

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 503**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0236 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.08.2010 PCT/FR2010/051756**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.03.2011 WO11023894**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2010 E 10762743 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019 EP 2471103**

54 Título: **Procedimiento de texturización de la superficie de un sustrato de silicio y sustrato de silicio texturizado para célula solar**

30 Prioridad:

24.08.2009 FR 0955767

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

12.06.2019

73 Titular/es:

**TOTAL S.A. (33.3%)
2, Place Jean Millier, La Défense 6
92400 Courbevoie, FR;
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (33.3%) y
ECOLE POLYTECHNIQUE (33.3%)**

72 Inventor/es:

**ROCA I CABARROCAS, PERE;
MORENO, MARIO y
DAINEKA, DIMITRI**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 716 503 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

Procedimiento de texturización de la superficie de un sustrato de silicio y sustrato de silicio texturizado para célula solar

5 La invención se refiere a un procedimiento de texturización de la superficie de un sustrato de silicio en fase gaseosa y a un sustrato de silicio texturizado para una célula solar obtenido mediante tal procedimiento.

10 Un sustrato de silicio texturizado de este tipo se utiliza para la fabricación de heterouniones de células solares.

La texturización de sustratos de silicio cristalino de c-Si (100) se usa ampliamente para la fabricación de células solares de silicio de alto rendimiento.

15 La texturización de la superficie de los sustratos de silicio cristalino permite reducir la reflectividad luminosa de su superficie, aumentar la captura de la luz, aumentar la corriente producida y, por lo tanto, la eficiencia de las células solares.

20 Los procedimientos de texturización consisten en formar estructuras en forma de pirámide en la superficie del sustrato. Estas pirámides pueden ser invertidas o no invertidas.

A partir del documento de Martin A Green, Jianhua Zhao, Wang Aihua y Stuart R Wenham, IEE *Transactions on Electronic Devices*, vol. 46, n.º 10, págs. 1940 - 1947 (1999) se conoce un procedimiento de fotolitografía y grabado en húmedo que permite obtener un sustrato de silicio c-Si (100) con estructuras en forma de pirámides invertidas en su superficie.

25 Este procedimiento permite obtener bajas reflectividades del orden del 8 % y un rendimiento del 24,7 %.

30 Sin embargo, este procedimiento es largo, costoso y contaminante porque requiere el uso de grandes cantidades de agua desionizada y soluciones químicas tales como soluciones de KOH o NaOH, que deben reciclarse.

Además, la texturización no solo se realiza en una sola cara del sustrato, sino también en su cara posterior, lo que resulta en una disminución de la calidad de la pasivación de esta última.

35 Para resolver estos problemas, el documento de J Yoo, Kyunghae Kim, Sr. Thamilselvan, N. Lakshminarayan, Young Kuk Kim, Lee Jaehyeong, Kwon Jong Yoo y Junsin Yi, *RIE texturing optimization for thin c-Si solar cells in SF₆/O₂ plasma*, Journal of Physics D: Applied Physics, vol 41, 125205, págs. 1 - 7 (2008) describe un procedimiento de grabado en seco que utiliza un plasma de SF₆/O₂ para texturizar la superficie de un sustrato de silicio cristalino de c-Si (100). Este procedimiento se lleva a cabo en un aparato de grabado iónico reactivo (RIE "Reactive Ion Etching") que puede generar un plasma de radiofrecuencia en presencia de gas.

40 Se obtuvo un sustrato de silicio texturizado utilizando una presión de SF₆/O₂ de 265 mTorr, y aplicando un plasma de radiofrecuencia de 5 a 20 minutos con una potencia de RF de 100 W.

45 Mediante este procedimiento de texturización, se obtiene una multitud de estructuras en forma de aguja 5 sobre la superficie del sustrato de silicio, tal como se ilustra en la Figura 1. Las reflectividades y los rendimientos obtenidos son comparables a los obtenidos con los procedimientos por vía húmeda.

50 Sin embargo, una superficie de este tipo que tiene picos o agujas, hace que el sustrato texturizado sea inutilizable para la fabricación de células solares. De hecho, es difícil, si no imposible, depositar otra capa de silicio de forma homogénea.

55 De este modo, el objeto de la invención es proporcionar un procedimiento de texturización en fase gaseosa que permita obtener un sustrato de silicio con muy buena reflectividad (menos del 6 %), con una superficie texturizada sin estructuras en forma de agujas, para su uso en la fabricación de células solares.

Con este fin, la invención se refiere a un procedimiento de texturización en fase gaseosa de la superficie de un sustrato de silicio tal como se define en la reivindicación 1. Este procedimiento comprende la siguiente etapa:

60 a) exposición de dicha superficie a un plasma de radiofrecuencia de SF₆/O₂ en una cámara de reacción durante un periodo comprendido entre 2 minutos y 30 minutos, para producir un sustrato de silicio con una superficie texturizada que tiene estructuras piramidales, estando la relación de SF₆/O₂ comprendida entre 2 y 10.

Y de acuerdo con la invención:

65 – el procedimiento de texturización de la superficie del sustrato de silicio comprende, antes de la etapa a), una etapa a') de exposición de dicha superficie a un plasma de radiofrecuencia de oxígeno durante un periodo de

hasta 8 minutos.

- durante la etapa a), la densidad de potencia generada con el plasma de radiofrecuencia es mayor o igual a 3000 mW/cm², y la presión de SF₆/O₂ en la cámara de reacción es inferior o igual a 100 mTorr, por lo que se produce un sustrato de silicio con una superficie texturizada que tiene estructuras piramidales de tipo invertido.

En varias realizaciones posibles, la presente invención también se refiere a las siguientes características que pueden considerarse de forma aislada o en todas sus combinaciones técnicamente posibles y cada una de ellas aporta ventajas específicas:

- durante la etapa a'), la densidad de potencia generada con el plasma de radiofrecuencia está entre comprendida entre 500 mW/cm² y 4000 mW/cm², la presión de oxígeno en la cámara de reacción está comprendida entre 50 mTorr y 150 mTorr,
- durante las etapas a) y a'), la densidad de potencia generada con el plasma de radiofrecuencia es igual a 3000 mW/cm²,
- durante la etapa a), la presión de SF₆/O₂ en la cámara de reacción es de 100 mTorr, la relación de SF₆/O₂ es de 3 y el periodo de exposición al plasma es de 15 minutos,
- durante las etapas a) y/o a'), la potencia del plasma de radiofrecuencia se incrementa gradualmente,
- la duración de la etapa a') es de 5 minutos,
- las etapas a) y a') se llevan a cabo en un aparato de grabado iónico reactivo.

La invención también se refiere a un sustrato de silicio texturizado para una célula solar que tiene una superficie texturizada con estructuras piramidales de tipo invertido y una resistividad comprendida entre 0,5 Ω.cm y 30 Ω.cm.

De acuerdo con la invención, las estructuras piramidales invertidas tienen un ancho comprendido entre 200 nm y 3 μm, y una profundidad comprendida entre 200 nm y 1 μm.

En diversas realizaciones posibles, la presente invención también se refiere a la siguiente característica que proporciona ventajas específicas:

- la superficie texturizada del sustrato de silicio tiene estructuras en forma de pirámide invertida de tamaños grandes, y estructuras en forma de pirámide invertida de tamaños pequeños, estando el ancho de las estructuras en forma de pirámide invertida de tamaños grandes comprendido entre 1 μm y 3 μm, y el ancho de las estructuras en forma de pirámide invertida de tamaños pequeños comprendido entre 200 nm y 1 μm.

Por lo tanto, la invención proporciona un procedimiento de texturización en fase gaseosa que permite obtener un sustrato de silicio con muy buena reflectividad (menos del 6 %), con una superficie texturizada sin estructuras en forma de agujas, para su uso en la fabricación de células solares o sensores ópticos.

La rugosidad de la superficie es compatible con la deposición de capas delgadas de silicio dopadas para la formación de una unión o heterounión.

Localmente, la rugosidad de la superficie texturizada es menor que la de la del estado de la técnica.

Es posible producir un depósito de silicio homogéneo sobre dicha superficie texturizada. El depósito puede ser una capa homogénea de a-Si:H intrínseca o de dopado (p o n) para formar una heterounión o una capa de silicio epitaxial para formar una homounión.

Este sencillo procedimiento de texturización permite reducir las etapas del procedimiento de fabricación y, por lo tanto, reducir el tiempo y el coste de fabricación de las células solares y el impacto en el medio ambiente. También permite usar menos material.

El procedimiento se puede integrar fácilmente en una línea de producción.

La reflectividad obtenida con el procedimiento de la invención es menor que la obtenida con las técnicas por vía húmeda conocidas.

La reflectividad es baja en el rango operativo de las células solares (400 nm a 1000 nm).

La invención se describirá con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la Figura 1 muestra un sustrato de silicio texturizado obtenido con un procedimiento de texturización del estado de la técnica;
- la Figura 2 representa esquemáticamente cuatro secciones de sustrato de silicio texturizado obtenido con diferentes potencias de RF, de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

- la Figura 3 muestra fotografías de sustratos de silicio texturizado obtenidos con un microscopio electrónico de barrido, para diferentes potencias de RF y diferentes relaciones de SF₆/O₂;
- la Figura 4 representa imágenes y perfiles de superficie de muestras de silicio texturizado producidas por AFM;
- la Figura 5 muestra curvas de reflectividad para sustratos de silicio texturizado a diferentes potencias de RF.

5 De acuerdo con una realización de la invención, el procedimiento de texturización en fase gaseosa de la superficie de un sustrato de silicio comprende una etapa a) de generación de un plasma de radiofrecuencia de SF₆/O₂ en una cámara de reacción. durante un periodo comprendido entre 2 minutos y 30 minutos, dando como resultado la formación de un sustrato de silicio con una superficie texturizada que tiene estructuras piramidales. La relación de SF₆/O₂ está comprendida entre 2 y 10, y la presión de SF₆/O₂ en la cámara de reacción está comprendida entre 50 mTorr y 150 mTorr.

La duración de la etapa a) está preferiblemente comprendida entre 2 minutos y 30 minutos.

15 El sustrato de silicio puede ser monocristalino o multicristalino, con tamaños de grano del orden de un milímetro. El sustrato de silicio puede ser un sustrato de c-Si (100), por ejemplo. Presenta una resistividad comprendida entre 0,5 Ω.cm y 30 Ω.cm. El sustrato de silicio puede ser dopado n o dopado p.

20 La etapa a) de generación de un plasma de radiofrecuencia SF₆/O₂ está precedida por una etapa a') de exposición de la superficie del sustrato a un plasma de radiofrecuencia de oxígeno durante un período de hasta 8 minutos.

La etapa a') permite mejorar la uniformidad de la textura del sustrato.

25 Las etapas a) y a') se llevan a cabo en el mismo aparato de grabado iónico reactivo convencional que puede generar un plasma de radiofrecuencia en presencia de gas. La frecuencia del aparato de grabado iónico reactivo es de 13,56 MHz.

Durante la etapa a) la potencia del plasma de radiofrecuencia es superior o igual a 3000 mW/cm².

30 La presión de SF₆/O₂ en la cámara de reacción es inferior o igual a 100 mTorr, para producir un sustrato de silicio con una superficie texturizada que tiene estructuras piramidales de tipo invertido.

35 Durante la etapa a'), la potencia del plasma de radiofrecuencia está comprendida entre 25 W, que corresponde a una densidad de potencia de 500 mW/cm², y 200 W, que corresponde a una densidad de potencia de 4000 mW/cm². El plasma generado durante estas etapas es un plasma de baja temperatura (inferior o igual a 200 °C).

Preferiblemente, durante la etapa a'), el plasma de oxígeno de radiofrecuencia se genera durante un período de 5 minutos, con una potencia de radiofrecuencia (RF) de 150 W, es decir, una densidad de potencia de 3000 mW/cm².

40 A continuación, durante la etapa a), preferiblemente, el plasma de radiofrecuencia de SF₆/O₂ se genera durante un período de 15 minutos, con una presión de SF₆/O₂ de 100 mTorr, y una relación de SF₆/O₂ igual a 3, que corresponde a un flujo de SF₆ de 99 cm³/s, y un flujo de O₂ de 33 cm³/s. La potencia del plasma RF es de 150 W, es decir, una densidad de potencia de 3000 mW/cm².

45 En estas condiciones óptimas, se obtiene un sustrato de silicio c-Si (100) con una superficie texturizada que comprende una multitud de pirámides invertidas con una distribución de tamaño comprendida entre 200 nm y 3 μm, tal como se ilustra en las Figuras 2 a 4.

La adición de un gas de oxígeno a un gas de SF₆ desempeña un papel importante en el plasma.

50 En la superficie del sustrato, se producen dos efectos opuestos en el plasma de SF₆/O₂: un procedimiento de grabado debido a los radicales de flúor que son muy eficaces para el grabado del silicio, y un procedimiento de redeposición debido a los radicales residuales de SiO_xF_y, que producen un efecto de enmascaramiento. Estas micro-máscaras aumentan la texturización de la superficie del sustrato de c-Si.

55 La relación de SF₆/O₂ determina la densidad de las micro-máscaras, y una relación de 3 mejora la densidad de las estructuras producidas en las obleas de silicio. Por otro lado, la potencia del plasma RF determina la forma de las estructuras producidas. Al variar la potencia de RF y al utilizar una relación de gas optimizada (SF₆/O₂ = 3), es posible producir estructuras muy diferentes (pirámides normales o invertidas).

60 La Figura 3 representa fotografías de sustratos de silicio texturizado obtenidos con un microscopio electrónico de barrido (SEM), para potencias de RF de 50 W, 100 W y 150 W, y relaciones de SF₆/O₂ de 2 y 3, y una presión de la mezcla de SF₆/O₂ de 100 mTorr.

65 Esta Figura 3 muestra que se obtiene una mejor texturización con una relación de SF₆/O₂ igual a 3 y una potencia de RF de 150 W.

ES 2 716 503 T3

La Figura 2 representa esquemáticamente cuatro secciones del sustrato de silicio texturizado obtenido con diferentes potencias de RF, incluyendo un sustrato A obtenido a 25 W, un sustrato B obtenido a 50 W, un sustrato C obtenido a 100 W y un sustrato D obtenido a 150 W. La relación de SF_6/O_2 es igual a 3.

5 Para una potencia de plasma de RF de 25 W (sustrato A), es posible observar una densidad de pequeños puntos texturizados 6 que tienen tamaños que varían en el rango comprendido entre 50 y 100 nm.

El incremento de la potencia de RF a 50 W (sustrato B) conduce a una mayor densidad de pirámides normales 7, con estructuras que tienen tamaños que varían en el rango comprendido entre 200 y 500 nm.

10 El incremento de la potencia de RF a 100 W conduce a un cambio drástico en la textura externa (sustrato C). Las pirámides se reemplazan por estructuras en forma de cráter 8, con una distribución de tamaño comprendida entre 200 nm y 800 nm.

15 Finalmente, a 150 W (sustrato D), se genera una alta densidad de pirámide invertida 3 con un rango de tamaños comprendido entre 200 nm y 3 μm . Las pirámides pequeñas 4 se superponen sobre las pirámides más grandes 3.

La Figura 5 muestra curvas de reflectividad para un sustrato de c-Si texturizado, en el rango de longitud de onda de 300 a 1000 nm.

20 Las abscisas 1 representan las longitudes de onda en nm, y las ordenadas 2 representan la reflectividad en %.

Para el sustrato B de la Figura 2 (potencia de RF de 50 W), la curva de reflectividad 10 de la Figura 5 muestra que la reflectividad media es del 18 %.

25 Para el sustrato C de la Figura 2 que tiene estructuras en forma de cráter 8 (potencia de RF de 100 W), la curva de reflectividad 9 muestra que la reflectividad es del 29 %.

30 Se obtuvo una reducción de la reflectividad más interesante con el sustrato D que tiene pirámides invertidas 3, con una reflectividad media del 6 % (curva de reflectividad 11).

El cambio de forma de pirámides normales a pirámides invertidas también se observa por espectroscopia de fuerza atómica (AFM, "Atomic Force Spectroscopy").

35 La Figura 4 representa imágenes E y F y perfiles E' y F' de sustratos de silicio texturizado producidos por AFM.

La imagen E es una vista tridimensional de pirámides normales 7, mientras que la imagen E' muestra el perfil de estas estructuras. Las pirámides normales 7 tienen un ancho comprendido entre 400 y 600 nm, y una altura comprendida entre 100 y 150 nm.

40 La imagen F muestra una imagen tridimensional de pirámides invertidas 3, mientras que la imagen F' muestra el perfil de algunas de estas estructuras.

45 Las estructuras están compuestas por pirámides invertidas grandes 3 y pirámides invertidas pequeñas 4 formadas dentro de una gran pirámide 3. El ancho de las pirámides invertidas grandes 3 es de aproximadamente 3 μm . Las pirámides pequeñas 4 tienen un ancho comprendido entre 200 nm y 1 μm . La profundidad de estas estructuras está comprendida entre 300 y 500 nm.

Las Figuras 2 y 3, permiten explicar la evolución de la estructura de las pirámides en función de la potencia de RF.

50 A una potencia de RF baja ($P=25 W$), hay una formación de pequeños puntos blancos 6 en la superficie del sustrato de silicio. Estos pequeños puntos blancos 6 están protegidos contra el grabado en plasma mediante micro-máscaras compuestas por radicales de SiO_xF_y que son residuos del grabado por plasma de SF_6/O_2 . Sin embargo, el plasma no es lo suficientemente fuerte como para producir una superficie más texturizada.

55 Cuando la potencia de RF es mayor ($P=50 W$), las micro-máscaras de SiO_xF_y aún protegen el silicio colocado debajo (sustrato de la Figura 2 B). Sobre cada pirámide 7, se puede observar un pequeño punto blanco 7'.

60 Con una potencia de RF más alta, las pirámides se eliminan completamente, lo que da como resultado una superficie de sustrato de silicio casi plana. Sin embargo, cuando la potencia de RF es de aproximadamente 100 W, la superficie no permanece plana durante mucho tiempo, ya que comienza a texturizarse de nuevo, lo que da como resultado la aparición de cráteres 8 en la superficie del sustrato de silicio.

65 Finalmente, cuando la potencia de RF alcanza 150 W, las estructuras en forma de cráter se vuelven más profundas y anchas, similares a las pirámides invertidas 3. Se obtienen estructuras de diferentes tamaños.

La potencia del plasma de radiofrecuencia se fija preferiblemente durante las etapas a) y a').

De acuerdo con una posible realización, durante las etapas a) y/o a'), la potencia del plasma de radiofrecuencia se incrementa gradualmente.

5 El procedimiento de la invención se puede implementar en un aparato que comprende diferentes cámaras que incluyen una cámara de grabado iónico en la que se lleva a cabo la texturización del sustrato de silicio en la fase gaseosa según la invención, y al menos otra cámara de deposición química de vapor asistida por plasma (PECVD) en la que se realizan una o más etapas de deposición de silicio para obtener una célula solar.

10 El uso de un solo aparato permite evitar la contaminación del sustrato durante su transferencia entre las diferentes cámaras de reacción. Esto ahorra tiempo y reduce los costes de fabricación.

15 La superficie de los sustratos texturizados de acuerdo con el procedimiento de la invención se somete a otros tratamientos, tales como la limpieza de la superficie y la pasivación.

El procedimiento de la invención puede aplicarse independientemente a una o ambas caras opuestas del sustrato de silicio.

20 Se puede producir un depósito de silicio dopado en fase gaseosa en cada una de estas caras para obtener una heterounión de célula solar.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de texturización de la superficie de un sustrato de silicio en fase gaseosa, que comprende al menos una etapa a) de exposición de dicha superficie a un plasma de radiofrecuencia de SF₆/O₂ en una cámara de reacción de un aparato de grabado iónico reactivo durante un periodo comprendido entre 2 minutos y 30 minutos para producir un sustrato de silicio que tiene una superficie texturizada con estructuras piramidales, con una relación de flujo de SF₆/O₂ comprendida entre 2 y 10, **caracterizado por que**
- durante la etapa a), la densidad de potencia generada con el plasma de radiofrecuencia es superior o igual a 3000 mW/cm², y la presión de SF₆/O₂ en la cámara de reacción es inferior o igual a 100 mTorr, de forma que se produce un sustrato de silicio con una superficie texturizada que tiene estructuras piramidales de tipo invertido, presentando las estructuras piramidales invertidas un ancho comprendido entre 200 nm y 3 μm, y una profundidad comprendida entre 200 nm y 1 μm, y **por que** comprende antes de la etapa a), una etapa a') de exposición de dicha superficie a un plasma de radiofrecuencia de oxígeno durante un periodo de hasta 8 minutos, siendo el plasma generado durante estas etapas a) y a') un plasma con una temperatura inferior o igual a 200 °C.
2. Procedimiento de texturización de la superficie de un sustrato de silicio de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la duración de la etapa a') es de 5 minutos.
3. Procedimiento de texturización de la superficie de un sustrato de silicio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado por que**, durante la etapa a'), la densidad de potencia generada con el plasma de radiofrecuencia está comprendida entre 500 mW/cm² y 4000 mW/cm² y la presión de oxígeno en la cámara de reacción está comprendida entre 50 mTorr y 150 mTorr.
4. Procedimiento de texturización de la superficie de un sustrato de silicio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la densidad de potencia generada con el plasma de radiofrecuencia es igual a 3000 mW/cm².
5. Procedimiento de texturización de la superficie de un sustrato de silicio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** durante la etapa a), la presión de SF₆/O₂ en la cámara de reacción es de 100 mTorr, la relación de flujo de SF₆/O₂ es de 3 y el periodo de exposición al plasma es de 15 minutos.
6. Procedimiento de texturización de la superficie de un sustrato de silicio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** durante las etapas a) y/o a'), la potencia del plasma de radiofrecuencia se incrementa gradualmente.
7. Procedimiento de texturización de la superficie de un sustrato de silicio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** las etapas a) y a') se llevan a cabo en un aparato de grabado iónico reactivo.
8. Sustrato de silicio texturizado para célula solar obtenido según el procedimiento definido en una de las reivindicaciones 1 a 7, que presenta al menos una superficie texturizada con estructuras piramidales de tipo invertido y una resistividad comprendida entre 0,5 Ω.cm y 30 Ω.cm, **caracterizado por que** las estructuras piramidales invertidas tienen un ancho comprendido entre 200 nm y 3 μm, y una profundidad comprendida entre 200 nm y 1 μm.
9. Sustrato de silicio texturizado para célula solar de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** la superficie texturizada del sustrato de silicio tiene estructuras en forma de pirámide invertida de grandes tamaños (3) y estructuras en forma de pirámide invertida de pequeños tamaños (4), estando el ancho de las estructuras en forma de pirámide invertida de tamaño grande (3) comprendido entre 1 μm y 5 μm, y el ancho de las estructuras en forma de pirámide invertida de tamaño pequeño (4) comprendido entre 200 nm y 1 μm.

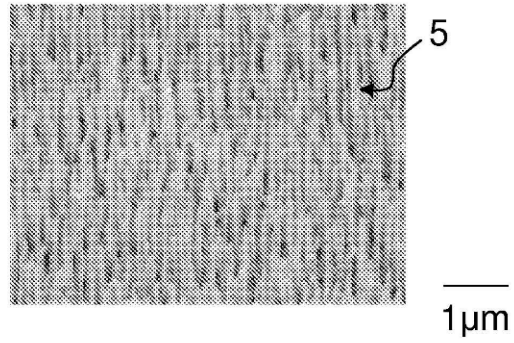


FIGURA 1

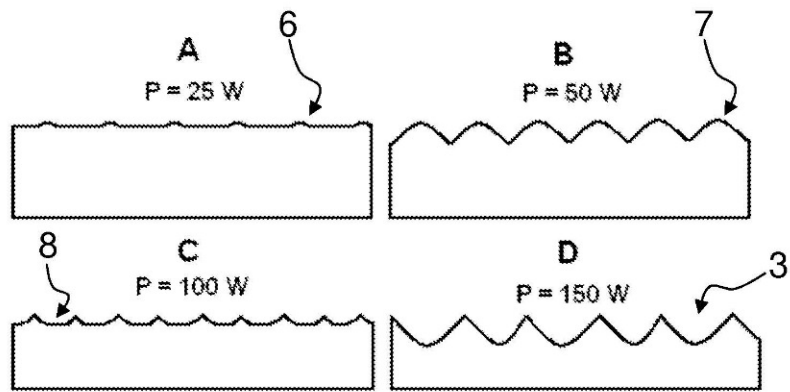


FIGURA 2

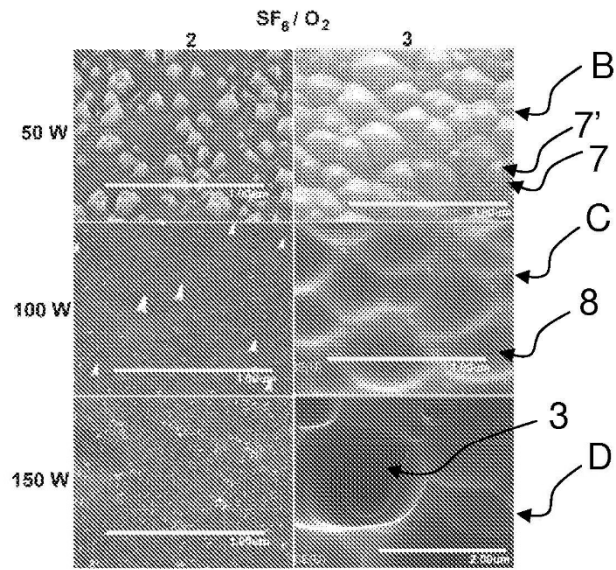


FIGURA 3

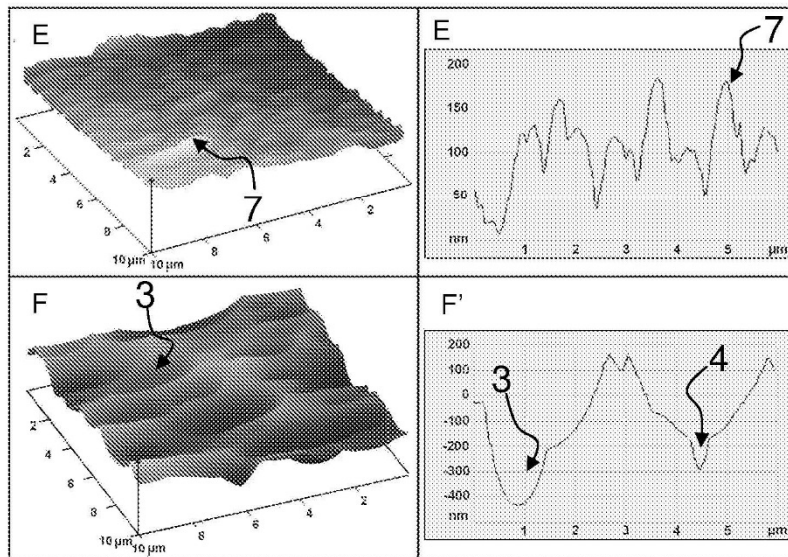


FIGURA 4

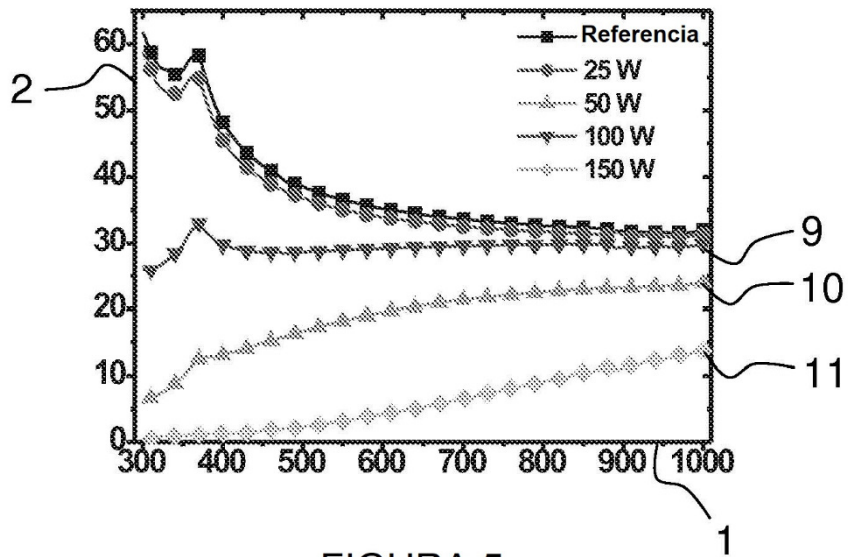


FIGURA 5