiempo de la eficiencia de emisión de electrones es menor y de manera adicional la interrupción del voltaje es más alta.
- Además, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 elaborada de acuerdo con el procedimiento de elaboración anteriormente mencionado, al igual que en la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 de acuerdo con la Forma de Realización 4, se pueden emitir los electrones de manera estable, debido a que su propiedad de emisión de electrones tiene una dependencia más pequeña con el grado de vacío, y de manera adicional, no se produce un fenómeno de chasquido cuando se emiten los electrones. De manera adicional, además de un sustrato semiconductor tal como un sustrato de silicio monocristalino, se puede usar un sustrato en el que se
- 15 proporciona una película eléctricamente conductora (por ejemplo, película ITO) sobre una superficie de una placa de vidrio o similar, como sustrato eléctricamente conductor. Por lo tanto, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo, se puede aumentar su área de emisión de electrones y se puede disminuir su coste de elaboración, en comparación con el electrodo de tipo Spindt.

### Ejemplo 1

25

20 A partir de ahora, como Ejemplo 1, se describirá una fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 fabricada bajo las siguientes condiciones, por medio del procedimiento de fabricación de acuerdo con la Forma de Realización 5.

En el Ejemplo 1, tal como en el sustrato 1 de silicio de tipo n, se usó un sustrato de tipo silicio (100), en el que la resistividad eléctrica fue de 0,01-0,02  $\Omega$  cm y el espesor fue de 525 µm. Se forón la capa de silicio policristalino 3 (véase Fig. 7A), por medio del procedimiento LPCVD. En el procedimiento de formación de la película, el grado de

vacío fue de 20 Pa, la temperatura del sustrato fue de 640º C, y el caudal del gas monosilano fue de 600 scm<sup>3</sup>/m.

En el tratamiento de oxidación anódica, se usó un electrolito en el que se mezclaron conjuntamente la solución acuosa de fluoruro de hidrógeno de un 55 % en peso y etanol en la relación próxima a 1:1. En el tratamiento de oxidación anódica, únicamente una región de 10 mm de diámetro en la superficie de la capa de silicio policristalino 3

- hizo contacto con el electrolito, mientras que la otra región de la superficie se selló, de tal manera que no hizo contacto con el electrolito. De manera adicional, se sumergió un electrodo de platino en el electrolito, y a continuación se hizo fluir una corriente predeterminada entre el electrodo de platino y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) de tal manera que el electrodo de platino se volvió un electrodo negativo y el sustrato 1 se volvió un electrodo positivo, aplicando a la vez luz con una energía luminosa constante (intensidad) a la capa de silicio policristalino 3 usando una lámpara de tungsteno de 500 W. Dicho esto, la densidad de la corriente tuvo un
- 35 silicio policristalino 3 usando una lampara de tungsteno de 500 W. Dicho esto, la densidad de la corriente tuvo un valor constante de 30 mA/cm<sup>2</sup>, y el tiempo del procedimiento de oxidación anódica fue de 10 segundos.

Como solución oxidante, se usó ácido nítrico (siendo su concentración al 70 %) calentado hasta 115º C. Cabe mencionar que, si se calienta la solución oxidante, se aumenta la velocidad de oxidación de tal manera que se puede acortar el tiempo del procedimiento de oxidación usando la solución oxidante.

- 40 En el procedimiento RTO para oxidar la capa porosa de silicio policristalino 4, el caudal del gas oxígeno fue de 300 scm<sup>3</sup>/m, la temperatura de oxidación fue de 900º C, y el tiempo de oxidación fue de 1 hora. Se formó la película delgada eléctricamente conductora 7 (película delgada de oro 7) por medio del procedimiento de depósito con vapor, siendo el espesor de la película de 15 nm.
- Se introdujo la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 en una cámara de vacío (no se muestra), y a continuación se dispuso un electrodo colector 21 (electrodo para recoger los electrones emitidos) en una posición enfrentada a la película delgada eléctricamente conductora 7 tal como se muestra en la Fig. 8. A continuación, se ajustó el grado de vacío en la cámara de vacío a 5 x 10<sup>-5</sup> Pa, se aplicó voltaje Vps con CC entre la película delgada eléctricamente conductora 2 (cátodo), y de manera adicional, se aplicó voltaje Vc con CC de 100 V entre el electrodo colector 21 y la película delgada eléctricamente conductora 7. De esta manera,
- 50 se midieron la corriente lps del diodo que fluye entre la película delgada eléctricamente conductora 7 y el electrodo óhmico 2, y la corriente le de electrones emitidos que fluye entre el electrodo colector 21 y la película delgada eléctricamente conductora 7 debido a que los electrones e<sup>-</sup> emitidos desde la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 atraviesan la película delgada eléctricamente conductora 7 (La línea rayada en la Fig. 8 muestra la corriente de los electrones emitidos.).
- 55 La Fig. 9 muestra el resultado de la medida. En la Fig. 9, el eje horizontal muestra el voltaje Vps con CC, y el eje vertical muestra la densidad de la corriente. De manera adicional, en la Fig 9, las marcas O (①) y (②) muestran la corriente lps del diodo y la corriente le de los electrones emitidos en el Ejemplo 1, respectivamente.

Además, en la Fig. 9, como ejemplo para comparación, se muestra también el resultado obtenido llevando a cabo

una medida similar a la de la medida anteriormente mencionada así como una fuente de electrones del tipo emisión de campo, que se fabricó bajo las mismas condiciones que aquellas del Ejemplo 1 excepto que se omitió la oxidación usando la solución oxidante antes del procedimiento RTO. En la Fig. 9, las marcas  $\Box$  (③) y  $\blacksquare$  (④) muestran la corriente lps del diodo y la corriente le de los electrones emitidos en el ejemplo para comparación, respectivamente.

Como es evidente a partir de la Fig 9, cuando se compara el Ejemplo 1 con el ejemplo para comparación, la corriente lps del diodo del Ejemplo 1 es menor que la del ejemplo para comparación aunque las corriente le de electrones emitidos de ambos sean casi iguales. Debido a que la eficiencia de emisión de electrones se expresa mediante la relación de la corriente le de electrones emitidos a la corriente lps del diodo, esto es le/lps, puede ser comprensible que la eficiencia de emisión de electrones de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 de

10 comprensible que la eficiencia de emisión de electrones de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 de acuerdo con el Ejemplo 1 sea más alta que la del ejemplo para comparación. De manera adicional, se produce una interrupción dieléctrica en un punto en el que el voltaje Vps con CC es 22 en el ejemplo para comparación, mientras que no se produce dicha interrupción dieléctrica en el Ejemplo 1 incluso si se aumenta el voltaje Vps con CC hasta 28 V. Esto es, el voltaje de interrupción del Ejemplo 1 es más alto que el del ejemplo para comparación.

### 15 Ejemplo 2

5

20

35

45

55

A partir de ahora en el presente documento, como Ejemplo 2, se describirá una fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 fabricada bajo las siguientes condiciones.

En el Ejemplo 2, tal como en el sustrato de silicio de tipo n 1, se usó un sustrato de silicio tipo (100), en el que la resistividad eléctrica fue de 0,01-0,02 Ω cm y el espesor fue de 525 μm. Se fortón la capa de silicio policristalino 3 (véase Fig. 7A) por medio del procedimiento LPCVD. En el procedimiento de formación de la película, el grado de vacío fue de 20 Pa, la temperatura del sustrato fue de 640° C, y el caudal del gas monosilano fue de 600 scm<sup>3</sup>/m.

En el tratamiento de oxidación anódica, se usó un electrolito en el que se mezclaron conjuntamente la solución acuosa de fluoruro de hidrógeno de un 55 % en peso y etanol en la relación próxima a 1:1. En el tratamiento de oxidación anódica únicamente hizo contacto una región de 10 mm de diámetro en la superficie de la capa de silicio

- 25 policristalino 3 con el electrolito, mientras que la otra región de la superficie se selló de tal manera que no hizo contacto con el electrolito. De manera adicional, se sumergió un electrodo de platino en el electrolito, y a continuación se hizo fluir una corriente predeterminada entre el electrodo de platino y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) de tal manera que el electrodo de platino se volvió un electrodo negativo y el sustrato 1 se volvió un electrodo positivo, aplicando a la vez luz con una energía luminosa constante (intensidad) a la capa de
- 30 silicio policristalino 3 usando una lámpara de tungsteno de 500 W. Dicho esto, la densidad de la corriente tuvo un valor constante de 30 mA/cm<sup>2</sup>, y el tiempo del procedimiento de oxidación anódica fue de 10 segundos.

Después que se hubo formado la capa de silicio policristalino 4, se oxidó electroquímicamente la capa 4 con la corriente constante de 1 mA/cm<sup>2</sup> en una solución 1 molar en % en peso de ácido sulfúrico a 70° C de tal manera que el electrodo de platino se volvió un electrodo negativo y el sustrato de silicio de tipo n 1 (sustrato eléctricamente conductor) se volvió un electrodo positivo. A continuación se lavó la capa porosa de silicio policristalino 4, se formó una película

agua y se seco de manera adicional. Ademas, sobre la capa porosa de silicio policristalino 4, se formo una película delgada eléctricamente conductora 7 (electrodo superficial) compuesta por oro (Au) que tenía un espesor de 10 nm.

De esta manera, se midió la eficiencia de emisión de electrones de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 obtenida tal como se ha descrito anteriormente de tal manera que la película delgada eléctricamente 40 conductora 7 se volvió un electrodo positivo y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) se volvió un electrodo negativo. De acuerdo con la medida, cuando el voltaje Vps fue de 20 V, la corriente de electrones emitidos fue de 1 µm/cm<sup>2</sup>. En la Fig. 14 se muestra el resultado.

De esta manera, aunque se llevó a cabo el único tratamiento de oxidación a menor temperatura, se observó la emisión de electrones de la corriente de electrones emitidos. Por lo tanto, si se usó un sustrato tal como una placa de vidrio, que requiere que se trate en un procedimiento a menor temperatura, se puede fabricar cualquier fuente de electrones del tipo emisión de campo deseada.

Dicho esto, no necesitan restringirse las condiciones de procesamiento tales como un tipo de ácido, la densidad de la corriente o similar a la condición anteriormente mencionada.

#### Ejemplo 3

50 A partir de ahora en el presente documento, como Ejemplo 3, se describirá una fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 fabricada bajo las siguientes condiciones.

En el Ejemplo 3, como en el sustrato de silicio de tipo n 1, se usó un sustrato de tipo silicio (100), en el que la resistividad eléctrica fue de 0,01-0,02  $\Omega$  cm y el espesor fue de 525  $\mu$ m. Se formíla capa de silicio policristalin o 3 (véase Fig. 7A) por medio del procedimiento LPCVD. En el procedimiento de formación de la película, el grado de vacío fue de 20 Pa, la temperatura del sustrato fue de 640° C, y el caudal del gas monosilano fue de 600 scm<sup>3</sup>/m.

En el tratamiento de oxidación anódica, se usó un electrolito en el que se mezclaron conjuntamente la solución acuosa de fluoruro de hidrógeno de un 55 % en peso y etanol en la relación próxima a 1:1. En el tratamiento de oxidación únicamente hizo contacto una región de 10 mm de diámetro en la superficie de la capa de silicio policristalino 3 con el electrolito, mientras que la otra región de la superficie se selló de tal manera que no hizo

5 contacto con el electrolito. De manera adicional, se sumergió un electrodo de platino en el electrolito, y a continuación se hizo fluir una corriente predeterminada entre el electrodo de platino y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) de tal manera que el electrodo de platino se volvió un electrodo negativo y el sustrato 1 se volvió un electrodo positivo, aplicando a la vez luz con una energía luminosa constante (intensidad) a la capa de silicio policristalino 3 usando una lámpara de tungsteno de 500 W. Dicho esto, la densidad de la corriente tuvo un valor constante de 30 mA/cm<sup>2</sup>, y el tiempo del procedimiento de oxidación anódica fue de 10 segundos.

Después que se hubo formado la capa de silicio policristalino 4, se oxidó electroquímicamente la capa 4 con la corriente constante de 20 mA/cm<sup>2</sup> en una solución 1 molar en % en peso de ácido sulfúrico a 25º C de tal manera que el electrodo de platino se volvió un electrodo negativo y el sustrato de silicio de tipo n 1 (sustrato eléctricamente conductor) se volvió un electrodo positivo. A continuación se lavó la capa porosa de silicio policristalino 4 usando

- 15 agua y se secó de manera adicional. De manera adicional, se llevó a cabo en la capa 4 un tratamiento suplementario de oxidación por medio del procedimiento de oxidación térmica rápida. En el procedimiento de oxidación térmica rápida, el caudal del gas oxígeno fue de 300 scm<sup>3</sup>/m, la temperatura de oxidación fue de 750° C y el tiempo de oxidación fue de 1 hora.
- A continuación, sobre la capa porosa de silicio policristalino 4, se formó una película delgada eléctricamente 20 conductora 7 (electrodo superficial) compuesta por oro (Au) que tenía un espesor de 10 nm.

De esta manera, se midió la eficiencia de emisión de electrones de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 obtenida tal como se ha descrito anteriormente de tal manera que la película delgada eléctricamente conductora 7 se volvió un electrodo positivo y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) se volvió un electrodo negativo. De acuerdo con la medida, cuando el voltaje Vps fue de 20 V, la corriente de electrones emitidos fue de 10 µm/cm<sup>2</sup>. En la Fig. 15 se muestra el resultado.

- De esta manera, aunque se llevó a cabo el único tratamiento de oxidación a temperatura comparativamente menor en comparación con el procedimiento que usa únicamente el procedimiento de oxidación térmica rápida, se observó mucha emisión de electrones de la corriente de electrones emitidos. Por lo tanto, si se usa un sustrato, que requiere que se trate en un procedimiento a menor temperatura, se puede fabricar cualquier fuente de electrones del tipo emisión de campo deseada.
  - Dicho esto, no necesitan restringirse a la condición anteriormente mencionada las condiciones de procesamiento tales como el tipo de ácido, la temperatura del ácido, la densidad de la corriente, el tipo de oxidación térmica rápida o similares.

### Forma de Realización 6

25

30

45

A partir de ahora en el presente documento, se describirá la Forma de Realización 6 de la presente invención. Sin embargo, debido a que la construcción fundamental y el procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de Realización 6 son casi las mismas a aquellas descritas para la Forma de Realización 5, y también los elementos constructivos y la etapa de fabricación que corresponden a aquellos de la Forma de Realización 5, se simplificará u omitirá la descripción detallada acerca de los mismos. De esta manera, se describirán principalmente las diferencias con la Forma de Realización 5. Se describirá la Forma de Realización 6, en referencia a las Figs. 6A-6B, las Figs. 7A-7D, la Fig. 8 y las Figs. 10A-10B.

Tal como se ha descrito anteriormente, en la fuente de electrones 10 del tipo emisión de campo que se muestra en la Fig. 4, la capa impulsora del campo fuerte 6 incluye al menos los granos de silicio policristalino conformados como columna 61. las películas delgadas 62 de óxido de silicio formadas sobre las superficies de los granos de silicio policristalino 61, las capas finas de silicio policristalino 63 de orden nanométrico que existen entre los granos de silicio policristalino 61, y las películas de los de óxido de silicio 64 formadas sobre las superficies de las capas finas de silicio cristalino 63, siendo cada una de las películas 64 una película aislante que tiene un espesor más pequeño que el diámetro de una partícula de cristal de la capa fina de silicio policristalino 63.

- En la capa impulsora del campo fuerte 6 de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 descrita anteriormente, se puede considerar que se hace porosa la superficie de cada uno de los granos, mientras se mantiene el estado del cristal en la porción central de cada uno de los granos. Por lo tanto, el campo eléctrico, que se aplica a la capa impulsora del campo fuerte 6, se aplica en su mayor parte a las películas de óxido de silicio 64. De esta manera, los electrones inyectados a la capa 6 se aceleran mediante el campo fuerte aplicado a las películas de óxido de silicio 64 así los electrones se derivan entre los granos de silicio policristalino 61 en la dirección de la flecha A en la Fig. 4 hacia la superficie de la capa 6. En consecuencia, se mejora la eficiencia de emisión de
- 55 flecha A en la Fig. 4 hacia la superficie de la capa 6. En consecuencia, se mejora la eficiencia de emisión de electrones de la fuente.

De esta manera, los inventores de la presente solicitud han llevado a cabo las siguientes invenciones de acuerdo con la Formas de Realización 6 a 14 a la vista de las películas de óxido de silicio 64. Esto es, los inventores de la

presente solicitud consideran que se podrían recubrir las superficies completas de las capas finas de silicio cristalino 63 mediante átomos de oxígeno 65 tal como se muestra en la Fig. 10A cuando las superficies de las capas finas de silicio cristalino 63 se han oxidado de manera completa, mientras las superficies de las capas finas de silicio cristalino 63 podrían no recubrirse completamente mediante los átomos de oxígeno 65 tal como se muestra en la Fig. 10B cuando se ha llevado a cabo la oxidación mediante el procedimiento RTO (a saber, las capas finas de silicio

- 5 cristalino 63 estarían insuficientemente cubiertas por los átomos de oxígeno 65). De esta manera, los inventores han llevado a cabo la invención de acuerdo con las Formas de Realización 6 a 14 en función de la consideración anteriormente mencionada. En la Forma de Realización 6, como sustrato eléctricamente conductor se usa un sustrato de silicio de tipo n 1 cuya resistividad eléctrica está comparativamente próxima a la de un conductor eléctrico (por ejemplo, del tipo del sustrato de silicio 8100) cuya resistividad eléctrica es aproximadamente de 0,0 10
- cm).

45

En la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 que se muestra en la Fig. 6A de acuerdo con la Forma de Realización 6, también, los electrones inyectados desde el sustrato de silicio de tipo n 1, que es un sustrato eléctricamente conductor, impulsan la capa impulsora del campo fuerte 6, y a continuación se emiten hacia el exterior a través de la película delgada eléctricamente conductora 7, mediante un procedimiento igual que el de la

- 15 Forma de Realización 5. Dicho esto, no necesitan restringirse al oro los materiales de la película delgada eléctricamente conductora 7. Se puede usar cualquier material (por ejemplo, aluminio, cromo, tungsteno, níquel, platino o similar) si únicamente su función de trabajo es pequeña.
- De manera adicional, aunque se forme la película delgada eléctricamente conductora 7 como una capa única en la 20 Forma de Realización 6, se puede formar como una película laminada de electrodo delgado compuesta de al menos dos capas laminadas en la dirección del espesor de las capas. Cuando la película delgada eléctricamente conductora 7 está compuesta por una película laminada de electrodo delgado que tiene dos capas, por ejemplo, se puede usar oro o similar como material para la capa superior de la película laminada de electrodo delgado. Por otra parte, se pueden usar como material de la capa inferior de la película laminada de electrodo delgado (la capa delgada enfrentada a la capa impulsora del campo fuerte 6), por ejemplo, cromo, níquel, platino, titanio, iridio o 25
- similares. A continuación se describirá como ejemplo un procedimiento de fabricación de una fuente de electrones del tipo

emisión de campo de acuerdo con la Forma de Realización 6, haciendo referencia a las Figs. 7A a 7D. Sin embargo, debido a que el procedimiento de fabricación es casi el mismo que el procedimiento de fabricación descrito en las formas de Realización 4 ó 5 (Figs. 7A-7D), se proporcionan los mismos números de los miembros correspondientes 30 a los miembros en las Formas de Realización 4 ó 5 al igual que aquellos en las Formas de Realización 4 ó 5 de tal manera que se simplificará o se omitirá la descripción detallada acerca de ellos. De manera adicional, como las etapas son las mismas que aquellas de las Formas de Realización 4 ó 5, se simplificará u omitirá la descripción acerca de ellas.

35 En el procedimiento de fabricación de acuerdo con la Forma de Realización 6, al igual que en el caso de las Formas de Realización 4 ó 5, después que se ha formado un electrodo óhmico 2 sobre la superficie posterior de un sustrato de silicio de tipo n 1, se forma una capa de silicio policristalino no dopado 3 con un espesor predeterminado (por ejemplo, 1,5 µm), que es una de las capas semiconductoras, sobre la superficie frontal de la capa de silicio de tipo n 1 de tal manera que se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 7A. Inmediatamente después de esto, se 40 forma la capa de silicio policristalino 3 por medio de un procedimiento similar al de las Formas de Realización 4 ó 5.

Después que se ha formado la capa de silicio policristalino no dopado, al igual que en el caso de las Formas de Realización 4 ó 5, se forma una capa porosa de silicio policristalino 4 llevando a cabo el tratamiento de oxidación anódica de tal manera que se obtiene la estructura que se muestra en la Fig. 7B. En el tratamiento de oxidación anódica de la Forma de Realización 6, la densidad de la corriente es constante. De manera adicional, durante el procedimiento de oxidación anódica, se aplica luz a la superficie de la capa de silicio policristalino 3 usando una

lámpara de tungsteno de 500 W de tal manera que se hace completamente porosa la capa de silicio policristalino 3. Sin embargo, únicamente se puede hacer porosa una porción de la capa 3 de silicio policristalino.

A continuación, se forma una capa impulsora del campo fuerte 6 mediante oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4 de tal manera que se obtiene la construcción que se muestra en la Fig. 7C. Dicho esto, durante la 50 etapa de oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4, se oxida el sustrato poroso de silicio policristalino aplicando rayos ultravioleta al anterior en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de oxígeno (O2) y ozono (O<sub>3</sub>). Dicho esto, como fuente de luz de rayos ultravioleta, se puede usar, por ejemplo, una lámpara ultravioleta (por ejemplo, una lámpara de mercurio de baja presión cuyo componente principal de longitud de onda es 185 nm o 256 nm) o un láser excimer cuyo componente principal de longitud de onda es 172 nm. Se puede ajustar de manera 55 conveniente el tiempo para aplicar los rayos ultravioleta a un valor en un intervalo de unos pocos minutos a unas pocas horas.

Después que se ha formado la capa impulsora del campo fuerte 6, se forma una película delgada eléctricamente conductora 7 sobre la capa impulsora del campo fuerte 6, por ejemplo, por medio del procedimiento de depósito de vapor. De esta manera, se obtiene dicha fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 que tiene la estructura que se muestra en la Fig. 7D. Dicho esto, aunque se forme la película delgada eléctricamente conductora 7 por

medio del procedimiento de depósito de vapor de la Forma de Realización 6, no necesita restringirse el procedimiento de formación de la película delgada eléctricamente conductora 7 al procedimiento de depósito con vapor. Por ejemplo, se puede usar el procedimiento de chisporroteo.

- Así, en el procedimiento de fabricación descrito en la Solicitud de Patente Japonesa N.º 10-272340 o N.º 10-272342,
  se forma la capa 6 impulsora del campo fuerte mediante la oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4 por medio del procedimiento RTO. En este caso, debido a que la temperatura de oxidación es comparativamente más alta (800-900° C) se puede obligar a usar un sustrato en el que se proporciona una película eléctricamente conductora sobre un vidrio de cuarzo caro, o un sustrato de silicio monocristalino, como sustrato eléctricamente conductor. De acuerdo con esto, debido a que se restringe el aumento del área del sustrato eléctricamente
  conductor, se puede producir, por ejemplo, una desventaja tal que sea difícil conseguir una pantalla que tenga un área más grande.
  - Por el contrario, en el procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de realización 6, debido a que la capa porosa de silicio policristalino 4 se oxida en la atmósfera de gas
- que contiene al menos uno de oxígeno y ozono aplicando a la vez rayos ultravioleta a la anterior durante la etapa de oxidación de la capa de silicio 4, se aumenta la eficiencia de emisión de electrones (eficiencia de emisión de electrones) en comparación con el procedimiento de formación de la capa impulsora del campo fuerte mediante la oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4 por medio del procedimiento RTO. Dicho esto, la eficiencia de emisión de electrones es el valor obtenido mediante la fórmula de (le/lps) x 100 en función de la corriente lps del diodo y la corriente le de electrones emitidos. Se puede considerar que la razón por la cual la eficiencia de emisión
- 20 de electrones es elevada tal como se ha descrito anteriormente, es un tema tal que cuando se aplican los rayos ultravioleta en la atmósfera de ozono, por ejemplo, se cortan los enlaces de silicio en la superficie más superior de la capa fina de silicio cristalino 63 que se muestran en la Fig. 10B mediante los rayos ultravioleta y se producen enlaces Si-O mediante el ozono activo de tal manera que se mejora la relación de la superficie de la capa fina de silicio cristalino 63, que se recubre por átomos de oxígeno 65 (esto es, se acerca a un estado ideal que se muestra
- en la Fig. 10A). De esta manera, la descomposición del gas se promueve con la aplicación de los rayos ultravioleta.

De esta manera, de acuerdo con el procedimiento de fabricación de la Forma de Realización 6, debido a que se oxida la capa porosa de silicio policristalino 4 en la atmósfera de gas que contiene al menos uno de oxígeno y ozono, aplicando a la vez rayos ultravioleta a la anterior durante la etapa de oxidación de la capa de silicio 4, se aumenta la eficiencia de emisión de electrones. De manera adicional, debido a que se forma la capa impulsora del campo fuerte

- 30 6 mediante oxidación de la capa porosa de silicio policristalino sin calentar la capa 4, se puede formar la capa impulsora del campo fuerte a una temperatura menor en comparación con el caso de formación de la capa impulsora del campo fuerte mediante oxidación de la capa porosa de silicio policristalino por medio del procedimiento RTO (en este caso, se debe calentar hasta 800 a 900° C). Por lo tanto, debido a que la temperatura del proceso es menor, se vuelve menor la restricción para los materiales del sustrato eléctricamente conductor de tal manera que se puede
- 35 conseguir fácilmente el aumento del área y la disminución del coste de fabricación.

### Forma de Realización 7

40

A partir de ahora en el presente documento, se describirá la Forma de Realización 7 de la presente invención. Sin embargo, debido a que la construcción fundamental y el procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de Realización 7 son casi los mismos que aquellos de la Forma de realización 6 excepto que su etapa de oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4 es diferente a la de la forma de realización 6. Por lo tanto, en cuanto a los elementos constructivos y la etapa de fabricación que corresponde a aquella de la Forma de Realización 6, se simplificará u omitirá la descripción detallada acerca de ellos. De esta manera, se describirán principalmente las diferencias con la Forma de Realización 6.

- En la Forma de Realización 7, en la etapa de oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4, se oxida la capa
  porosa de silicio policristalino 4 exponiendo la capa 4 al plasma en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de oxígeno u ozono (etapa principal de oxidación). Dicho esto, se puede producir el plasma, por ejemplo, usando una frecuencia elevada de 13,56 MHz. Cuando se usa la frecuencia elevada de 13,56 MHz, se puede ajustar la energía RF a, por ejemplo, de algunas decenas de W a algunas centenas de W. De manera adicional, se puede ajustar de manera conveniente el tiempo de exposición de la capa porosa de silicio policristalino 4 al plasma a un valor en el intervalo de algunos minutos a algunas horas. Dicho esto, se puede producir plasma produciendo una descarga eléctrica en la atmósfera de gas anteriormente mencionada (por ejemplo, gas inerte).
  - De esta manera, de acuerdo con el procedimiento de fabricación de la Forma de Realización 7, al igual que en el caso de la Forma de Realización 6, se puede aumentar la eficiencia de emisión de electrones en comparación con el caso convencional de formación de la capa impulsora del campo fuerte por medio del procedimiento RTO. De
- 55 manera adicional, al igual que en el caso de la Forma de Realización 6, se puede aumentar fácilmente el área de la fuente 10 de electrones del tipo emisión de campo y de manera adicional, se puede disminuir fácilmente el coste de fabricación de la fuente.

### Forma de Realización 8

5

A partir de ahora en el presente documento, se describirá la Forma de Realización 8 de la presente invención. Sin embargo, debido a que la construcción fundamental y el procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de Realización 8 son casi los mismos que aquellos de la Forma de Realización 6 excepto, que su etapa de oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4 es diferente de la de la Forma de Realización 6. Por lo tanto, en cuanto a los elementos constructivos y la etapa de fabricación que corresponden a aquellos en la Forma de Realización 6, se simplificará u omitirá la descripción acerca de ellos. De esta manera, se describirán principalmente las diferencias con la Forma de Realización 6.

- En la Forma de Realización 8, en la etapa de oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4, se oxida la capa 4 porosa de silicio policristalino calentando la capa 4 en una atmósfera de gas que contiene al menos ozono (etapa principal de oxidación). Dicho esto, se pueden ajustar de manera conveniente la temperatura y el tiempo del procedimiento de calentamiento hasta un valor en el intervalo de 100 a 600º C y un valor en el intervalo de algunos minutos a algunas horas, respectivamente. Dicho esto, la temperatura del procedimiento de calentamiento puede ser más alta de 600º C. Sin embargo, es preferible ajustar la temperatura a un valor conveniente en el intervalo de 100 a
- 15 600° C con vistas a disminuir la restricción de los materiales del sustrato eléctricamente conductor (por ejemplo, con el fin de usar un sustrato en el que se proporciona una película eléctricamente conductora sobre una placa de vidrio cuyo precio es menos caro que el de la placa de vidrio de cuarzo, como sustrato eléctricamente conductor).

De esta manera, de acuerdo con el procedimiento de fabricación de la Forma de Realización 8, al igual que en el caso de la Forma de Realización 6, se puede aumentar la eficiencia de emisión de electrones en comparación con el caso convencional de formación de la capa impulsora del campo fuerte por medio del procedimiento RTO. De manera adicional, al igual que en el caso de la Forma de Realización 6, se puede aumentar fácilmente el área de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 y de manera adicional, disminuir fácilmente el coste de fabricación de la fuente.

### Forma de Realización 9

A partir de ahora en el presente documento, se describirá la Forma de Realización 9 de la presente invención. Sin embargo, debido a que la construcción fundamental y el procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de Realización 9 son casi los mismos que aquellos de la Forma de Realización 6 excepto que su etapa de oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4 es diferente de la de la Forma de Realización 6. Por lo tanto, en cuanto a los elementos constructivos y la etapa de fabricación que corresponden a aquellos de la Forma de Realización 6, se simplificará u omitirá la descripción detallada acerca de ellos. De esta manera, se describirán principalmente las diferencias con la Forma de Realización 6.

En la Forma de Realización 9, en la etapa de oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4, se oxida la capa 4 porosa de silicio policristalino aplicando rayos ultravioleta a la capa 4 y calentando la capa 4 (etapa principal de oxidación). Dicho esto, se pueden ajustar de manera conveniente la temperatura y el tiempo del procedimiento de calentamiento hasta un valor en el intervalo de 100 a 600° C y un valor en el intervalo de algunos minutos a algunas horas, respectivamente. Dicho esto, aunque la temperatura del procedimiento de calentamiento puede ser más alta de 600° C, es preferible ajustar la temperatura a un valor conveniente en el intervalo de 100 a 600° C debido a la misma razón que la de la Forma de Realización 8.

De esta manera, de acuerdo con el procedimiento de fabricación de la Forma de Realización 9, al igual que en el caso de la Forma de Realización 6, se puede aumentar la eficiencia de emisión de electrones en comparación con el caso convencional de formación de la capa impulsora del campo fuerte por medio del procedimiento RTO. De manera adicional, al igual que en el caso de la Forma de Realización 6, se puede aumentar fácilmente el área de la fuente 10 de electrones del tipo emisión de campo y, de manera adicional, disminuir fácilmente el coste de fabricación de la fuente.

### 45 Forma de Realización 10

50

A partir de ahora en el presente documento, se describirá la Forma de Realización 10 de la presente invención. Sin embargo, debido a que la construcción fundamental y el procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de Realización 10 son casi los mismos que aquellos de la Forma de Realización 6 excepto que su etapa de oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4 es diferente de la de la Forma de Realización 6. Por lo tanto, en cuanto a los elementos constructivos y la etapa de fabricación que corresponden a aquellos de la Forma de Realización 6, se simplificará u omitirá la descripción detallada acerca de ellos. De esta manera, se describirán principalmente las diferencias con la Forma de Realización 6.

En la Forma de Realización 10, en la etapa de oxidación de la capa porosa de silicio policristalino 4, se oxida la capa porosa de silicio policristalino aplicando rayos ultravioleta a la capa 4 en una atmósfera de gas inerte que contiene al menos uno de oxígeno y ozono y calentando la capa 4 (etapa principal de oxidación). Dicho esto, se pueden ajustar de manera conveniente la temperatura y el tiempo del procedimiento de calentamiento hasta un valor en el intervalo de 100 a 600° C y un valor en el intervalo de algunos minutos a algunas horas, respectivamente. Dicho esto, aunque la temperatura del procedimiento de calentamiento puede ser más alta de 600° C, es preferible ajustar la

temperatura a un valor conveniente en el intervalo de 100 a 600º C debido a la misma razón que la de la Forma de Realización 8.

De esta manera, de acuerdo con el procedimiento de fabricación de la Forma de Realización 10, al igual que en el caso de la Forma de Realización 6, se puede aumentar la eficiencia de emisión de electrones en comparación con el caso convencional de formación de la capa impulsora del campo fuerte por medio del procedimiento RTO. De manera adicional, al igual que en el caso de la Forma de Realización 6, se puede aumentar fácilmente el área de la fuente 10 de electrones del tipo emisión de campo y, de manera adicional, disminuir fácilmente el coste de fabricación de la fuente.

### Forma de Realización 11

5

- 10 A partir de ahora en el presente documento se describirá la Forma de Realización 11 de la presente invención. La construcción fundamental y el procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo de acuerdo con la Forma de Realización 11 son casi los mismos que aquellos de una cualquiera de las Formas de realización 6 a 10. Sin embargo, el procedimiento de fabricación se caracteriza en que éste incluye una etapa suplementaria de oxidación para oxidar la capa porosa de silicio policristalino 4 por medio del procedimiento
- 15 térmico rápido antes y/o después de la etapa principal de oxidación en una cualquiera de las Formas de Realización 6 a 10. Dicho esto, se lleva a cabo la etapa suplementaria de oxidación mediante el procedimiento térmico rápido, en el que por ejemplo se usa un equipo de lámpara de recocido, en una atmósfera de oxígeno seco ajustando la temperatura y el tiempo del procedimiento de oxidación a 600-900º C y 30-120 minutos, respectivamente. De esta manera, de acuerdo con el procedimiento de fabricación de la Forma de Realización 11, se puede aumentar mucho
- 20 más la eficiencia de emisión de electrones, debido a que se suplementa la oxidación insuficiente en el proceso de oxidación, que se produce en el procedimiento convencional de oxidación.

### Forma de Realización 12

A partir de ahora en el presente documento, se describirá la Forma de Realización 12 de la presente invención. La construcción fundamental y el procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de Realización 12 son casi los mismos que aquellos de una cualquiera de las Formas de Realización 6 a 11. Sin embargo, el procedimiento de fabricación se caracteriza en que éste incluye otra etapa suplementaria de oxidación para oxidar la capa porosa de silicio policristalino 4 usando ácido, llevada a cabo antes y/o después de la etapa principal de oxidación (o la etapa suplementaria de oxidación en la Forma de Realización 11) en una cualquiera de las Formas de Realización 6 a 11. Esto es, en el procedimiento de fabricación de acuerdo con

- 30 la Forma de Realización 12, se forma la capa impulsora del campo fuerte 6, por ejemplo, llevando a cabo uno cualquiera de los siguientes tratamientos (1) a (10) hacia la capa porosa de silicio policristalino 4. En los siguiente tratamientos [A] denota la etapa suplementaria usando ácido, [M] denota la etapa principal de oxidación, y [H] denota la etapa suplementaria de oxidación por medio del procedimiento térmico rápido.
  - (1)  $[A] \rightarrow [M]$
- 35 (2)  $[M] \rightarrow [A]$ 
  - $(3) \quad [H] \rightarrow [M]$
  - $(4) \quad [\mathsf{M}] \to [\mathsf{H}]$
  - (5) [A]  $[M] \rightarrow [H]$
  - (6)  $[H] \rightarrow [M] \rightarrow [A]$
- 40
- (7)  $[A] \rightarrow [H] \rightarrow [M]$ (8)  $[H] \rightarrow [A] \rightarrow [M]$ 
  - (9)  $[M] \rightarrow [A] \rightarrow [H]$
  - $(10)[M] \rightarrow [H] \rightarrow [A]$
- 45 Dicho esto, se puede llevar a cabo la etapa suplementaria de oxidación usando ácido usando un tanque de procesamiento (puede usarse para este objetivo el tanque de procesamiento para el tratamiento de oxidación anódica en la Forma de Realización 6) que contiene ácido (por ejemplo HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, agua regia o similar) manteniendo el flujo a una corriente predeterminada entre el electrodo de platino (no se muestra) y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) de tal manera que el electrodo de platino actúa como electrodo negativo y el sustrato 1 actúa como electrodo positivo.

Dicho esto, se puede considerar que cuando la capa porosa de silicio policristalino 4 se oxida usando, por ejemplo,

ácido nítrico diluido a 10 %) antes de la etapa principal de oxidación, se producen dichas reacciones tal como se muestra mediante las fórmulas de reacción 1 y 2 descritas anteriormente (Forma de Realización 1). Entre tanto, se puede considerar que cuando la capa porosa de silicio policristalino 4 se oxida usando ácido sulfúrico diluido (por ejemplo, ácido sulfúrico diluido al 10 %) antes de la etapa principal de oxidación, se producen dichas reacciones tal como se muestra mediante las fórmulas de reacción 3 y 4 descritas anteriormente (Forma de Realización 2).

De esta manera, de acuerdo con el procedimiento de fabricación de la Forma de realización 12, la oxidación insuficiente en el proceso de oxidación, que se produce en el procedimiento de oxidación convencional, se suplementa de tal manera que se puede aumentar mucho más la eficiencia de emisión de electrones.

### Forma de Realización 13

5

- 10 A partir de ahora, se describirá la Forma de Realización 13 de la presente invención. La construcción fundamental y el procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo de acuerdo con la Forma de Realización 13 son casi los mismos que aquellos de una cualquiera de las Formas de Realización 6 a 10. Sin embargo, el procedimiento de fabricación se caracteriza en que este incluye una etapa de preoxidación para oxidar la capa porosa de silicio policristalino 4 usando una solución oxidante antes de la etapa principal de oxidación en
- una cualquiera de las Formas de Realización 6 a 10. Esto es, se forma la capa impulsora del campo fuerte 6 15 llevando a cabo la etapa principal de oxidación después que se ha oxidado la verdadera capa superficial de la capa porosa de silicio policristalino 4.

En el procedimiento de fabricación de acuerdo con cada una de las Formas de Realización 6 a 10, debido a que la solución de la mezcla, en la que se mezclan conjuntamente solución acuosa de fluoruro de hidrógeno y etanol, se 20 usa como electrolito en el tratamiento de oxidación anódica, los átomos de silicio se finalizan mediante átomos de hidrógeno. De acuerdo con esto, el contenido de hidrógeno en la capa impulsora del campo fuerte 6 se vuelve comparativamente más alto de tal manera que disminuye el voltaje de interrupción o la distribución de los átomos de hidrógeno cambia con el lapso de tiempo. En consecuencia, se teme que pueda deteriorarse la estabilidad de la eficiencia de emisión de electrones con el paso del tiempo.

- 25 Por el contrario, en el procedimiento de fabricación de acuerdo con la Forma de Realización 13, los átomos de hidrógeno que finalizan los átomos de silicio en la capa porosa de silicio policristalino 4, que se han formado mediante el tratamiento de oxidación anódica, se sustituyen con átomos de oxígeno mediante la solución oxidante. Dicho esto, como solución oxidante, se puede usar una cualquiera o una mezcla de varias seleccionadas en un grupo de oxidantes compuesto por ácido nítrico, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y solución acuosa de peróxido de
- 30 hidróaeno.

35

De esta manera, en el procedimiento de fabricación de acuerdo con la Forma de realización 13, se lleva a cabo la etapa principal de oxidación después que se ha oxidado la misma capa superficial de la capa porosa de silicio policristalino 4 formada mediante el tratamiento de oxidación anódica, usando la solución oxidante, en consecuencia, se puede disminuir el contenido de hidrógeno en la capa impulsora del campo fuerte 6. Por lo tanto, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo, el cambio dependiente del tiempo de la eficiencia de emisión de electrones puede ser más pequeño y el voltaje de interrupción puede ser más alto.

- Entre tanto, en el procedimiento de fabricación de acuerdo con cada una de las Formas de Realización 11 y 12, se puede llevar a cabo una etapa de preoxidación para oxidar la capa porosa de silicio policristalino 4 usando una solución oxidante antes de la etapa principal de oxidación y la(s) etapa(s) suplementaria(s) de oxidación.
- 40 En la etapa de oxidación que usa la solución oxidante, si se calienta la solución oxidante, se vuelve más grande la velocidad de oxidación de tal manera que se puede acortar el tiempo de procesamiento.

### Ejemplo 4

A partir de ahora en el presente documento, como Ejemplo 4, se describirá una fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 bajo las siguientes condiciones, por medio del procedimiento de fabricación de acuerdo con la Forma de Realización 13.

45

En el Ejemplo 4, como sustrato de silicio de tipo n 1, se usó un sustrato de silicio tipo (100), en el que la resistividad eléctrica fue de 0,1 Ω cm y el espesor fue de 525 μm. Se formó la capa de silicio policristalino 3 (véase Fig. 7A), por medio del procedimiento LPCVD. En el procedimiento de formación de la película, el grado de vacío fue de 20 Pa, la temperatura del sustrato fue de 640º C, y el caudal del gas monosilano fue de 600 scm<sup>3</sup>/m.

- 50 En el tratamiento de oxidación anódica, se usó un electrolito en el que se mezclaron conjuntamente una solución acuosa de fluoruro de hidrógeno al 55 % en peso y etanol en la relación de casi 1:1. En el tratamiento de oxidación anódica. la superficie de la capa de silicio policristalino 3 se puso en contacto con el electrolito. De manera adicional, se mantuvo el flujo de una corriente predeterminada entre el electrodo de platino sumergido en el electrolito y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) de tal manera que el electrodo de platino se volvió un electrodo
- 55 negativo y el sustrato 1 se volvió un electrodo positivo. Dicho esto, la densidad de la corriente tuvo el valor constante de 30 mA/cm<sup>2</sup>, y el tiempo del procedimiento de oxidación anódica fue de 10 segundos.

En la etapa de preoxidación, como solución oxidante, se usó una solución mezcla en la que se mezclaron conjuntamente ácido sulfúrico y una solución acuosa de peróxido de hidrógeno. A continuación, se sumergió una muestra, en la que se formó una capa porosa de silicio policristalino 4, en la solución oxidante durante 30 minutos.

- Tras la etapa de preoxidación, se llevó a cabo una etapa suplementaria de oxidación. En la etapa suplementaria de 5 oxidación, se oxidó la muestra electroquímicamente en una solución de ácido sulfúrico de 1 molar en porcentaje en peso, manteniendo el flujo a una corriente constante de 20 mA/cm<sup>2</sup> entre el electrodo de platino y el sustrato de silicio de tipo n 1 (electrodo óhmico 2) de tal manera que el electrodo de platino se volvió el electrodo negativo y el sustrato 1 se volvió electrodo positivo. De manera adicional, se lavó la muestra usando agua, y se secó. A continuación, se llevó a cabo la etapa principal de oxidación. En la etapa principal de oxidación, se aplicaron rayos
- 10 ultravioleta, cuyas longitudes de onda principales son 185 nm y 254 nm, a la superficie principal de la muestra (sustrato) en una atmósfera de gas que contenía oxígeno y ozono, calentando a la vez la muestra hasta 500º C. El tiempo del procedimiento principal de oxidación fue de 1 hora.

Se formó la película delgada eléctricamente conductora 7 mediante modelado de una película delgada de oro usando una técnica de fotolitografía, una técnica de ataque químico o similar, depositándose la película de oro sobre la superficie completa de la capa impulsora del campo fuerte 6 por medio del procedimiento de depósito con vapor. Dicho esto, el espesor de la película delgada eléctricamente conductora 7 fue de 10 nm.

La fuente de electrones del tipo emisión de campo 10, que se había fabricado tal como se ha descrito anteriormente. se introdujo en una cámara de vacío (no se muestra), y a continuación se dispuso un electrodo colector 21 (electrodo para recoger los electrones emitidos) en una posición enfrentada a la película delgada eléctricamente

- 20 conductora 7 tal como se muestra en la Fig. 8. A continuación se ajustó el grado de vacío en la cámara de vacío a 5 X 10<sup>5</sup> Pa, y a continuación se aplicó voltaje Vc con CC de 100 V entre el electrodo colector 21 y la película delgada eléctricamente conductora 7. De manera adicional, se midió la corriente lps del diodo que fluye entre la película delgada eléctricamente conductora 7 y el electrodo óhmico 2, y la corriente le de electrones emitidos que fluyen del electrodo colector 21 y la película delgada eléctricamente conductora 7 debido a que los electrones e emitidos hacia
- el exterior desde la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 atraviesan la película delgada eléctricamente 25 conductora 7, cambiando a la vez ampliamente el voltaje Vps con CC aplicado entre la película delgada eléctricamente conductora 7 (ánodo) y el electrodo óhmico 2 (cátodo). En consecuencia se obtuvo dicho buen resultado que la corriente le de electrones emitidos fue de 10 µA/cm<sup>2</sup>.

### Forma de Realización 14

- A partir de ahora en el siguiente documento se describirá la Forma de Realización 14 de la presente invención. La 30 Fig. 11 muestra un ejemplo de una pantalla que usa una fuente electrónica del tipo emisión de campo 10 que tiene una construcción casi igual a la de la Forma de Realización 6. Sin embargo, en la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 de la Forma de Realización 14, que no es muy diferente de la fuente electrónica del tipo campo de emisión 10 de la Forma de Realización 6, cada una de las películas finas 7 eléctricamente conductoras 35
- tiene forma de tira.

40

15

Tal como se muestra en la Fig. 11, la pantalla P1 se equipa con un sustrato de vidrio 33 que se dispone de forma que se enfrente a las películas finas 7 eléctricamente conductoras de fuente de electrones del tipo emisión de campo 10. De esta manera, sobre la superficie del sustrato de vidrio 33, que enfrenta la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10, se forman los electrodos del colector 31 con forma de tira. Además, la pantalla P1 se equipa con una capa fluorescente 32 que emite luz visible debido a los haces de electrones emitido desde las películas finas 7 eléctricamente conductoras, estando formada la capa 32 de forma que cubra los electrodos del colector 31. Dicho esto, un espacio formado entre la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 y el sustrato de vidrio 33 queda en estado de vacío.

- En la pantalla P1, cada una de las películas finas 7 eléctricamente conductoras tiene forma de tira, y además, cada 45 uno de los electrodos del colector 31 también tiene forma de tira de manera que se extiende en dirección perpendicular a cada una de las películas finas 7 eléctricamente conductoras. De acuerdo con ello, cuando se aplica voltaje (campo eléctrico) a uno de los electrodos del colector 31 y a una de las películas finas 7 eléctricamente conductoras, seleccionándose de forma adecuada el electrodo 31 y la película 7, los electrones se emiten únicamente desde la película fina 7 eléctricamente conductora a la que se aplica el voltaje. Dicho esto, solo los 50 electrones emitidos desde dicha región, que existe en la película fina 7 eléctricamente conductora desde la que se
- emiten los electrones, se corresponde con el electrodo del colector 31, al que se aplica el voltaje, se aceleran de forma que los electrones hacen que la capa fluorescente 32 que cubre el electrodo del colector 31 emita luz.
- Esto es, en la pantalla P1 que se muestra en la Fig. 11, una porción de la capa fluorescente 32, que se corresponde con la región en la que se cruzan la película fina 7 eléctricamente conductora y el electrodo del colector 31, aplicándose voltaje a cada uno de ellos, puede emitir luz, aplicando voltaje a una película fina 7 eléctricamente 55 conductora específica y a un electrodo del colector 31 específico. De esta forma se pueden mostrar imágenes o letras sobre la pantalla P1 cambiando a conveniencia la película fina 7 eléctricamente conductora y el electrodo del colector 31, aplicándose voltaje a cada uno de ellos.

El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 en la Forma de Realización 14 es prácticamente la misma que en la Forma de Realización 6. Sin embargo, el procedimiento de fabricación se caracteriza en que, una vez que se han formado las películas finas 7 eléctricamente conductoras modeladas en la forma predeterminada (como tira en la Forma de Realización 14), se lleva(n) a cabo por lo menos un tratamiento que

- 5 aplica rayos ultravioleta a la capa en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de entre oxígeno y ozono que se describe en la Forma de Realización 6, un tratamiento que expone la capa a plasma en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de entre oxígeno y ozono que se describe en la Forma de Realización 7, un tratamiento que calienta la capa en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de entre oxígeno y ozono que se describe en la Forma de Realización 7, un tratamiento que calienta la capa en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de entre oxígeno y ozono que se describe en la Forma de Realización 8, un tratamiento que aplica rayos ultravioleta a la capa y calienta la capa como se
- 10 describe en la Forma de Realización 9 y un tratamiento que aplica rayos ultravioleta a la capa en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de entre oxígeno y ozono que se describe en la Forma de Realización 10. Así, de acuerdo con los tratamientos descritos más arriba, se puede eliminar la contaminación debida a los materiales orgánicos que se produce antes de los tratamientos, así como que se oxida la capa porosa de silicio policristalino de manera que se puede aumentar la eficiencia de emisión de electrones.
- Dicho esto, las películas finas 7 eléctricamente conductoras en forma de tira se pueden formar, por ejemplo, de acuerdo con el siguiente procedimiento. Esto es, una vez que se ha formado una película fina 7 eléctricamente conductora sobre la superficie completa de la capa impulsora del campo fuerte 6, se aplica una capa fotorresistente, y se forma sobre la película fina 7 eléctricamente conductora. A continuación, la capa fotorresistente se modela por técnicas de fotolitografía. A continuación, la sobre la película fina 7 eléctricamente conductora se recorta usando la capa fotorresistente como máscara, y a continuación se elimina la capa fotorresistente.

Dicho esto, las películas finas 7 eléctricamente conductoras en forma de tira se pueden formar directamente sobre la capa impulsora del campo fuerte 6 mediante un procedimiento de depósito a vapor o similar usando una máscara metálica que tiene un modelo de abertura en forma de tira.

En la Fig. 12 se muestra un ejemplo de una pantalla que usa una fuente de electrones del tipo emisión de campo 10'
 que se equipa con un sustrato en el que se forma una película eléctricamente conductora 12 sobre una placa de vidrio 11, como se muestra en la Fig. 6B.

Tal como se muestra en la Fig. 12, en la pantalla P2, se coloca un electrodo anódico 42 sobre la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10' a la vez que se forma entre estas un espacio 41, y además se dispone un sustrato de vidrio fluorescente 43 sobre la superficie del electrodo anódico 42 de forma que esté en contacto estrecho con el electrodo. Además, el espacio 41 está encerrado mediante una tapa móvil 44. Dicho esto, el espacio 41 está casi en estado de vacío. Además, se colocan espaciadores 45 en algunas posiciones deseadas entre la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10' y los electrodos anódicos 42. La fuente de electrones del tipo emisión de campo 10' y los electrodos anódicos 42. La fuente de electrones del tipo emisión de películas finas 7 eléctricamente conductoras. Además, en la posición que enfrenta cada una de las películas finas 7 eléctricamente conductoras, se proporciona un miembro fluorescente 46 sobre la superficie inferior del electrodo anódico 42.

Así, cuando un voltaje predeterminado se aplica entre las específicas (deseadas) de una variedad de películas finas 7 eléctricamente conductoras y los electrodos anódicos 42 que enfrentan las películas específicas 7 los electrones eemitidos desde la película fina 7 eléctricamente conductora específica se mueven la dirección que muestra la flecha X, y a continuación colisionan con los miembros fluorescentes 46 que están enfrente de las películas finas 7 eléctricamente conductoras específicas. En consecuencia, el miembro fluorescente 46 emite luz como se muestra mediante la línea rayada L.

En la pantalla P2, aplicando un voltaje a las películas finas 7 eléctricamente conductoras específicas, y a los electrodos anódicos 42 específicos, y película eléctrica conductiva 12, los miembros específicos de una pluralidad de miembros fluorescentes 46 que enfrentan las películas específicas 7 a las que se aplica voltaje, pueden emitir luz. De acuerdo con ello se pueden mostrar imágenes o letras sobre la pantalla P2 cambiando a conveniencia la película fina 7 eléctricamente conductora 12, aplicándose voltaje a cada uno de ellos.

### Ejemplo 5

40

45

A partir de ahora en el presente documento, como Ejemplo 5, se describirá una fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 (ver la Fig. 11) fabricada bajo las siguientes condiciones, mediante el procedimiento de fabricación de acuerdo con la Forma de Realización 14.

En el Ejemplo 5, como sustrato de silicio tipo n, se usó un sustrato de silicio tipo (100), en el que la resistividad eléctrica era de  $Q, 1\Omega$ , y el espesor fue de 525 µm. La capa de silicio policristalino 3 (ver la Fig. 7A) se formó mediante el procedimiento LPCVD. En el procedimiento de formación de película el grado de vacío fue de 20 Pa, la temperatura del sustrato fue de 640° C, y el caudal del gas de monosilano fue de 600 scm<sup>3</sup>/m.

55 En el procedimiento de oxidación anódica, se usó un electrolito en el que se mezclaron solución acuosa de fluoruro de hidrógeno al 55% en peso y etanol en una relación de casi 1:1. En el tratamiento de oxidación anódica, la superficie de la capa de silicio policristalino 3 se puso en contacto con el electrolito. Además, se dejó fluir una corriente en el electrodo de platino sumergido en el electrolito y el sustrato de silicio tipo n (electrodo óhmico 2) de

manera que el electrodo de platino se convierte en un electrodo negativo y el sustrato 1 se convierte en un electrodo positivo. Dicho esto, la densidad de corriente en el procedimiento de oxidación anódica tenía el valor constante de 30 mA/cm<sup>2</sup>, y el tiempo del procedimiento de oxidación anódica fue de 10 segundos.

- En el procedimiento térmico rápido para oxidar la capa porosa de silicio policristalino 4, el caudal del gas oxígeno fue de 300 scm<sup>3</sup>/m, la temperatura de oxidación fue de 900º C, y el tiempo de oxidación fue de 1 hora. La película fina 7 eléctricamente conductora se formó modelando una película fina de oro usando la técnica de la fotolitografía, una técnica de ataque químico o similar, depositándose la película de oro sobre la superficie externa de la capa impulsora del campo fuerte 6 mediante un procedimiento de depósito de vapor. Dicho esto, el espesor de la película fina 7 eléctricamente conductora fue de 10 nm.
- 10 Una vez formada la película fina 7 eléctricamente conductora, se lleva a cabo un tratamiento de oxidación (denominado a partir de ahora en el presente documento como "postratamiento") que aplicó rayos ultravioleta a la capa en una atmósfera de gases mixtos (2000 ppm) que contenía oxígeno (O<sub>2</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>). Se usó una lámpara de mercurio de baja presión de 110 W como fuente de radiación ultravioleta. La temperatura y tiempo del procedimiento de calentamiento fueron 200° C y 30 minutos, respectivamente.
- 15 Además, se fabricó una fuente de electrones del tipo emisión de campo a la que no se le había aplicado el postratamiento, como ejemplo comparativo 1 (ejemplo para comparación). Además, como ejemplo comparativo 2, se fabricó también una fuente de electrones del tipo emisión de campo, en el que la película fina 7 eléctricamente conductora se había formado usando una máscara metálica y a la que no se le había aplicado el postratamiento. La diferencia entre el Ejemplo 5 y el ejemplo comparativo 1 era únicamente si se había realizado o no el postratamiento.
- 20 La diferencia entre el Éjemplo 5 y el ejemplo comparativo fue como sigue. Más concretamente, en la Forma de Realización 3, la película fina 7 eléctricamente conductora se había modelado mediante una técnica de fotolitografía o similar, tras lo cual se había realizado el postratamiento. Por otra parte, en el ejemplo comparativo 2, la película fina 7 eléctricamente conductora se modela durante la etapa de formación de la película usando una máscara metálica, y a continuación no se realizó el postratamiento.
- 25 Cada una de las fuentes de electrones del tipo emisión de campo 10, que se habían fabricado como se ha descrito más arriba, se introdujo en una cámara de vacío (no se muestra), y a continuación se colocó un electrodo del colector 21 (electrodo para recoger los electrones emitidos) en una posición enfrentada a la película fina 7 eléctricamente conductora tal como se muestra en la Fig. 8. Así, el grado de vacío en la cámara de vacío se ajusta a 5 x 10<sup>-5</sup>, y a continuación se aplica voltaje CC de 100 V entre el electrodo del colector 21 y la película fina 7 eléctricamente conductora. Además se midió la corriente de diodo Ips que fluía entre la película fina 7 eléctricamente conductora y el electrodo óhmico 2, y la corriente de electrodos emitidos fluía entre el electrodo del colector 21 y la película fina 7 eléctricamente conductora debido a los electrones e<sup>-</sup> emitidos hacia fuera de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 a través de la película fina 7 eléctricamente conductora, a la vez que variaba el voltaje CC Vps aplicado entre la película fina 7 eléctricamente conductora (ánodo) y el electrodo óhmico 2 (cátodo). El
- 35 resultado de esa medida se muestra en la Fig. 13.

En la Fig. 13, el eje horizontal muestra el voltaje CC Vps. El eje vertical izquierdo muestra la densidad de corriente de la corriente de diodo IPs o la corriente electrónica emitida le. El eje vertical derecho muestra la eficiencia de emisión de electrones (le/lps x 100). Además, los gráficos de la Fig. 13 muestran las siguientes propiedades físicas, respectivamente:

Línea continua	① (■)	lps en el Ejemplo 5
Línea rayada	② (■)	le en el Ejemplo 5
Línea rota	③ (■)	Eff en el Ejemplo 5
Línea continua	④ (□)	lps en el ejemplo comparativo 1
Línea rayada	⑤ (□)	le en el ejemplo comparativo 1
Línea rota	⑥ (□)	Eff en el ejemplo comparativo 1
Línea continua	∅ (○)	lps en el ejemplo comparativo 2
Línea rayada	® (O)	le en el ejemplo comparativo 2
Línea rota	⑨ (○)	Eff en el ejemplo comparativo 2

Ips: corriente de diodo

le: corriente electrónica emitida

Eff: eficiencia de emisión electrónica

En la Fig. 13, cuando el ejemplo comparativo 1 se compara con el ejemplo comparativo 2, la densidad de corriente de la corriente electrónica emitida del ejemplo comparativo 1 es más pequeña que la del ejemplo comparativo 2 (ver los gráficos ⑤, ⑧), aunque las densidades de corriente de las corrientes de diodo Ips de ambos son prácticamente

5 iguales (ver los gráficos ④, ⑦). De acuerdo con ello la eficiencia de emisión electrónica del ejemplo comparativo 1 es más pequeña que la del ejemplo comparativo 2 (ver los gráficos ⑥, ⑨). La razón puede ser considerada como sigue: A saber, en el ejemplo comparativo 1, puede quedar contaminación de los materiales orgánicos debido a la resistencia remanente de la capa fotorresistente usada para modelar la película fina 7 eléctricamente conductora. Por otra parte, en el ejemplo comparativo 2, dicha contaminación de materiales orgánicos puede seguir quedando, va que se usa una máscara metálica para modelar la película fina 7 eléctricamente conductora.

A continuación, cuando el Ejemplo 5 se compara con el ejemplo comparativo 1, la densidad de corriente de la corriente de diodo Ips del Ejemplo 5 es más pequeña que la del ejemplo comparativo 1 (ver los gráficos ①, ④), aunque la densidad de corriente de la corriente electrónica emitida le de la Forma de Realización 3 es más grande

- que la del ejemplo comparativo 1 (ver los gráficos ②, ⑤). De acuerdo con ello la eficiencia de emisión electrónica del Ejemplo 5 es más grande que la del ejemplo comparativo 1 (ver los gráficos ③, ⑥). Por ejemplo, cuando el voltaje CC Vps es 20 V, la densidad de corriente de la corriente electrónica emitida le del Ejemplo 5 es unas 30 veces la del ejemplo comparativo 1, la densidad de corriente de la corriente de diodo lps del Ejemplo 5 es unas 120 veces la del del ejemplo comparativo 1, y la eficiencia de emisión electrónica del Ejemplo 5 es unas 120 veces la del ejemplo comparativo 1. Más exactamente, la eficiencia de emisión electrónica del Ejemplo 5 es mucho más grande que la del
- 20 ejemplo comparativo 1.

Además, cuando se compara el Ejemplo 5 con el ejemplo comparativo 2, la densidad de corriente de la corriente de electrónica emitida le del Ejemplo 5 es más grande que la del ejemplo comparativo 2, en consecuencia, la eficiencia de emisión electrónica del Ejemplo 5 es más grande que la del ejemplo comparativo 2. Dicho esto, la razón por la cual la densidad de corriente de la corriente de electrones emitida en el Ejemplo 5 es más grande que la del ejemplo comparativo 2.

25 comparativo 2 se puede considerar la siguiente. A saber, en el Ejemplo 5 se puede obtener un efecto tal que la superficie de la fuente de electrones del tipo emisión de campo 10 se purifica mediante el postratamiento, y/o un efecto tal que se mejora la calidad de la película de óxido de silicio 64 se mejora (ver la Fig. 10A) en la superficie de la capa fina de cristal de silicio 63 que construye la capa impulsora del campo fuerte 6 (la relación de la superficie cubierta con átomos de oxígeno aumenta).

### REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para fabricar una fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) que comprende un sustrato eléctricamente conductor (1), una capa impulsora del campo fuerte (6) formada sobre la superficie del sustrato eléctricamente conductor (1), capa impulsora (6) que comprende granos de silicio policristalino en forma de

- 5 columna (61), películas finas de óxido de silicio (62) formadas sobre las superficies de los granos de silicio policristalino (61), capas de silicio cristalino (63) de orden nanométrico que se ponen entre los granos de silicio policristalino (61) y películas de óxido de silicio (64) formadas sobre las superficies de las capas de silicio cristalino fino (63), siendo cada una de las películas (64) una película aislante que tiene un espesor más pequeño que el diámetro de una partícula de cristal de la capa de silicio cristalino fino (63), y una película fina eléctricamente
- 10 conductora (7) formada sobre la capa impulsora del campo fuerte (6), en la que los electrones, que se inyectan en el sustrato eléctricamente conductor (1), impulsan en la capa impulsora del campo fuerte (6) para que se emitan hacia el exterior a través de la película fina eléctricamente conductora (7) aplicando un voltaje entre la película fina eléctricamente conductor (1), comprendiendo el procedimiento una etapa principal de oxidación de formación de la capa impulsora del campo fuerte (6) mediante la oxidación de una capa
- 15 semiconductora porosa por medio de al menos uno de un tratamiento que aplica radiación ultravioleta a la capa semiconductora porosa en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de oxígeno y ozono, un tratamiento que calienta la capa semiconductora porosa en una atmósfera de gas que contiene ozono, un tratamiento que aplica radiación ultravioleta a la capa semiconductora porosa y calienta la capa semiconductora porosa en una atmósfera de gas que contiene ozono, un tratamiento que aplica radiación ultravioleta a la capa semiconductora porosa y calienta la capa semiconductora porosa en una atmósfera de gas que contiene al menos uno de oxígeno y ozono y calienta la capa semiconductora porosa.
- 20 2. El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa principal de oxidación se lleva a cabo después de que se haya formado la película fina eléctricamente conductora (7).

El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una etapa de oxidación suplementaria para oxidar la capa porosa de semiconductor mediante un procedimiento de calentamiento, llevándose a cabo la etapa de oxidación suplementaria antes y/o después de la etapa de oxidación principal.

4. El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además una etapa de oxidación suplementaria para oxidar la capa porosa de semiconductor mediante un procedimiento de calentamiento, llevándose a cabo la etapa de oxidación suplementaria antes y/o después de la etapa de oxidación principal.

30

45

5. El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende además otra etapa de oxidación suplementaria para oxidar la capa porosa de semiconductor mediante un procedimiento de calentamiento, llevándose a cabo la etapa de oxidación suplementaria antes y/o después de la etapa de oxidación principal.

- 6. El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además una etapa de oxidación suplementaria para oxidar la capa porosa de semiconductor utilizando una solución ácida, llevándose a cabo la etapa de oxidación suplementaria antes y/o después de la etapa de oxidación principal.
- 7. El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una etapa de preoxidación para oxidar la capa porosa de semiconductor utilizando una solución oxidante, llevándose a cabo la etapa de preoxidación antes y/o después de la etapa de oxidación principal.

8. El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además una etapa para oxidar la capa porosa de semiconductor utilizando una solución oxidante, llevándose a cabo la etapa de preoxidación antes y/o después de la etapa de oxidación principal.

9. El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende además una etapa de preoxidación de oxidación de la capa semiconductora porosa utilizando una solución oxidante, llevándose a cabo la etapa de preoxidación antes y/o después de la etapa de oxidación suplementaria.

- 50 10. El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además una etapa de preoxidación para oxidar la capa porosa de semiconductor utilizando una solución oxidante, llevándose a cabo la etapa de preoxidación antes y/o después de la etapa de oxidación suplementaria.
- 11 El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además una etapa de preoxidación para oxidar la capa porosa de semiconductor utilizando una solución oxidante, llevándose a cabo la etapa de preoxidación antes de la etapa de oxidación principal y las etapas de oxidación suplementarias.

12. El procedimiento de fabricación de la fuente de electrones del tipo emisión de campo (10) de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además una etapa de preoxidación para oxidar la capa porosa de semiconductor utilizando una solución oxidante, llevándose a cabo la etapa de preoxidación antes de la etapa de oxidación principal y las etapas de oxidación suplementarias.

Fig.1A



Fig.1B 76 312 10'

Fig.2A

















Fig.6B 

Fig.7A













Fig.10A



*Fig.10B* 



Fig.11





Fig.12



Fig.14



Fig.15

