

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 070**

51 Int. Cl.:
C23C 14/34 (2006.01)
C23C 4/12 (2006.01)
C23C 4/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04713497 .8**
96 Fecha de presentación: **23.02.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1597407**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.11.2005**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA FABRICAR UN BLANCO DE PULVERIZACIÓN CATÓDICA.**

30 Prioridad:
24.02.2003 US 448867 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.12.2011

73 Titular/es:
**TEKNA PLASMA SYSTEMS INC.
2935 INDUSTRIAL BOULEVARD
SHERBROOKE, QUEBEC J1L 2T9, CA**

72 Inventor/es:
**BOULOS, Maher, I. y
JUREWICZ, Jerzy, W.**

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 371 070 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 para fabricar un blanco de pulverización catódica.

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a blancos de pulverización catódica. Más específicamente, la presente invención se ocupa de un procedimiento para la fabricación de blancos de pulverización catódica.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Los blancos de pulverización catódica son componentes esenciales en la industria de revestimiento de película delgada. Se utilizan como fuente de materiales de alta pureza que son liberados de la superficie del blanco como resultado de su bombardeo con partículas de proyectiles energéticos tales como un haz de iones. Las partículas que se liberan, en forma de vapores, se dirigen subsiguientemente hacia la superficie de un sustrato, en donde se depositan en forma de una delgada película de espesor y pureza controlados. La característica más impresionante del proceso de pulverización catódica es su universalidad. Virtualmente, cualquier material puede ser un candidato de revestimiento desde el momento que sea pasado a la fase de vapor por un intercambio de cantidad de movimiento físico en vez de por un proceso químico o térmico.

15 La deposición de películas delgadas utilizando técnicas de pulverización catódica es un paso esencial en un amplio rango de aplicaciones tales como capas de metalización de microcircuitos de aleación de aluminio y de metal refractario, capa de aislamiento de microcircuitos, electrodos de conducción transparentes, fibra óptica amorfa para dispositivos ópticos integrados, transductores piezoeléctricos, fotoconductores y película luminiscente para pantallas, dispositivos de memoria ópticamente direccionados, dispositivos de memoria de burbujas amorfas, resistencias y condensadores de película delgada, discos de video, electrolitos sólidos, láser de película delgada y piezas elementales de máscara fotolitográfica para microcircuitos.

20 Los materiales de blanco varían dependiendo de la aplicación. Pueden estar formados por metales puros tales como aluminio, cobre, hierro, plata, cromo, silicio, tántalo, oro, platino renio; aleaciones y compuestos, tales como sulfato de cadmio, arseniato de galio, fosfato de galio; una amplia gama de cerámicas tales como sílice, alúmina, carburo de silicio; polímeros tales como PTFE (TeflonTM); o incluso un mosaico de materiales diferentes. Las prestaciones del blanco dependen fuertemente de la pureza del material de dicho blanco, su densidad aparente y su microestructura.

25 Los blancos de pulverización catódica se han fabricado tradicionalmente mediante el uso de diferentes técnicas pulvimetalúrgicas para la formación de la placa del blanco hecha de materiales de alta pureza, los cuales se montan subsiguientemente sobre el material de respaldo del blanco para una gestión apropiada del calor en sus condiciones de funcionamiento finales. La técnica es relativamente tediosa y requiere una serie de pasos para la preparación y densificación del polvo, seguido por compactación del polvo a temperatura ambiente y subsiguiente sinterización hasta el nivel de alta densidad requerido. En ciertos casos, la compactación a temperatura ambiente no es suficiente para conseguir la densidad requerida del producto final. En tales casos, es necesario recurrir a las técnicas de sinterización por prensado caliente isostático (HIP) considerablemente más complejas y costosas.

30 Anónimo: "Process for fabricating sputtering targets", Research Disclosure, Kenneth Mason Publications, Hampshire, GB, vol. 300, No. 82, Abril de 1989 (04-1989), XP007113644 ISSN: 0374-4353 (D1), revela un procedimiento para la fabricación de un blanco de pulverización catódica mediante deposición por pulverización en plasma de un material de blanco en forma de polvo sobre un sustrato.

35 El documento US 3.547.720 (D8) muestra una capa de material cerámico pulverizado primero a la llama sobre un miembro de soporte temporal de material resistente a la llama.

OBJETOS DE LA INVENCION

40 Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento mejorado para la fabricación de blancos de pulverización catódica.

SUMARIO DE LA INVENCION

45 El objeto se resuelve con un procedimiento según la reivindicación 1.

La presente invención se ocupa de una nueva técnica que puede utilizarse para la producción de blancos de pulverización catódica en una serie de pasos sencillos utilizando tecnología de pulverización/deposición con plasma.

50 Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para la fabricación de blancos de pulverización catódica mediante la deposición con plasma del material del blanco directamente sobre el soporte del blanco, o sobre un sustrato temporal, desde el cual se transfiere más tarde el depósito al respaldo final del

material del blanco.

Más específicamente, según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para la fabricación de un blanco de pulverización catódica que comprende:

- i) habilitar un sustrato que tiene una superficie receptora de revestimiento;
 - 5 ii) fundir con plasma en vuelo un material de blanco seleccionado para formar el blanco de pulverización catódica en forma de polvo, produciendo gotitas de material fundido del blanco; y
 - iii) depositar las gotitas sobre dicha superficie receptora de revestimiento del sustrato, produciendo un blanco de pulverización catódica compuesto de una capa de revestimiento del material del blanco sobre la superficie receptora de revestimiento del sustrato.
- 10 El material de blanco depositado puede ser, por ejemplo, un metal o una aleación intermedia, una cerámica, un mosaico de diferentes metales y/o una mezcla de metales y cerámicas, o un polímero.
- El paso de deposición con plasma se lleva a cabo a presión atmosférica o en condiciones de vacío suave utilizando, por ejemplo, pulverización con plasma en cc, deposición por arco transferido de cc o pulverización en plasma por inducción.
- 15 Otros objetos, ventajas y características de la presente invención resultarán más evidentes al leer la siguiente descripción no restrictiva de realizaciones preferidas de la misma, dadas a título de ejemplo solamente con referencia a los dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En los dibujos adjuntos:

- 20 La figura 1 es un diagrama de flujo de un procedimiento para la fabricación de blancos de pulverización catódica según una realización ilustrativa de la presente invención;
- La figura 2 es una vista en alzado lateral esquemático que ilustra los diversos pasos de la figura 1;
- La figura 3 es una vista en planta esquemática desde arriba que ilustra los diversos pasos de la figuras 1;
- 25 La figura 4 es una vista en planta esquemática desde arriba de un sustrato temporal conforme a una segunda realización ilustrativa de la presente invención;
- La figura 5 es una vista en sección esquemática de un aparato de plasma en cc según una primera realización ilustrativa de un aparato de plasma que permite realizar el paso de deposición con plasma del procedimiento de la figura 1;
- 30 La figura 6 es una vista en sección esquemática de un arco transferido de cc conforme a una segunda realización ilustrativa de un aparato de plasma que permite realizar el paso de deposición con plasma del procedimiento de la figura 1;
- La figura 7 es una vista en sección esquemática de un aparato de plasma por inducción de rf según una tercera realización de un aparato de plasma que permite realizar el paso de deposición con plasma del procedimiento de la figura 1;
- 35 La figura 8 es una vista en sección esquemática de una inducción de rf supersónica según una cuarta realización de un aparato de plasma que permite realizar el paso de deposición con plasma del procedimiento de la figura 1;
- La figura 9 es un gráfico de perfiles radiales de material de blanco de silicio depositado sobre un sustrato temporal de grafito para dos ensayos experimentales (no. 1 y no. 2);
- 40 Las figuras 10a y 10b son micrografías electrónicas del material depositado para los ensayos experimentales no. 1 y no. 2; y
- La figura 11 es un gráfico de un perfil de densidad aparente para el depósito de silicio siguiendo el ensayo experimental no. 1.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

- 45 Se describirá ahora con referencia a las figuras 1 a 3 un procedimiento 100 para la fabricación de blancos de pulverización catódica según una realización ilustrativa de un primer aspecto de la presente invención.

ES 2 371 070 T3

Como se ilustra en la figura 1, el proceso 100 incluye los pasos siguientes:

102 - habilitar un sustrato temporal 200 que tiene una superficie 204 receptora de revestimiento;

104 - fundir con plasma el material seleccionado para formar el blanco de pulverización catódica, produciendo gotitas de material fundido;

5 106 - depositar las gotitas sobre la superficie 204 receptora de revestimiento del sustrato temporal 200, produciendo una capa de revestimiento 206 del material sobre la superficie 204 receptora de revestimiento del blanco temporal 200;

108 - unir el blanco temporal revestido a través de su capa de revestimiento 206 a un material de respaldo permanente 208 del blanco; y

10 110 - retirar el sustrato temporal 200, produciendo un blanco de pulverización catódica 210 que comprende la capa de revestimiento del material 206 sobre el material de respaldo permanente 204 del blanco.

Se describirá ahora cada uno de estos pasos en mayor detalle con referencia a las figuras 2 y 3.

15 En el paso 102 se habilita un sustrato temporal 200 que tiene una superficie 204 receptora de revestimiento (véase el primer paso en las figuras 2 y 3). Aun cuando en las figuras 2 y 3 se ilustra el sustrato temporal 200 como siendo un disco plano que tiene dos caras opuestas, una de las cuales es una cara 204 receptora de revestimiento, el sustrato temporal puede tener otra forma que proporcione una superficie receptora de revestimiento.

20 Una selección apropiada del material del sustrato temporal y un control de su temperatura durante el paso de deposición 106 permiten minimizar los esfuerzos y grietas internos en el material 206 del blanco que se debe depositar (pasos 104-106). Ejemplos de materiales de sustratos que pueden utilizarse incluyen: metales refractarios tales como molibdeno o tungsteno; cerámicas tales como sílice, alúmina, circonia, nitruro de silicio, carburo de silicio o nitruro de boro; o materiales compuestos basados en grafito o en carbono.

25 El material del sustrato temporal se selecciona para ofrecer resistencia a la alta temperatura implicada en el proceso de deposición y tener un coeficiente de expansión térmica similar al del material del blanco. Siempre que los coeficientes de expansión térmica del material 206 del blanco y del sustrato temporal 202 sean demasiado diferentes, se ha encontrado que la aplicación de marcas a los materiales del sustrato permite minimizar el desarrollo de esfuerzos internos en el depósito. En La figura 4 de los dibujos adjuntos se ilustra un sustrato temporal 200' de esta clase, incluyendo marcas en espiral 202'. Las marcas pueden tener muchas formas, tales como cortes o secciones en espiral o radiales que den al sustrato 200' un nivel de flexibilidad suficiente para evitar el desarrollo de esfuerzos internos en el revestimiento depositado 206.

30 En ciertas aplicaciones se reviste previamente el sustrato temporal 100 con una delgada barrera de difusión o una capa de control no adherente de un material inerte a fin de facilitar la retirada subsiguiente del material de blanco 206 del sustrato temporal 200 y/o evitar la contaminación del material de blanco depositado 206 debido a la difusión entre el sustrato temporal dentro del material de blanco depositado 206. El uso de técnicas de pulverización catódica estándar o de técnicas de deposición de vapor químico (CVD) para la deposición de tal capa de control de adherencia/difusión (no mostrada) podría ser aplicado efectivamente para este propósito. El control apropiado del acabado superficial del sustrato 200 podría permitir también la fácil retirada del material de blanco 206 del sustrato 200 sin sacrificar este sustrato 200, que podría reutilizarse en estos casos para una deposición adicional de material de blanco.

40 El proceso 100 incluye luego la fusión en plasma del material seleccionado para formar el blanco de pulverización catódica, la cual produce gotitas de material fundido (paso 104), y después la deposición de esas gotitas sobre la superficie 204 receptora de revestimiento del sustrato temporal 200 (paso 106). El depósito 206 se acumula hasta un espesor de una capa de revestimiento del material 206 requerido por la aplicación del blanco de pulverización catódica, como se muestra en el segundo paso ilustrado en ambas figuras 2 y 3.

45 Una vez que se ha completado el paso de formación de revestimiento 106, la placa de blanco resultante 206 con su soporte temporal 200 es unida a un material de respaldo de blanco permanente 208 (108) a través de su capa de revestimiento 206, como se ilustra en el tercer paso de las figura 2 y 3, utilizando soldadura blanda, epoxi u otros medios o técnicas de pegado apropiados.

50 Se puede realizar un tratamiento térmico del depósito de material de blanco 206 antes del paso de soldadura blanda 108 sobre el soporte de material de blanco permanente 208 con el fin de aliviar esfuerzos internos del material de blanco depositado 206. Como alternativa, el depósito de material de blanco 206 puede ser provisto de marcas de alivio de esfuerzos similares a las descritas anteriormente con referencia al sustrato temporal 200.

Se retira después el sustrato temporal 200, por ejemplo por corrosión, mecanizado (paso 110) o uso de otro

método de retirada de material, proporcionando un blanco de pulverización catódica 210.

La superficie del blanco 210 puede ser después apropiadamente acabada, por ejemplo por rectificado y pulido.

En algunas aplicaciones la deposición en plasma del material 206 se puede ejecutar directamente sobre el material de respaldo de blanco permanente 208. Por supuesto, en esos casos no se realizan los pasos 108-110 del método 100. Una aplicación del proceso 100 puede ser en este caso particular la reconstrucción de blancos usados y agotados.

En casos en los que se realicen los pasos de depósito 104-106 directamente sobre el soporte de blanco 208, se proporciona durante estos pasos una protección térmica del soporte de blanco 208. Por ejemplo, el soporte de blanco 208 puede hacerse de molibdeno o de un material refractario apropiado que permita la deposición del material de blanco 206 sobre el sustrato caliente 208.

Se efectúan los pasos 104-106 utilizando un aparato de pulverización/deposición en plasma.

En la figura 5 se muestra un primer ejemplo ilustrativo de tal aparato de plasma en forma de un chorro de plasma 300 en corriente continua (cc).

Utilizando el chorro de plasma 300, se ejecutan los pasos 106-108 del método 100 inyectando el material de blanco en forma de polvo dentro de un chorro de plasma en cc en condiciones de deposición atmosféricas o de vacío. Las partículas de polvo individuales se funden en vuelo y son aceleradas hacia el sustrato 200, sobre el cual impactan formando un listón plano del material de blanco 206. El revestimiento 206 se acumula por efecto de la deposición sucesiva de esos listones hasta que se alcance el espesor de depósito requerido. La calidad del depósito, en términos de pureza y densidad aparente, depende de la pureza del material de alimentación y de las condiciones de deposición, tales como la distancia Z_s de soplete de plasma a sustrato, la temperatura del sustrato, la composición del gas de plasma y la potencia del plasma. Condiciones de funcionamiento típicas para un aparato 300 de esta clase operando en condiciones de deposición en vacío son:

caudal de gas de plasma = 40 a 50 slpm;

composición del gas de plasma - Ar/H₂ con 10 a 20% en volumen de H₂;

potencia del plasma = 30-40 kW;

presión de la cámara de deposición = 6665 a 13330 Pa (50 a 100 torr);

distancia de deposición de plasma-sustrato = 10 a 20 cm;

tasa de alimentación de polvo = 10 a 20 g/min; y

diámetro medio de las partículas de polvo = 30 a 50 micrómetros.

La figura 6 muestra un segundo ejemplo ilustrativo de un aparato de plasma 310 en forma de un arco de transferencia de plasma en cc. Dado que el aparato 310 de arco de plasma en cc es muy similar al aparato 300 de chorro de plasma en cc de la figura 5, se describirán aquí con más detalle solamente las diferencias entre los dos aparatos.

Con el aparato 310 de arco transferido en cc se consigue la transferencia del arco de plasma entre el cátodo del soplete de plasma y el sustrato 200, el cual actúa en este caso como ánodo. Esta técnica es más propensa a la contaminación del material de blanco por el material de sustrato 200, aunque se consiguen generalmente densidades de material de blanco más altas utilizando esta técnica.

La figura 7 ilustra un aparato 310 de pulverización de plasma por inducción de radiofrecuencia (rf) que puede utilizarse para realizar los pasos 106-108 del proceso 100. Con este aparato particular se genera el chorro de plasma por efecto del acoplamiento electromagnético inductivo de la energía con el gas de plasma, lo que garantiza un nivel considerablemente más alto de pureza del ambiente de plasma en comparación con la tecnología de plasma en cc. El material de blanco 206 en forma de polvo se funde en vuelo por calentamiento con el gas de plasma y es acelerado hacia el sustrato 200, en el cual se acumula el depósito 206 por la formación sucesiva de listones de partículas individuales.

Según una realización más específica de pulverización en plasma por inducción bajo vacío, el soplete de plasma para inducción está montado en la parte superior de una cámara apropiada de deposición en vacío con el chorro de plasma dirigido verticalmente hacia abajo. El sustrato 200 sobre el cual ha de depositarse el material de blanco 206 se coloca dentro de la cámara de deposición en vacío, montado sobre un mecanismo de traslación y rotación (no mostrado), que permite que se mantenga el sustrato 200 con una orientación casi en ángulo recto con respecto a la dirección del chorro de plasma. Según esta realización específica del aparato de pulverización en plasma por

5 inducción bajo vacío, se ajusta el movimiento del sustrato 200 de una manera que mantenga una distancia de deposición fija entre la tobera de salida del soplete de plasma y la superficie del sustrato. Aunque el tamaño y la forma de los listones individuales formados dependen del diámetro particular, su temperatura y su velocidad antes de impactar en el sustrato, el espesor de deposición depende de la velocidad relativa entre el sustrato y el soplete de plasma. La microestructura del depósito formado depende a su vez de los parámetros de las partículas antes de su impacto en el sustrato y de las condiciones del sustrato. Se ha visto que la temperatura del sustrato, su velocidad lineal y el ángulo de impacto de las partículas en el sustrato influyen sobre las propiedades de los depósitos 206 obtenidos.

10 Condiciones de funcionamiento típicas de un paso de deposición en plasma por rf inductivamente acoplada utilizando un soplete de plasma para inducción PL-50 Tekna son las siguientes:

caudales del gas de plasma;

gas de envoltura = 90 slpm (Ar) + 10 slpm (H₂);

gas central = 30 slpm (Ar);

gas en polvo = 9 slpm (He);

15 potencia de la placa de plasma = 80 kW;

presión de la cámara = 13330 Pa (100 torr);

tasa de alimentación de polvo = 30-40 g/min;

material en polvo = silicio;

distribución de tamaño de las partículas de polvo = 40-90 micrómetros;

20 distancia de soplete de plasma a sustrato = 20 cm;

rotación del sustrato = 20 rpm; y

tiempo de deposición total = 30 min.

25 La figura 8 ilustra un aparato 330 de pulverización en plasma por inducción de radiofrecuencia (rf) similar al aparato 320 de la figura 7 con la adición de una tobera Laval de contracción/expansión, que permite un incremento significativo de la velocidad de las partículas antes de su impacto en el sustrato 200 y da lugar a la formación de un depósito 206 con una estructura de grano significativamente más fina en comparación con la obtenida utilizando condiciones de deposición en plasma subsónico (véase la figura 7). Se puede generar también un revestimiento nanoestructurado utilizando el aparato de plasma 300 mediante el uso de polvo de alimentación nanodimensionado.

30 Se han realizado experimentos para demostrar la posibilidad de utilizar el procedimiento y el aparato de la presente invención para la fabricación de blancos de pulverización catódica de silicio mediante la deposición en plasma por inducción bajo vacío de polvo de silicio sobre un sustrato de grafito. Estos experimentos han demostrado que podrían obtenerse densidades de blanco en exceso de 99% de la densidad teórica del silicio elemental con unos perfiles de espesor de depósito relativamente uniformes y con unas finas microestructuras de grano, tal como puede verse en las figuras 9 a 11.

35 La figura 9 muestra el perfil radial del material de blanco de silicio depositado sobre un sustrato de grafito de 20 cm para dos ensayos de experimentación diferentes.

Las figuras 10a y 10b son micrografías electrónicas del material depositado resultantes, respectivamente, del ensayo no. 1 y del ensayo no. 2.

40 Finalmente, la figura 11 ilustra el perfil de densidad aparente del depósito de silicio para el ensayo no. 1. Es de hacer notar que la densidad teórica del silicio es 2,33 g/cm³.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la fabricación de un blanco de pulverización catódica, que comprende:
- i) habilitar un sustrato temporal que tiene una superficie receptora de revestimiento;
 - 5 ii) fundir en plasma al vuelo un material de blanco seleccionado para formar el blanco de pulverización catódica en forma de polvo, produciendo gotitas de material de blanco fundido;
 - iii) depositar dichas gotitas sobre dicha superficie receptora de revestimiento de dicho sustrato temporal, produciendo un blanco de pulverización catódica compuesto de una capa de revestimiento de dicho material de blanco sobre dicha superficie receptora de revestimiento de dicho sustrato temporal;
 - 10 iv) unir dicho sustrato temporal, a través de dicha capa de revestimiento, con un material de respaldo de blanco permanente; y
 - v) retirar dicho sustrato temporal, produciendo un blanco de pulverización catódica compuesto de dicha capa de revestimiento de dicho material de blanco sobre dicho material de respaldo de blanco permanente;
- en donde dicho sustrato temporal se ha hecho de un material de sustrato seleccionado del grupo consistente en un metal refractario, una cerámica y un material compuesto basado en carbono.
- 15 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho sustrato temporal es un blanco usado y agotado.
3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho sustrato temporal incluye características de alivio de esfuerzos.
4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que dichas características de esfuerzos tienen la forma de cortes espirales o radiales.
- 20 5. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además la realización de un tratamiento térmico de dicha capa de revestimiento antes del paso iv).
6. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende, además, el equipamiento de dicha capa de revestimiento con marcas de alivio de esfuerzos antes del paso iv).
- 25 7. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho sustrato temporal se reviste previamente con una capa de control, con lo que, en funcionamiento, dicha capa de control permite al menos una acción de entre facilitar la retirada de dicho sustrato temporal en el paso v) y evitar la contaminación de dicha capa de revestimiento impidiendo la difusión entre dicho sustrato temporal y dicha capa de revestimiento.
8. El procedimiento según la reivindicación 7, en el que dicha capa de control se deposita sobre dicho sustrato temporal por pulverización catódica o por utilización de una técnica de deposición de vapor químico.
- 30 9. El procedimiento según la reivindicación 7, en el que dicha capa de control está hecha de un material inerte.
10. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que, en el paso iv), la unión de dicho sustrato temporal con un material de respaldo de blanco permanente a través de dicha capa de revestimiento se efectúa utilizando al menos uno de entre soldadura blanda o epoxi.
- 35 11. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que, en el paso v), se retira mecánicamente dicho sustrato temporal.
12. El procedimiento según la reivindicación 11, en el que, en el paso v), se retira mecánicamente dicho sustrato temporal por mecanización y/o corrosión.
- 40 13. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que se ejecutan los pasos ii) y iii) utilizando un aparato de plasma seleccionado del grupo que consta de un chorro de plasma en corriente continua (cc), un arco de transferencia de plasma en cc y un aparato de pulverización en plasma por inducción de radiofrecuencia (rf).
14. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que se hace funcionar dicho aparato de plasma en condiciones de deposición atmosféricas o de vacío.
15. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que dicho aparato de plasma es un arco de transferencia de plasma en cc en donde dicho sustrato actúa como ánodo.
- 45 16. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que dicho aparato de pulverización en plasma por inducción de radiofrecuencia (rf) incluye una tobera Laval de contracción/expansión prevista para hacer que dicho aparato de

pulverización en plasma por inducción de rf opere en condiciones de flujo supersónicas o subsónicas.

17. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho metal refractario es molibdeno o tungsteno.

18. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha cerámica se selecciona del grupo que consta de sílice, alúmina, circonia, nitruro de silicio, carburo de silicio y nitruro de boro.

5 19. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho material compuesto basado en carbono es grafito.

20. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho substrato temporal es un disco generalmente plano.

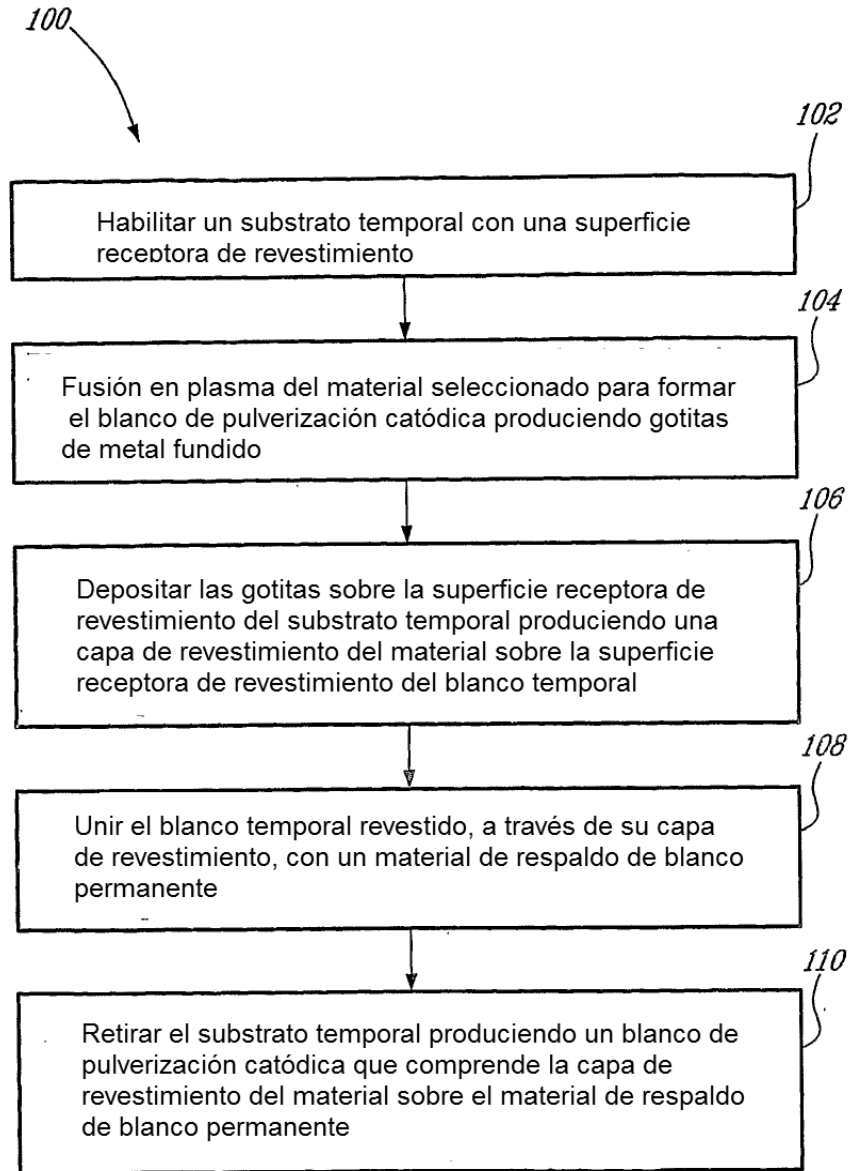


Fig. 1

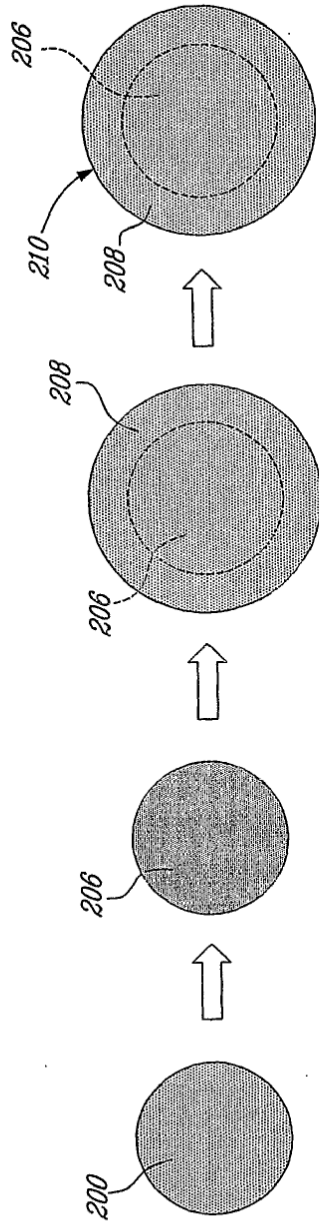


FIG. 2

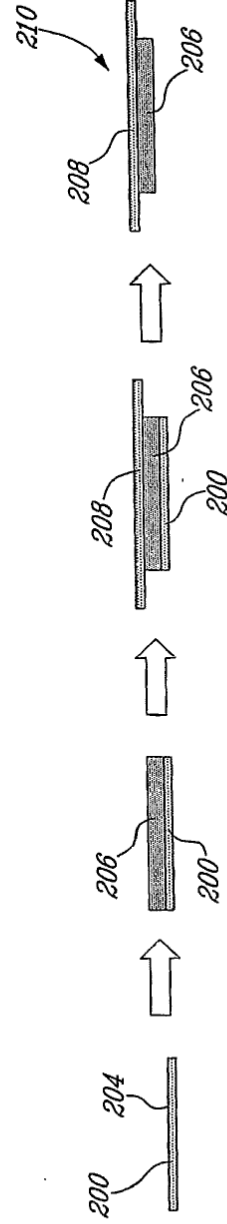


FIG. 3

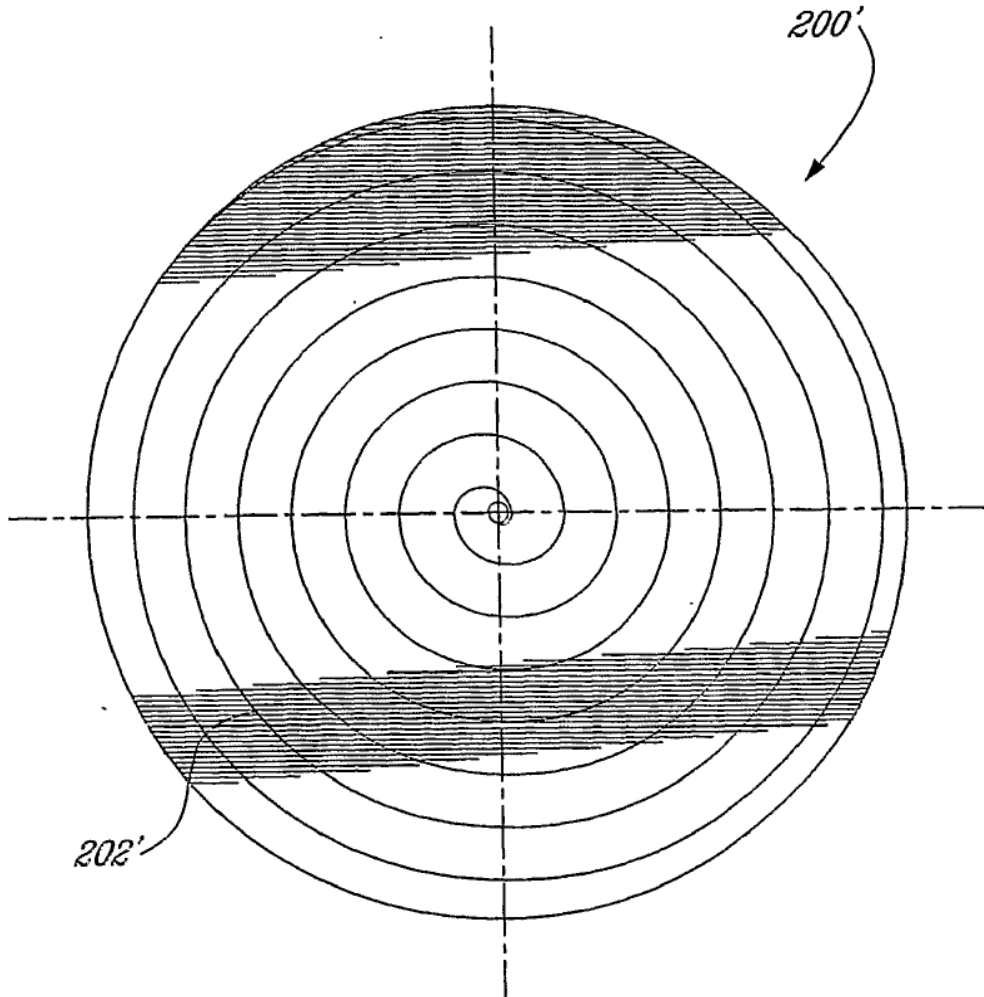


FIG. 4

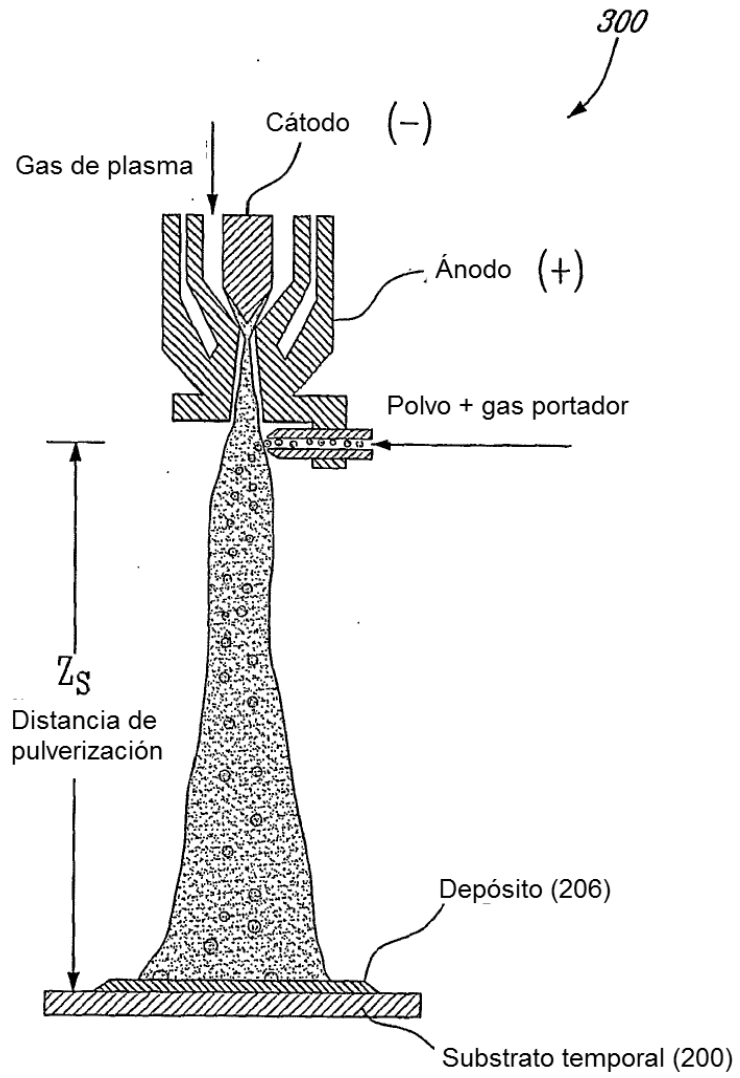
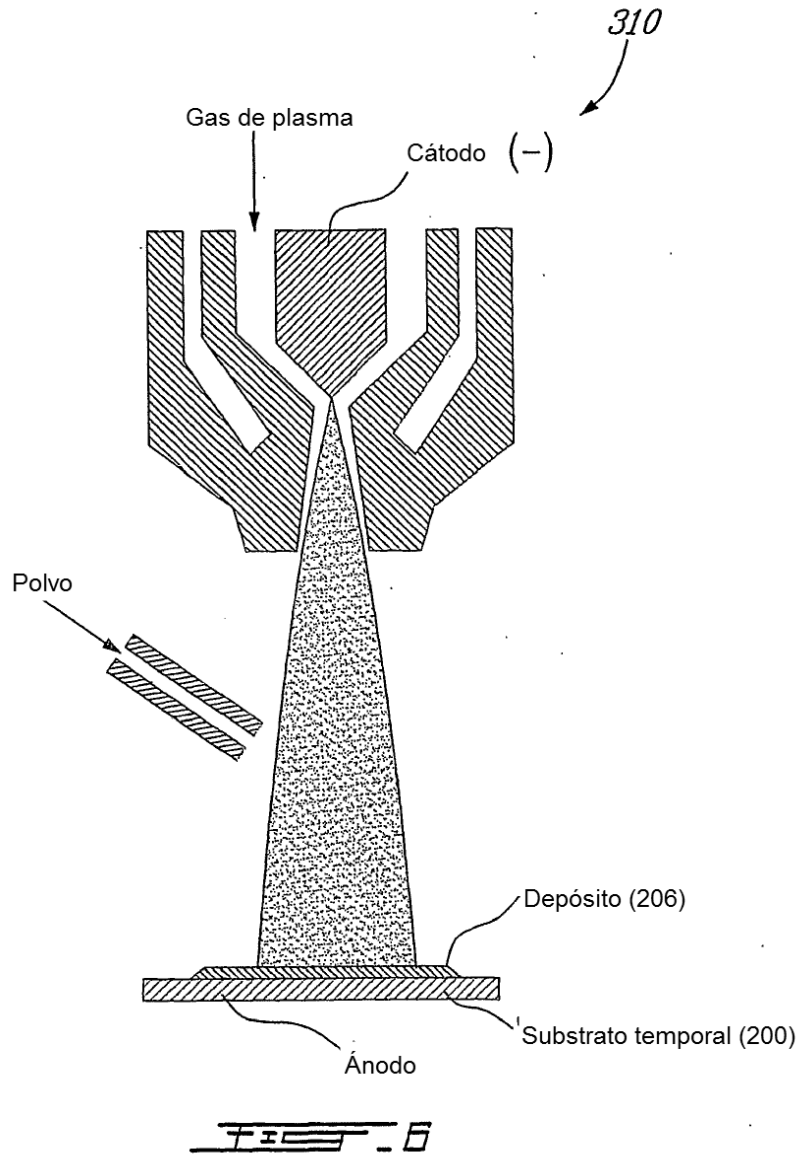


FIG. 5



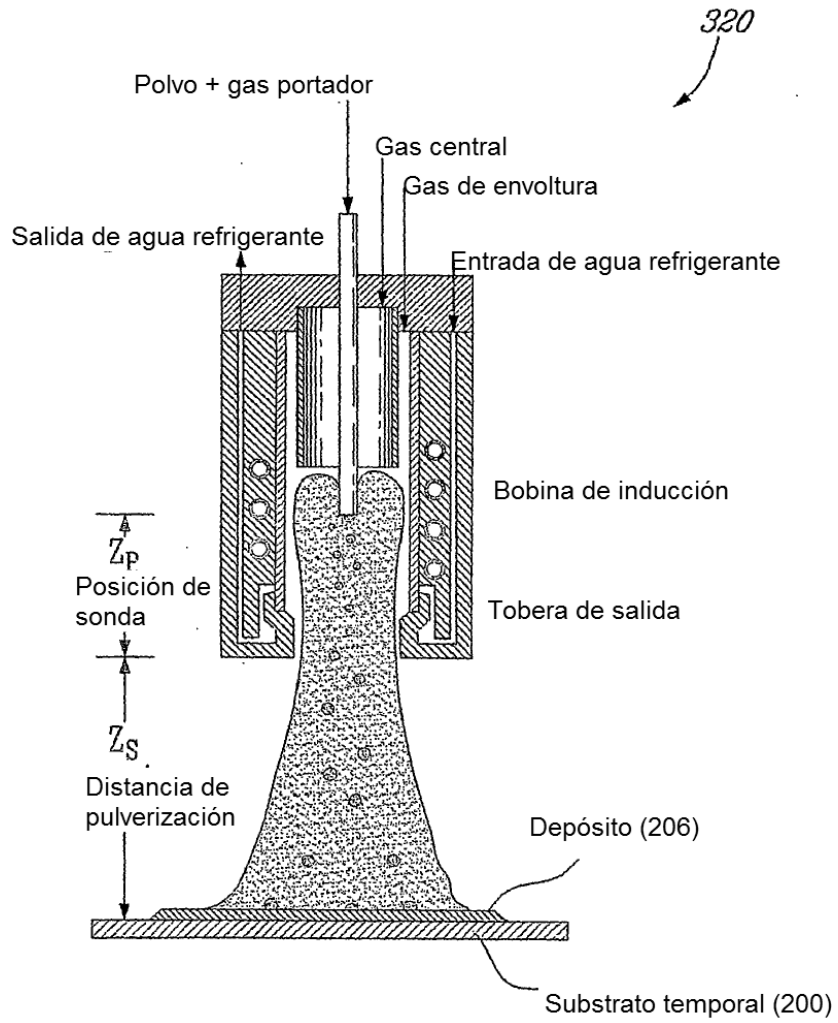
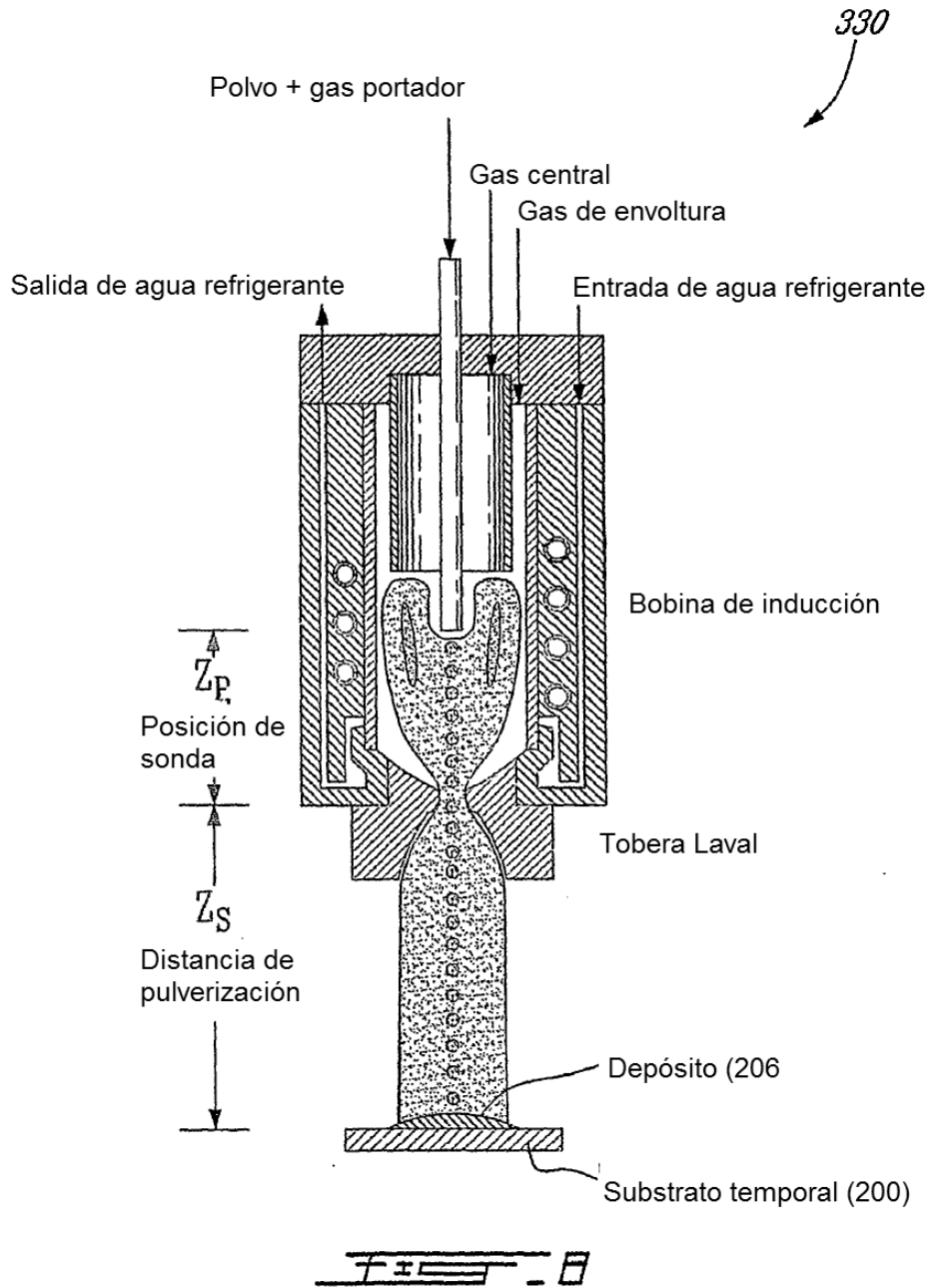
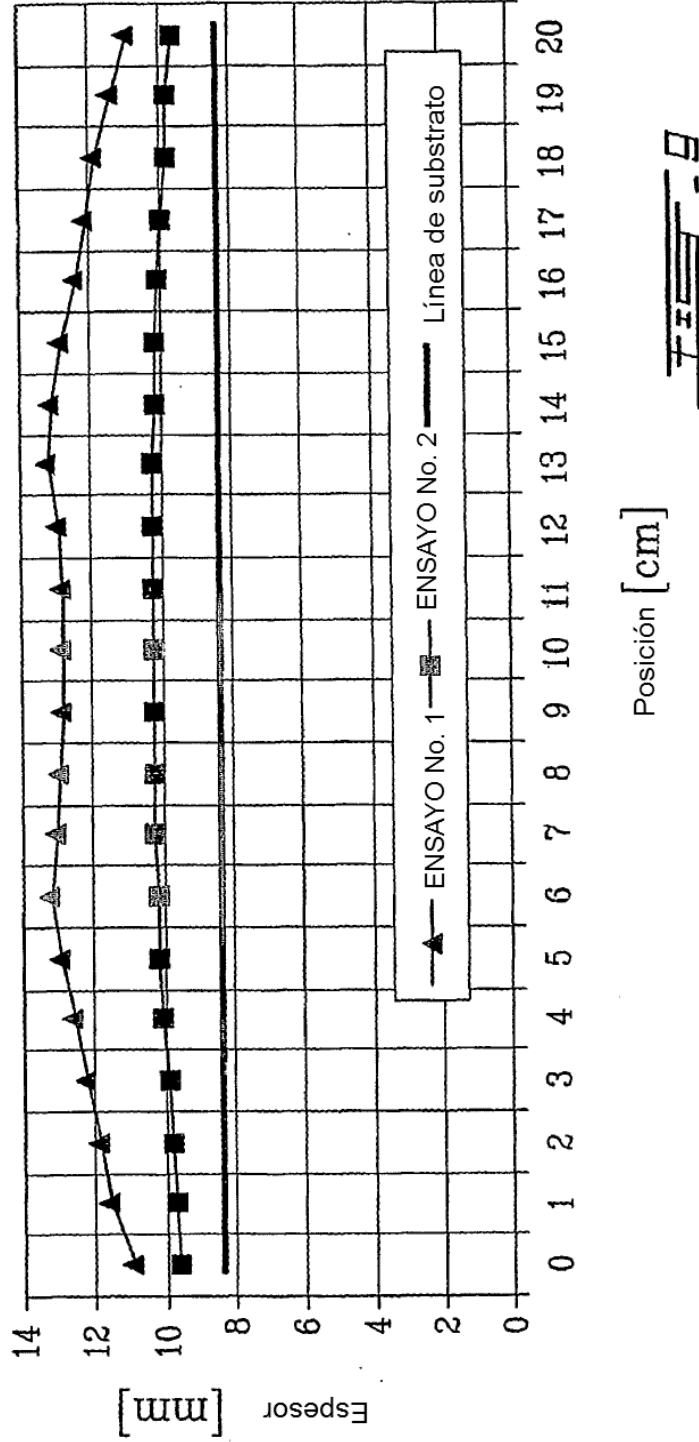
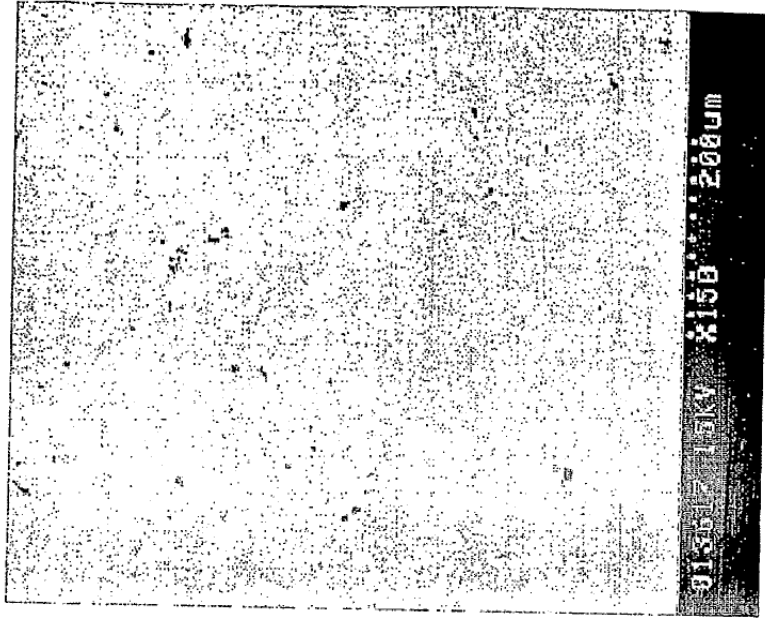


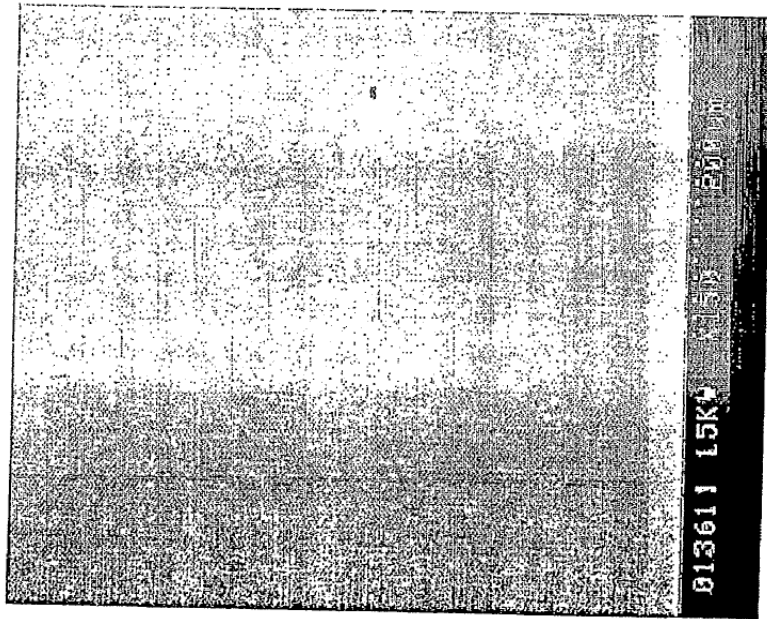
FIG. 7







FEI-10B



FEI-10A

Ensayo No.1

