

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 789 358**

51 Int. Cl.:

F04D 29/32 (2006.01)

F04D 29/54 (2006.01)

F04D 29/70 (2006.01)

F01D 5/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.03.2016 PCT/JP2016/059656**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016 WO16158765**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2016 E 16772646 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 3217017**

54 Título: **Álabe de compresor para motor**

30 Prioridad:

02.04.2015 JP 2015075763

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

26.10.2020

73 Titular/es:

**IHI CORPORATION (50.0%)
1-1, Toyosu 3-chome, Koto-ku
Tokyo 135-8710, JP y
HITACHI METALS, LTD. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ARAKI, TAKAHITO;
TANAKA, YUTA;
KAKINUMA, KAZUHIKO;
BABA, MASANOBU;
OTERA, ISSEI;
MORISHITA, KANA y
KOSEKI, SHUHO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 789 358 T3

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

DESCRIPCIÓN

Álabe de compresor para motor

5 **CAMPO DE LA TÉCNICA**

La descripción de la presente memoria se refiere a un álabe o pala de un compresor para un motor de reacción de aeronave o un motor de turbina de gas, y, en particular, se refiere a un álabe o pala de compresor capaz de mantener buenas propiedades aerodinámicas a medida que los depósitos en las superficies del álabe o pala se exfolian de forma natural.

10

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

En un motor de reacción de aeronave o un motor de turbina de gas, su cámara de combustión crea gas caliente a alta velocidad, su turbina extrae energía del gas caliente y parte de la energía se usa para accionar su compresor. El compresor succiona el aire ambiental y lo comprime y lo suministra a la cámara de combustión. El aire se comprime adiabáticamente en el compresor y, por lo tanto, genera temperaturas elevadas, de entre aproximadamente 400 y 700 grados C, por ejemplo.

15

20

Dado que el aire ambiental contiene varios tipos de polvo y arena, así como cenizas volcánicas en algunos casos, es inevitable que estas sustancias fluyan hacia el compresor. Parte de estas sustancias pueden, junto con el aire comprimido, pasar a través del compresor y ser expulsadas, pero otra parte de las mismas puede adherirse a los álabes y palas del compresor. El aire ambiental contiene, además, humedad, sulfatos, sulfitos, cloruros, carbonatos y similares en forma de gas o gotas diminutas, que también pueden adherirse a los álabes y las palas del compresor. Al exponerse a temperaturas elevadas, estas sustancias extrañas se pueden transformar física y químicamente en depósitos que se adhieren a las superficies de los álabes y las palas.

25

Debido a que una cantidad excesiva de depósitos afecta a las propiedades aerodinámicas de los álabes y palas del compresor, es necesario retirarlos y, si es necesario, rehacer el acabado de las superficies de los álabes y las palas, para restaurarlos a sus estados originales. El trabajo requerido incluye procesos de desmontaje del motor, extracción de cada álabe o pala del compresor, restauración a sus estados originales individualmente y nuevo montaje de ellos en el motor. Estos laboriosos procesos provocan un marcado aumento en el coste de la revisión del motor.

30

35

Hay algunas propuestas sobre algunas técnicas de recubrimientos para abordar el problema planteado por los depósitos. Los documentos US 2010/0247321 y US 2010/0086397 describen técnicas relacionadas. Los recubrimientos descritos en los mismos tienen por objeto evitar la adherencia de sustancias extrañas. En el documento WO 2010/131587 A1 se muestra un compresor 10 que comprende un rotor 14 con palas 14 para un soplador 10 para alto horno. En la patente europea EP 2 530 185 A1 se muestra un artículo compuesto que tiene una capa con regiones de material co-continuas. El artículo compuesto incluye un sustrato, al menos una capa protectora sobre el sustrato y una capa intermedia entre la capa protectora y el sustrato. Además, en la patente europea EP 1 739 202 A1 se muestra un método para el tratamiento de la superficie de un componente de motor de turbina de gas de titanio.

40

La patente europea 2 821 449 A1 y el documento US 2013/280480 A1 describen otros recubrimientos relacionados.

COMPENDIO

45 **PROBLEMA TÉCNICO**

Los recubrimientos de acuerdo con las técnicas relacionadas mencionadas anteriormente pueden funcionar en la etapa inicial, donde las sustancias extrañas comienzan a adherirse a las superficies de los álabes y las palas para evitar la adherencia a los mismos. Sin embargo, una vez que comienza la adherencia y comienzan a formarse depósitos pegajosos, las superficies recubiertas son cubiertas por los depósitos y, posteriormente, las sustancias extrañas que llegan pueden depositarse sobre los depósitos precedentes. En esta etapa no podría esperarse que el efecto de los recubrimientos sea significativo y, por lo tanto, los depósitos crecerían tanto como los de las técnicas anteriores. Más específicamente, lo que hacen estas técnicas relacionadas no es más que retrasar la etapa inicial de deposición y, por lo tanto, estas técnicas no pueden resolver esencialmente el problema de los depósitos. Un álabe o pala de compresor para un motor relacionado con la descripción que se expone a continuación son técnicas creadas para resolver estos problemas originados en ambientes que contienen abundantes sustancias extrañas.

50

55

SOLUCIÓN AL PROBLEMA

Según un aspecto, el álabe o pala del compresor tiene un cuerpo base del álabe o pala del compresor; y un recubrimiento que cubre el cuerpo base, consistiendo el recubrimiento esencialmente en uno o más seleccionados del grupo de disulfuro de molibdeno y disulfuro de tungsteno. El álabe o pala del compresor tiene, además, un recubrimiento intermedio interpuesto entre el recubrimiento y el cuerpo base. Adicionalmente, el recubrimiento y el recubrimiento intermedio se superponen de forma alterna para formar un recubrimiento de múltiples capas de tres o más conjuntos de las capas alternas, en las que el recubrimiento está expuesto a la atmósfera.

60

65

Los recubrimientos están limitados a, y cubren completamente, una cara de la superficie aerodinámica, una sección de plataforma o una sección de banda interna y una sección de banda externa. Preferiblemente, el recubrimiento

intermedio consiste esencialmente en uno o más seleccionados del grupo de nitruro de titanio-aluminio y nitruro de cromo-aluminio.

EFFECTOS VENTAJOSOS

5 El deslizamiento entre capas en el sulfuro estimula la exfoliación de los depósitos y, por lo tanto, el recubrimiento puede seguir evitando la deposición de los depósitos durante un periodo prolongado.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 La figura 1 es una vista esquemática en sección transversal de un cuerpo base y un recubrimiento según una realización.

La figura 2 es una vista esquemática en sección transversal de un cuerpo base y un recubrimiento según una realización de la invención.

La figura 3 es una vista esquemática en sección transversal que muestra un estado en el que el recubrimiento crea un deslizamiento entre capas y, por lo tanto, se exfolia junto con los depósitos.

15 La figura 4 es un dibujo esquemático de un aparato de ensayo del equipo de quemador.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES

A continuación se describirán realizaciones de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos.

20 Como ya se describió anteriormente, las sustancias extrañas aspiradas al motor contienen sulfatos. Los sulfatos son más oxidantes que el oxígeno y, por lo tanto, corroen gradualmente incluso los materiales que son altamente resistentes a la corrosión, tal como CrAIN, cuando se combinan con un ambiente de temperatura elevada. Si bien dicha corrosión da como resultado la formación de óxidos metálicos, numerosos óxidos metálicos generados en dicho ambiente tienen estructuras compactas y son rígidos, y, en algunos casos, funcionan como anclajes para sostener los depósitos. Por lo tanto, no impiden, sino que a veces promueven, la adherencia de depósitos posteriores sobre ellos.

30 Los presentes inventores descubrieron que los sulfuros de metales específicos tienen estructuras cristalinas estratificadas y sus capas pueden deslizarse fácilmente unas sobre otras porque los sulfuros que conectan las capas solo tienen enlaces débiles entre ellos, de modo que los depósitos pueden, junto con las interfaces en los sulfuros o las capas intermedias justo debajo de los depósitos, exfoliarse. El disulfuro de molibdeno (MoS₂) y el disulfuro de tungsteno (WS₂) pueden servir como ejemplo para tales sulfuros. Estos sulfuros son estables incluso en un ambiente oxidante e, incluso si estos sulfuros se oxidan, el trióxido de molibdeno (MoO₃) o el trióxido de tungsteno (WO₃) resultantes también son exfoliantes. Por lo tanto, estos sulfuros son aplicables a la supresión de la deposición de depósitos en ambientes de temperatura elevada durante un periodo prolongado.

35 El álabe o pala del compresor en relación con la presente descripción se ha creado sobre la base de estos descubrimientos. Cabe destacar particularmente que, mientras que estos sulfuros son ya conocidos como lubricantes sólidos no se usan para la finalidad de la lubricación en esta realización, sino que se usan para la finalidad de la prevención de la deposición de los depósitos. Por tanto, un recubrimiento de un sulfuro no cubre las superficies deslizantes sino las superficies expuestas y puede limitarse a las superficies expuestas, aunque sus detalles se describirán más adelante.

40 Con referencia a la figura 1, un álabe o pala de compresor de motor de acuerdo con una realización está compuesta por un cuerpo base 1 del álabe o pala del compresor y un recubrimiento 3 que cubre el cuerpo base 1. El cuerpo base 1 es uno de álabes y palas de un compresor para un motor de reacción de aeronave o un motor de turbina de gas y es aplicable a una pala del rotor o a un álabe del estator. El recubrimiento 3 es de un sulfuro, tal como disulfuro de molibdeno o disulfuro de tungsteno, por ejemplo.

50 El sulfuro contenido en el recubrimiento 3, ya que tiene la propiedad de promover la exfoliación de los depósitos del recubrimiento 3, suprime la deposición de los depósitos durante un periodo prolongado. A lo largo de la presente descripción y las reivindicaciones adjuntas, un recubrimiento que tiene dicha propiedad se denomina "recubrimiento exfoliante".

55 Una superficie más lisa del recubrimiento 3 es ventajosa a la luz de la prevención de la adherencia de los depósitos. Por lo tanto, la rugosidad de la superficie del recubrimiento 3 es, preferiblemente, de 0,1 Ra o menos (Ra es el promedio aritmético de la rugosidad conforme a las normas industriales japonesas: JIS-B-0601-2001.).

60 La mera exposición del recubrimiento 3 mencionado anteriormente es suficiente para exhibir la propiedad inherente y, por lo tanto, debajo del recubrimiento 3, puede interponerse cualquier recubrimiento intermedio 5 distinguible del mismo. El recubrimiento intermedio 5 está formado por, o incluye, cualquier componente distinto del recubrimiento 3. El recubrimiento intermedio 5 puede incluir además dos o más capas que se pueden distinguir entre sí.

65 Los componentes para el recubrimiento intermedio 5 pueden seleccionarse arbitrariamente a la luz de diversas propiedades. Un nitruro de titanio-aluminio (Ti_yAl_{1-y}N) o un nitruro de cromo-aluminio (Cr_zAl_{1-z}N) es aplicable al recubrimiento 5 a la luz de la mejora de la resistencia a la corrosión y la resistencia a la erosión, por ejemplo. Como

alternativa, cualquier sustancia que sea ventajosa para mejorar la adherencia entre el recubrimiento 3 y el cuerpo base 1 o relajar el estrés alrededor de la interfaz puede seleccionarse y aplicarse al recubrimiento 5.

5 Según la invención, el recubrimiento 3 y otro recubrimiento 7 están dispuestos alternativamente en capas para formar un recubrimiento de múltiples capas de tres o más conjuntos de las capas alternadas como se muestra en la figura 2. Formar una estructura de múltiples capas es ventajoso para relajar el estrés residual o similar.

10 En el recubrimiento de múltiples capas, por ejemplo, un recubrimiento de un sulfuro y un recubrimiento de un nitruro de titanio-aluminio o un nitruro de cromo-aluminio pueden disponerse alternativamente en capas. Como alternativa, el otro recubrimiento 7 por sí mismo puede incluir dos o más capas distinguibles entre sí. Además, en el recubrimiento de múltiples capas, la capa más superior es el recubrimiento 3. En el recubrimiento de múltiples capas, cada capa puede tener un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm.

15 Si bien el recubrimiento 3 cubre completamente las caras de la superficie aerodinámica del álabo o pala del compresor del motor al menos, puede cubrir aún más su sección de plataforma (en el caso de una pala de rotor), o su sección de banda interna y su sección de banda externa (en el caso de un álabo del estator). Además, el recubrimiento 3 puede limitarse a estas secciones.

20 Los mecanismos por los cuales el recubrimiento 3 impide la deposición de los depósitos se describirán con referencia a la figura 3.

25 Los depósitos 9 contienen polvo, arena, cenizas volcánicas, humedad, sulfatos, sulfitos, cloruros, carbonatos y similares, y pueden adherirse al recubrimiento 3 como se muestra en la figura 3(a). En la interfaz entre el recubrimiento 3 y los depósitos 9, o en el recubrimiento 3 y cerca de la interfaz, como se muestra en la figura 3(b), aparece un plano de deslizamiento 3S y los depósitos se exfolian desde el plano de deslizamiento 3S.

30 Tras la exfoliación, como se muestra en la figura 3(c), queda expuesta una superficie nueva 3F del recubrimiento 3 y puede exhibir repetidamente las propiedades de promoción de la exfoliación de depósitos que se van a adherir a la superficie. El plano de deslizamiento 3S está, a medida que la fuerza cortante aplicada por los depósitos 9 lo crea, muy cerca de la interfaz y, por lo tanto, el espesor del recubrimiento 3 perdido en cada exfoliación es muy pequeño, quizá del orden de varios cientos de nm. Por lo tanto, el recubrimiento 3 puede conservar su efecto durante un tiempo prolongado.

35 El recubrimiento 3 (o los recubrimientos 5, 7 también) sobre el cuerpo base 1 se puede formar usando, por ejemplo, un método de pulverización catódica conocido. Como alternativa, también es aplicable un método de recubrimiento de iones de arco o cualquiera de los otros métodos de recubrimiento. El método de producción mediante el método de pulverización catódica se lleva a cabo de la manera que se describe a continuación.

40 En primer lugar, el cuerpo base 1 y un objetivo se introducen en un aparato de pulverización catódica. El objetivo debe ser del mismo material que el recubrimiento 3 en principio. A continuación se describe un ejemplo en el que se aplica disulfuro de molibdeno al objetivo.

45 En un caso en el que el cuerpo base 1 es una pala de rotor, su sección de cola de milano se ajusta en el soporte para combinar el cuerpo base 1 con el soporte. Esto no es solo para establecer una conexión eléctrica, sino que también utiliza el soporte para proteger la sección de cola de milano frente a la descarga, lo que es útil para limitar la formación del recubrimiento a una porción restringida. Más específicamente, esto es útil para limitar la formación del recubrimiento a las caras de la superficie aerodinámica y la sección de la plataforma de la pala de rotor. En un caso en el que el cuerpo base 1 es un álabo de estator, se utilizan estructuras fuera de la sección de la banda exterior o dentro de la sección de la banda interior. Esto es útil para limitar la formación del recubrimiento a las caras de la superficie aerodinámica y la sección de la banda exterior o la sección de la banda interior del álabo del estator.

50 La cámara se cierra herméticamente al gas y se evacua a un vacío adecuado mediante una bomba de vacío. Esto es útil para eliminar impurezas. La evacuación se continúa en la medida en que un grado de vacío alcanza aproximadamente 0,01 Pa o similar.

55 Con la evacuación continua, las válvulas del dispositivo que suministra el gas se abren y, por lo tanto, se introduce un gas de trabajo en el mismo para regular la presión en la cámara. El gas de trabajo es argón, por ejemplo, y la presión es de 2-10 Pa, por ejemplo.

60 Mediante una fuente de energía de descarga, se aplica una tensión entre el objetivo y la cámara para generar una descarga entre ellos. Debido a la colisión de iones con el objetivo, el sulfuro de molibdeno es eliminado del objetivo, parcialmente ionizado y, después, acelerado por un potencial de polarización hacia el cuerpo base 1, formando así el recubrimiento 3.

Huelga decir que el mismo método de pulverización catódica es aplicable a la formación del recubrimiento intermedio 5 o también es aplicable al mismo cualquier método distinto al del recubrimiento 3, tal como un método de revestimiento de iones, por ejemplo.

5 Como ya se ha descrito, las secciones protegidas en el soporte están libres de la formación del recubrimiento, pero el campo eléctrico de polarización induce el desplazamiento de las partículas de fase gaseosa alrededor de todas las superficies expuestas del cuerpo base 1. De este modo, el recubrimiento 3 cubre completamente todas las superficies que no sean las superficies protegidas.

10 Con el fin de verificar los efectos, se realizan ensayos del equipo del quemador para comparar las cantidades de depósitos adheridos.

15 Con referencia a la figura 4, un aparato de ensayo del equipo del quemador está constituido generalmente por un quemador 13 para generar gas caliente y un soporte 15 para soportar las piezas de ensayo. Al quemador 13 se conectan una boquilla 17 de combustible compuesta por un sistema de suministro para suministrar queroseno, por ejemplo, y una boquilla 19 de agua salada compuesta por un sistema de suministro de agua salada. Cuando una bujía 21 enciende el flujo de gas expulsado por estas boquillas, se genera un flujo F de gas caliente. El soporte 15 está constituido de este modo para soportar una pluralidad de piezas P de ensayo en forma de barra redonda. Al girar el soporte 15 alrededor de un eje perpendicular al flujo F de gas por medio de un motor 23, la pluralidad de piezas P de ensayo queda expuesta unitariamente al flujo F de gas caliente .

20 Una pieza de ensayo en forma de barra redonda formada de INCONEL718 (INCONEL es un nombre de uso habitual por los expertos en este campo de la técnica) en la que se forma un recubrimiento de nitruro de cromo-silicio (como recubrimientos intermedios) y se forma un recubrimiento de disulfuro de molibdeno sobre el mismo y se produce una pieza de ensayo sin recubrimientos, respectivamente.

25 Las piezas de ensayo mencionadas anteriormente se sirven respectivamente para el ensayo del equipo del quemador. Se suministra solución de sulfato de calcio al quemador como agua salada. Cada pieza de ensayo está unida al soporte y, al girar el soporte, queda expuesta al flujo de gas caliente durante dos horas. Posteriormente, cada pieza de ensayo se vuelve a fijar al soporte y, al girar el soporte, queda expuesta al flujo de gas caliente durante cuarenta horas, a continuación, se separa del mismo y se somete a observación visual y medición del cambio de peso. En la Tabla 1 se resume el resultado de la medición de los cambios de peso.

35 Tabla 1 Cambio de peso después del ensayo del equipo del quemador

Recubrimiento	Primera exposición (2 horas)	Segunda exposición (40 horas)
MoS ₂	0,19	0,17
ninguno	0,38	0,31

40 La pieza de ensayo sin los recubrimientos exhibe depósitos de color gris ceniza adheridos a porciones enteras expuestas al flujo de gas caliente. Mientras que la pieza de ensayo con los recubrimientos también exhibe depósitos de color gris ceniza, estos depósitos están parcialmente exfoliados y las porciones de las que salen los depósitos exhiben brillo metálico. Los resultados de las mediciones del cambio de peso presentan que la pieza de ensayo sin los recubrimientos muestra un aumento de peso considerable, lo que se considera que corresponde al peso de los depósitos, pero la pieza de ensayo con los recubrimientos solo muestra un ligero aumento de peso. Como resulta evidente de estos resultados del ensayo, la pieza de ensayo con los recubrimientos tiene un efecto prominente de promoción de la exfoliación de los depósitos en comparación con la que no tiene los recubrimientos.

45 Aunque anteriormente se han descrito ciertas realizaciones, a la luz de las enseñanzas anteriores, los expertos en la técnica concebirán modificaciones y variaciones de las realizaciones descritas anteriormente. El alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

50 **APLICABILIDAD INDUSTRIAL**

Se proporciona un álabe o pala de compresor del motor sobre la que los depósitos apenas se depositan, incluso en un ambiente que contiene abundantes sustancias extrañas.

REIVINDICACIONES

1. Un álabe o pala de compresor para un motor usado en un ambiente que contiene abundantes sustancias extrañas, comprendiendo el álabe o pala de compresor:

5 un cuerpo base (1) del álabe o pala del compresor;
un recubrimiento (3) que cubre el cuerpo base, consistiendo el recubrimiento esencialmente en uno o más seleccionados del grupo de disulfuro de molibdeno y disulfuro de tungsteno; y
un recubrimiento intermedio (5) interpuesto entre el recubrimiento (3) y el cuerpo base (1),
10 **caracterizado por que::**

15 el recubrimiento (3) y el recubrimiento intermedio (5) se superponen de forma alterna para formar un recubrimiento de múltiples capas de tres o más conjuntos de las capas alternadas, en el que el recubrimiento (3) está expuesto a la atmósfera, y
los recubrimientos (3, 5) están limitados y cubren completamente una cara de la superficie aerodinámica, una sección de plataforma o una sección de banda interna y una sección de banda externa.

2. El álabe o pala del compresor según la reivindicación 1, caracterizado por que:

20 el recubrimiento intermedio (5) consiste esencialmente en uno o más seleccionados del grupo de nitruro de titanio-aluminio y nitruro de cromo-aluminio.

FIG. 1

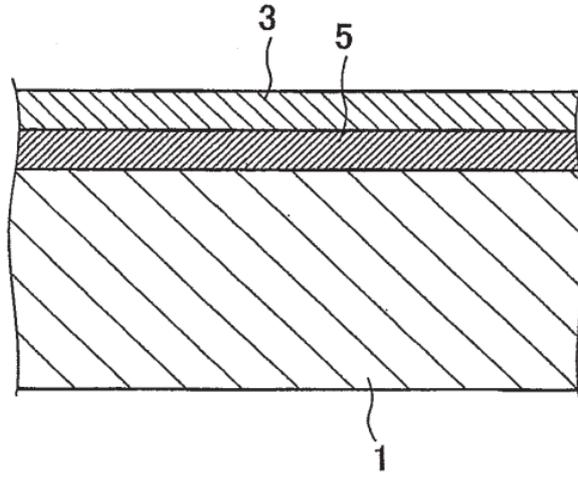


FIG. 2

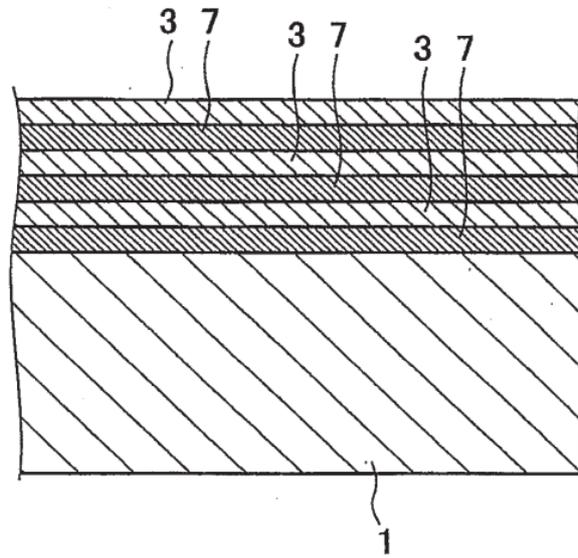


FIG. 3

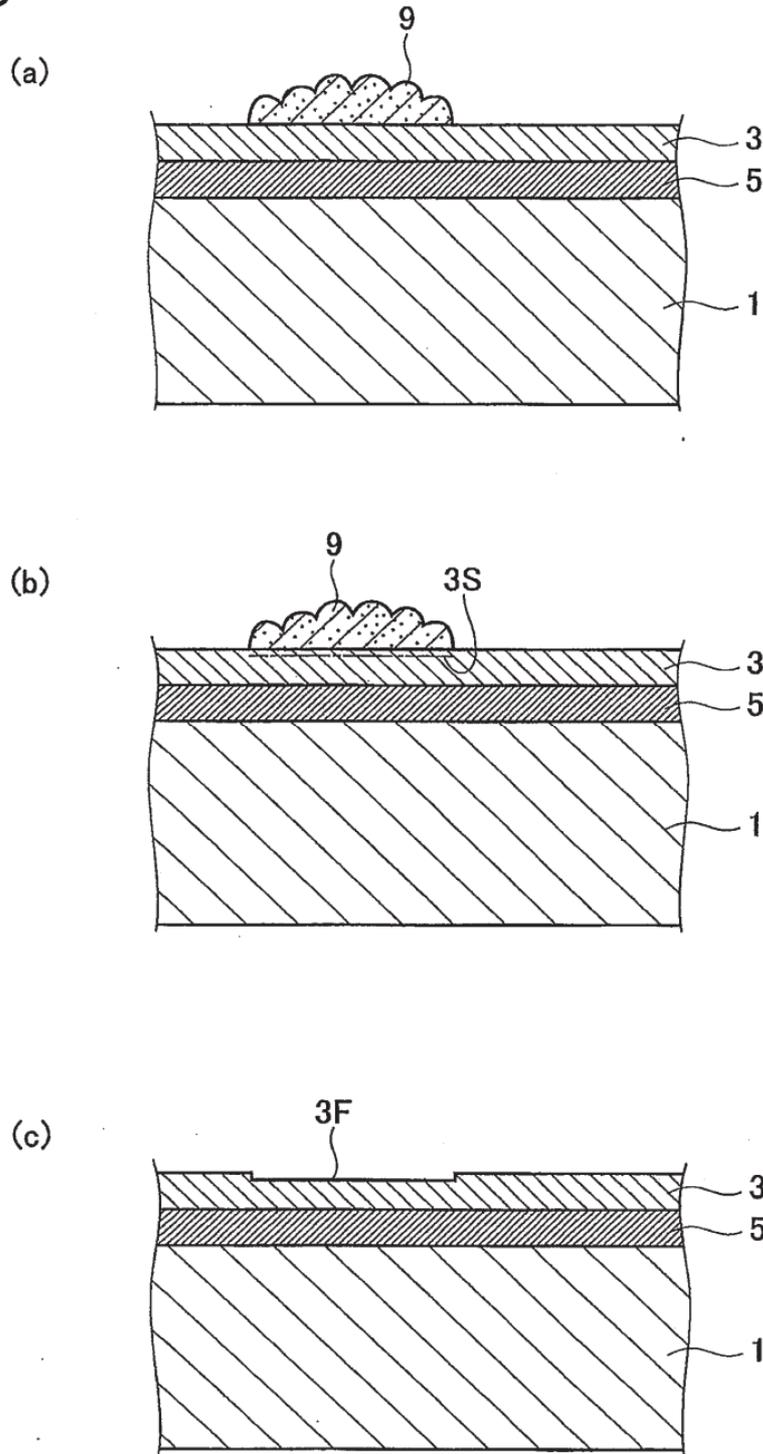


FIG. 4

