

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 779 419**

51 Int. Cl.:

G01B 15/02 (2006.01)

G01N 23/225 (2008.01)

G01R 31/305 (2006.01)

H01J 37/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2015** E 15176161 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.02.2020** EP 3115744

54 Título: **Dispositivo para producir un parche de una capa sobre un sustrato y medir el espesor del parche, y método para medir un espesor de un parche de una estructura de capa sobre un sustrato**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.08.2020

73 Titular/es:

TE CONNECTIVITY GERMANY GMBH (50.0%)
Ampèrestrasse 12-14
64625 Bensheim, DE y
TE CONNECTIVITY CORPORATION (50.0%)

72 Inventor/es:

SACHS, SÖNKE;
SCHMIDT, HELGE;
REEDER, CRAIG;
SARRAF, DAVID;
PANOS, KONSTANTINOS;
MYERS, MARJORIE;
FRECKMANN, DOMINIQUE y
WEIER, EVA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 779 419 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para producir un parche de una capa sobre un sustrato y medir el espesor del parche, y método para medir un espesor de un parche de una estructura de capa sobre un sustrato

5 La invención se refiere a un método para medir un espesor de un parche de una estructura de capa sobre un sustrato, en particular un área funcional de un elemento eléctrico, y a un dispositivo para producir un parche de una estructura de capa sobre un sustrato y medir el espesor del parche. Un elemento eléctrico puede ser, por ejemplo, un elemento de contacto para hacer contacto con un elemento de contracontacto. En este caso, un área funcional puede ser un área optimizada para una baja resistencia o una alta dureza/durabilidad.

10 Los sistemas con un parche de una estructura de capa sobre un sustrato se pueden producir a alta velocidad, por ejemplo, en forma de tira de manera automatizada. Esto se puede hacer aplicando mecánicamente un material como una pasta metálica sobre un sustrato, por ejemplo, imprimiendo el material sobre el sustrato y calentando el material con un haz de electrones. Sin embargo, los métodos actuales para medir el espesor del parche son relativamente lentos.

15 En el documento JP4673278 B2, el espesor de una película en una pieza de prueba de película delgada se mide con un microscopio electrónico de barrido por transmisión. El documento US5703361 A1 muestra un dispositivo de exploración de circuitos para utilizarlo en el mapeo de las dimensiones laterales y las posiciones de una capa conductora de un circuito integrado. El documento EP1867949 pretende proporcionar una técnica para medir de manera rápida y precisa el espesor de una película de óxido que tiene un espesor dentro del intervalo de 10 nm a 100 nm y que está formada sobre una lámina de acero galvanizado con electrones. El documento US6787773 B1 muestra
20 un sistema de prueba de microanálisis por rayos X que comprende un generador de haces que induce una emanación de rayos X desde un dispositivo semiconductor que contiene pilas de películas, en el que el haz de partículas cargadas penetrará al menos en dos capas de una pila de películas sobre un dispositivo semiconductor para que estas capas puedan ser examinadas.

El objeto de la invención consiste en proporcionar una solución que permita una medición rápida del espesor.

25 Este objeto se logra mediante un dispositivo para producir un parche de una estructura de capa sobre un sustrato mediante la aplicación de un material sobre el sustrato y la fusión del material dirigiendo un haz de electrones de alta energía sobre el material, y para medir un espesor del parche, en particular un área funcional de un elemento eléctrico, que comprende una fuente de electrones para emitir un haz de electrones, un dispositivo de aceleración de electrones para acelerar los electrones en el haz de electrones, un detector para detectar una señal procedente del parche
30 sometido al haz de electrones, estando adaptado el dispositivo para mover el parche y el haz de electrones uno con respecto al otro, y en el que el dispositivo comprende un dispositivo de análisis para determinar el espesor del parche, estando adaptado el dispositivo para fundir el parche con el haz de electrones.

Además, el objeto se logra mediante un método para medir el espesor de un parche de una estructura de capa sobre un sustrato, en particular un área funcional de un elemento eléctrico, en el que el haz de electrones se emite, acelera
35 y dirige al parche, en el que el parche se mueve en relación con el haz de electrones, y en el que se detecta una señal procedente del parche y se determina el espesor del parche, utilizándose el haz de electrones para fundir el parche.

El movimiento relativo entre el parche y el haz de electrones permite medir el espesor en un entorno de producción a altas velocidades.

40 La solución de la invención se puede mejorar aún más mediante los siguientes desarrollos y mejoras adicionales que son independientes entre sí y ventajosos por sí mismos.

Los electrones se pueden acelerar a altas velocidades y alta energía, por ejemplo, mediante una alta tensión. Por lo tanto, el dispositivo de aceleración de electrones puede ser un dispositivo de aceleración de electrones de alta energía. Los electrones de alta energía pueden penetrar más profundamente en el parche y, por lo tanto, por ejemplo pueden
45 medir parches más gruesos. Además, los electrones de alta energía pueden desencadenar procesos que son diferentes de los que se desencadenan cuando se usan electrones de baja energía. En particular se puede usar energía electrónica de varios miles de voltios o decenas de miles de voltios.

Para permitir una medición rápida, el haz de electrones puede tener una alta densidad de electrones. Por lo tanto, el haz de electrones puede tener una corriente alta.

50 Para permitir una formación definida del haz de electrones, el dispositivo de medición de espesores puede comprender un dispositivo de formación de haz de electrones. Dicho dispositivo de formación de haz de electrones puede comprender componentes que generan campos eléctricos o magnéticos que pueden alterar la forma, el diámetro y/o el tamaño del haz de electrones.

El dispositivo de medición de espesores puede comprender un dispositivo de enfoque del haz de electrones. De esta manera se puede medir una pequeña parte del parche. El haz de electrones se puede enfocar a la superficie del
55 parche o al interior del parche. Por lo tanto, un punto de enfoque se puede configurar para que esté en la superficie

del parche o en el interior del parche. El tamaño del punto en el foco puede ser muy pequeño, en particular de menos de 100 μm de diámetro. Con un tamaño de punto tan pequeño, por ejemplo, es posible verificar la homogeneidad del acabado del parche. Se puede verificar si el espesor del parche es uniforme o si existen variaciones de espesor.

5 En otro desarrollo ventajoso que permite promediar la medición, el haz de electrones se puede ampliar en la superficie del parche o en el interior del parche. Esto también permite utilizar una menor densidad de electrones en el haz de electrones, y así evitar posibles daños debidos a las altas densidades de electrones y energía.

El dispositivo de medición de espesores puede comprender un dispositivo de desviación del haz de electrones. Un dispositivo de desviación del haz de electrones puede servir para dirigir el haz a la posición deseada. Puede permitir un diseño compacto del dispositivo de medición de espesores.

10 El dispositivo de desviación del haz de electrones puede mover el haz de electrones sobre el parche. El movimiento del haz de electrones se puede lograr, por ejemplo, mediante un campo eléctrico que varía con el tiempo.

15 En otra realización ventajosa, el dispositivo de medición de espesores puede comprender un dispositivo de movimiento de la muestra para mover la muestra durante la medición. El dispositivo de movimiento de la muestra puede mover la muestra en particular de manera continua para lograr un diseño fácil. En otra realización, el dispositivo de movimiento de la muestra mueve una muestra de forma no continua y, por ejemplo, de manera controlada.

20 El dispositivo de medición de espesores puede comprender un dispositivo de desviación del haz de electrones que mueve el haz de electrones sobre el parche y un dispositivo de movimiento de la muestra para que el haz de electrones y el parche se muevan al mismo tiempo durante la medición. Puede ser necesario, por ejemplo, mover el parche por razones de producción y también medir al mismo tiempo. Por lo tanto, puede ser necesario mover el parche y el haz de electrones al mismo tiempo.

25 El detector puede ser un detector de electrones. Los electrones se pueden detectar fácilmente, lo que facilita la producción y el funcionamiento de dicho dispositivo de medición de espesores. El detector de electrones se puede adaptar, por ejemplo, para medir electrones retrodispersados, electrones secundarios o electrones Auger. El detector se puede adaptar para filtrar ciertas energías o direcciones de electrones que proceden del parche para una medición específica.

El detector puede ser un detector de rayos X. Dicho detector se puede usar, por ejemplo, para análisis elemental. El detector de rayos X se puede adaptar para filtrar ciertas direcciones o frecuencias de rayos X que proceden del parche.

Una parte del sustrato que no está cubierta por el parche se puede usar como referencia durante la medición. Esto puede, por ejemplo, evitar cálculos complicados y de este modo hacer que la medición sea más fácil y/o más rápida.

30 La solución de la invención también se puede usar para mejorar un método y un dispositivo para producir un parche de una estructura de capa sobre un sustrato aplicando un material sobre el sustrato y dirigiendo un haz de electrones de alta energía sobre el material, tal como se describe, por ejemplo, en el documento EP 12 715 549.7. Dicho dispositivo puede comprender ya una fuente de electrones y un dispositivo de aceleración de electrones. Para medir los elementos eléctricos producidos por dicho dispositivo, en particular el espesor del parche, el dispositivo puede comprender además un detector para detectar una señal procedente del parche sometido al haz de electrones. En particular se puede utilizar solo una fuente de electrones para el haz de electrones de alta energía que se dirige al material y para el haz de electrones que se usa para medir el espesor. Lo mismo es aplicable al dispositivo de aceleración de electrones. La producción y la medición se pueden realizar una tras otra. Sin embargo, en un desarrollo ventajoso, la medición del espesor se puede realizar durante la producción. El haz de electrones utilizado para calentar también se puede usar para medir el espesor y una señal procedente del parche.

35 40 Para poder disponer de las funciones arriba mencionadas de producir/fundir el parche y medir su espesor en un dispositivo, el dispositivo de medición de espesores se puede adaptar para fundir el parche, en particular en un estado semiacabado del parche, con el haz de electrones. De nuevo, la medición del espesor se puede llevar a cabo después de la fusión o durante la misma.

45 La invención se describirá ahora de una manera ejemplar y con referencia a los dibujos. Las realizaciones y desarrollos adicionales ejemplares son independientes entre sí y se pueden combinar arbitrariamente según se desee.

En las Figuras:

la Figura 1 muestra una vista lateral esquemática de un dispositivo y método de medición de espesores de la invención para medir el espesor de un parche;

50 la Figura 2 muestra una vista lateral esquemática de un método de la invención y una señal correspondiente;

la Figura 3 muestra una vista en perspectiva esquemática de otra realización de un método;

la Figura 4 muestra una vista en perspectiva esquemática de otra realización de un método;

las Figuras 5A, 5B, 5C, 5D muestran vistas superiores esquemáticas de diferentes patrones de exploración para un método;

la Figura 6 muestra una imagen de una muestra ejemplar tomada mediante el método de la invención.

5 Con referencia a la Figura 1, en ella se muestra un dispositivo 1 de medición de espesores para medir un espesor T de un parche 2 de una estructura de capa sobre un sustrato 3. El parche 2 puede ser un área similar a una lámina o capa que se ha aplicado al sustrato 3. Por ejemplo, un área funcional 102 se podría haber imprimido sobre un material base 103 de un elemento eléctrico 104, por ejemplo, un elemento de contacto. Dicha área funcional 102 puede ser, por ejemplo, un área de contacto donde se realiza un contacto eléctrico. Por lo tanto, el parche 2 y el sustrato 3, es decir, el área funcional 102 y el material base 103, pueden ser ambos conductores. En particular pueden consistir en metales.

10 Un haz 4 de electrones se dirige hacia el parche 2. Esto desencadena varios procesos en el parche 2. Por lo tanto, un detector 5 para detectar una señal 6 procedente del parche 2 sometido al haz 4 de electrones puede detectar una señal. Posteriormente, un dispositivo de análisis determina el espesor T del parche 2 sobre la base de las señales 6 detectadas por el detector 5.

15 Para generar el haz 4 de electrones, el dispositivo 1 de medición de espesores comprende una fuente 8 de electrones. Un dispositivo 9 de aceleración de electrones acelera los electrones a altas velocidades y altas energías. Un dispositivo 10 de formación de haz de electrones forma el haz 4 de electrones. En este caso, se forma un haz de electrones fino con el que se puede lograr una alta resolución lateral en el parche 2. El dispositivo 1 de medición de espesores puede comprender un dispositivo 14 de enfoque del haz de electrones para enfocar el haz 4 de electrones.

20 El haz 4 de electrones se mueve a lo largo de una dirección de movimiento 11 de modo que el parche 2 y el haz 4 de electrones se mueven uno con respecto al otro. Para lograr la desviación, un dispositivo 12 de desviación del haz de electrones está adaptado para mover el haz 4 de electrones sobre el parche 2. Dicho dispositivo 12 de desviación del haz de electrones puede ser, por ejemplo, un dispositivo que genera un campo eléctrico o magnético, que en particular puede variar con el tiempo para que se mueva el haz 4 de electrones.

25 El detector 5 se puede adaptar para medir electrones que proceden del parche 2, por ejemplo, electrones retrodispersados, electrones secundarios o electrones Auger. En este caso, el detector 5 es un detector de electrones 5A. En otra realización, el detector 5 puede ser un detector 5B de rayos X que está adaptado para detectar rayos X que proceden del parche 2 cuando éste se somete al haz 4 de electrones.

30 En la Figura 2 se muestra la medición de forma esquemática. El haz 4 de electrones y el parche 2 se mueven uno con respecto al otro. El movimiento se indica mediante la dirección de movimiento 13. En la parte superior de la figura se muestra una señal que se detecta. Se puede ver que se trata de una señal rectangular correspondiente a la sección transversal rectangular del parche que se muestra en la parte inferior de la Figura 2.

35 Para permitir el análisis más fácil posible, se puede detectar una señal 6 procedente del sustrato 3 y tomar la misma como una señal de referencia para analizar el espesor T del parche 2. Por ejemplo, el sustrato 3 se puede someter al haz 4 de electrones y solo se puede detectar una señal 6 procedente del sustrato 3 antes o después de que se detecte una señal 6 procedente del parche 2. En una realización alternativa, solo se puede detectar la señal 6 procedente del parche 2. En este caso, para analizar el espesor T del parche 2 se pueden tomar por ejemplo medidas de referencia previas.

40 En la Figura 3 está representada una realización adicional del método. Los parches 2 en un sustrato 3 en forma de tira se mueven a lo largo de una dirección de movimiento 15 mediante un dispositivo 20 de movimiento de muestra. El haz 4 de electrones se mueve a lo largo de una dirección de movimiento 11 sobre los parches 2. El haz 4 de electrones también se puede dirigir a una parte libre de un parche que mide solo el sustrato 3 para que la señal del sustrato 3 se pueda tomar como una señal de referencia para analizar el espesor T del parche 2. El haz 4 de electrones se puede mover, por ejemplo, en la misma dirección que la base 3 en forma de tira con los parches 2. El haz 4 de electrones también se puede mover en sentido contrario a esta dirección. En la realización mostrada en la Figura 3, los parches 2 se han producido sobre el sustrato 3 antes de medir el espesor T. En un desarrollo ventajoso, el haz de electrones que se usa para medir el espesor T ha sido utilizado para producir los parches 2, por ejemplo, fundiendo un material que se ha aplicado al sustrato.

45 En otra realización ventajosa mostrada en la Figura 4, la producción de los parches 2 se unifica con la medición del espesor T. El lado izquierdo de la Figura 4 muestra un estado en el que los parches 2 se han aplicado al sustrato 3, por ejemplo, imprimiendo un material tal como una pasta metálica sobre el sustrato 3. Después, este material se calienta y se funde mediante el haz 4 de electrones para que forme una capa uniforme y se adhiera al sustrato 3. Al mismo tiempo se mide el espesor T detectando una señal 6 procedente de los parches 2 que se están fundiendo. De este modo, un dispositivo que está adaptado para producir los parches 2 sobre el sustrato 3 aplicando un material y calentando o fundiendo el material con un haz 4 de electrones también se puede adaptar para medir el espesor de los parches 2 añadiendo un detector 5 que mide las señales 6 procedentes de los parches 2. Esto se puede llevar a cabo utilizando el haz de electrones para medir el espesor mientras se funde el material tal como se ha descrito.

En la Figura 4 se muestra que la producción de los parches 2, 2B acabados se realiza al mismo tiempo que se funde el material de los parches semiacabados 2, 2A.

5 En las Figuras 5A, 5B, 5C y 5D, se muestran diferentes modos de exploración. La Figura 5A muestra un modo de exploración en el que la exploración se realiza solo en una dirección. La exploración se lleva a cabo a lo largo de varias líneas paralelas que están separadas entre sí en una dirección perpendicular a la dirección de las líneas. Una vez finalizada la exploración de izquierda a derecha en la primera línea, el haz 4 de electrones vuelve al lado izquierdo, pero se mueve más hacia abajo. A continuación, se realiza la exploración a lo largo de la segunda línea de izquierda a derecha. Una vez que finaliza esta exploración, el haz 4 de electrones vuelve nuevamente al lado izquierdo y se mueve más hacia abajo. Esto se repite hasta que se haya explorado el área alrededor del parche 2.

10 En la Figura 5B, la primera línea de exploración se ejecuta de izquierda a derecha. Una vez que el haz llega al lado derecho, el haz solo se desplaza hacia abajo. La medición posterior a lo largo de la segunda línea paralela a la primera línea se realiza en un sentido contrario al sentido de la primera exploración. Una vez que el haz de electrones llega al lado izquierdo, de nuevo se desplaza hacia abajo y la tercera exploración se realiza de izquierda a derecha. Nuevamente, esto se lleva a cabo hasta que se explora el área alrededor del parche 2.

15 En la Figura 5C, la exploración se realiza a lo largo de dos líneas perpendiculares. En primer lugar se realiza una exploración de izquierda a derecha a través del centro del parche 2. Después, el haz 4 de electrones se mueve hacia arriba y la exploración se realiza hacia arriba y hacia abajo y pasa por el centro del parche 2.

20 En la Figura 5D se usa un punto más grande del haz 4 de electrones para la exploración. El haz 4 de electrones se amplía en la superficie. Con un punto tan grande, es más fácil explorar un área más grande de una sola vez. Sin embargo, el resultado solo dará un valor promedio del espesor del área sometida al haz de electrones grueso.

En la Figura 6 se muestra una imagen creada sobre la base de las mediciones tomadas con el método de la invención. Como se muestra, el área es de aproximadamente 20 mm en la dirección vertical. En el área superior se muestran pares de parches de plata sobre el sustrato de cobre. En el medio se puede ver un parche de estaño sobre el sustrato de cobre.

25 **Símbolos de referencia**

- 1. Dispositivo de medición de espesores
- 2. Parche
- 2A. Parche semiacabado
- 2B. Parche acabado
- 30 3. Sustrato
- 4. Haz de electrones
- 5. Detector
- 5A. Detector de electrones
- 5B. Detector de rayos X
- 35 6. Señal
- 7. Dispositivo de análisis
- 8. Fuente de electrones
- 9. Dispositivo de aceleración de electrones
- 10. Dispositivo de formación de haz de electrones
- 40 11. Dirección de movimiento
- 12. Dispositivo de desviación del haz de electrones
- 13. Dirección de movimiento
- 14. Dispositivo de enfoque del haz de electrones
- 15. Dirección de movimiento
- 45 20. Dispositivo de movimiento de muestra
- 102. Área funcional
- 103. Material base
- 104. Elemento eléctrico

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Dispositivo para producir un parche (2) de una estructura de capa sobre un sustrato (3) mediante la aplicación de un material sobre el sustrato (3) y la fusión del material dirigiendo un haz (4) de electrones de alta energía sobre el material, y para medir un espesor (T) del parche (2), en particular un área funcional (102) de un elemento eléctrico (104), que comprende una fuente (8) de electrones para emitir un haz (4) de electrones, un dispositivo (9) de aceleración de electrones para acelerar los electrones en el haz (4) de electrones, un detector (5) para detectar una señal (6) procedente del parche (2) sometido al haz (4) de electrones, estando adaptado el dispositivo para mover el parche (2) y el haz (4) de electrones uno con respecto al otro, y comprendiendo el dispositivo un dispositivo (7) de análisis para determinar el espesor (T) del parche (2), estando adaptado el dispositivo para fundir el parche (2, 2A) con el haz (4) de electrones.
- 10
- 2.** Dispositivo según la reivindicación 1, estando adaptado el dispositivo para fundir el parche (2) y al mismo tiempo medir el espesor (T) del parche (2).
- 3.** Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 o 2, estando adaptado el dispositivo para aplicar el material mecánicamente.
- 15 **4.** Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, estando adaptado el dispositivo para aplicar una pasta metálica.
- 5.** Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 4, estando adaptado el dispositivo para imprimir el material sobre el sustrato.
- 20 **6.** Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 5, comprendiendo el dispositivo solo una fuente (8) de electrones y/o solo un dispositivo (9) de aceleración de electrones.
- 7.** Método para medir un espesor (T) de un parche (2) de una estructura de capa sobre un sustrato (3), en particular un área funcional (102) de un elemento eléctrico (104), en el que el haz (4) de electrones se emite, se acelera y se dirige al parche (2), en el que el parche (2) se mueve con respecto al haz (4) de electrones, y en el que se detecta una señal (6) procedente del parche (2) y se determina el espesor (T) del parche (2), utilizándose el haz (4) de electrones para fundir el parche (2, 2A).
- 25
- 8.** Método según la reivindicación 7, en el que se detecta una señal (6) procedente del sustrato (3) y se toma como señal de referencia para analizar el espesor (T) del parche (2).
- 9.** Método para producir un parche (2) sobre un sustrato (3) aplicando un material sobre el sustrato (3) y dirigiendo un haz (4) de electrones de alta energía sobre el material, en donde el método comprende el método consistente en medir un espesor (T) del parche (2) según una de las reivindicaciones 7 u 8, utilizándose solo una fuente (8) de electrones y/o solo un dispositivo (9) de aceleración de electrones.
- 30

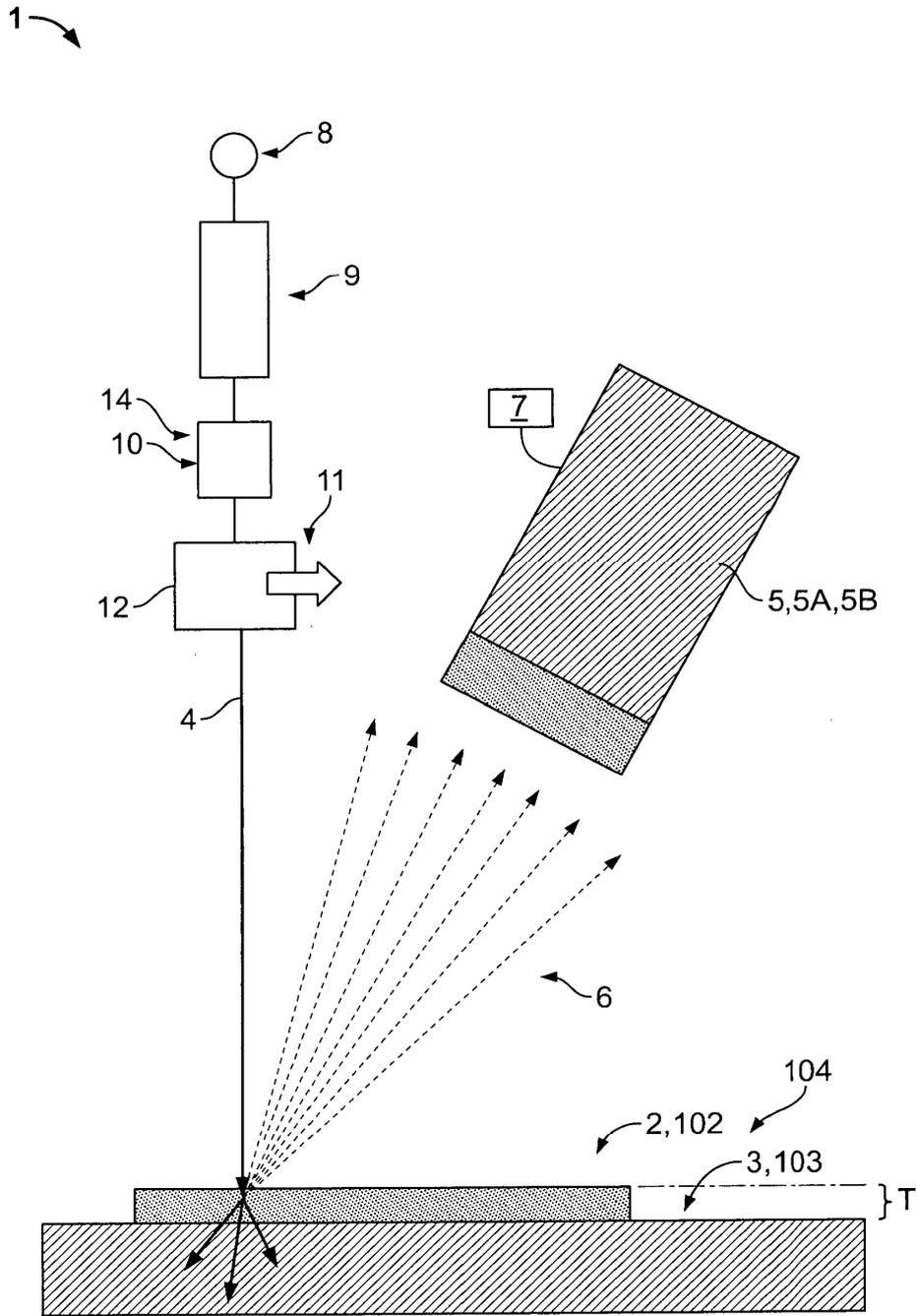


Fig. 1

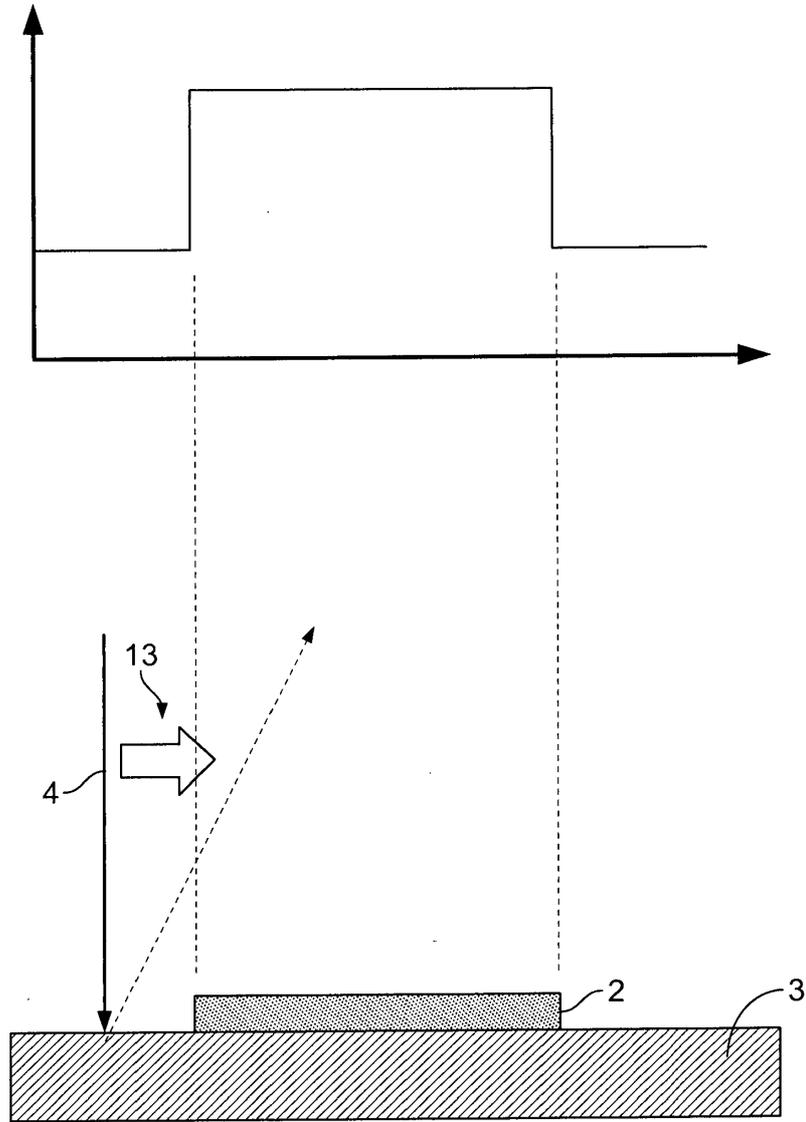


Fig. 2

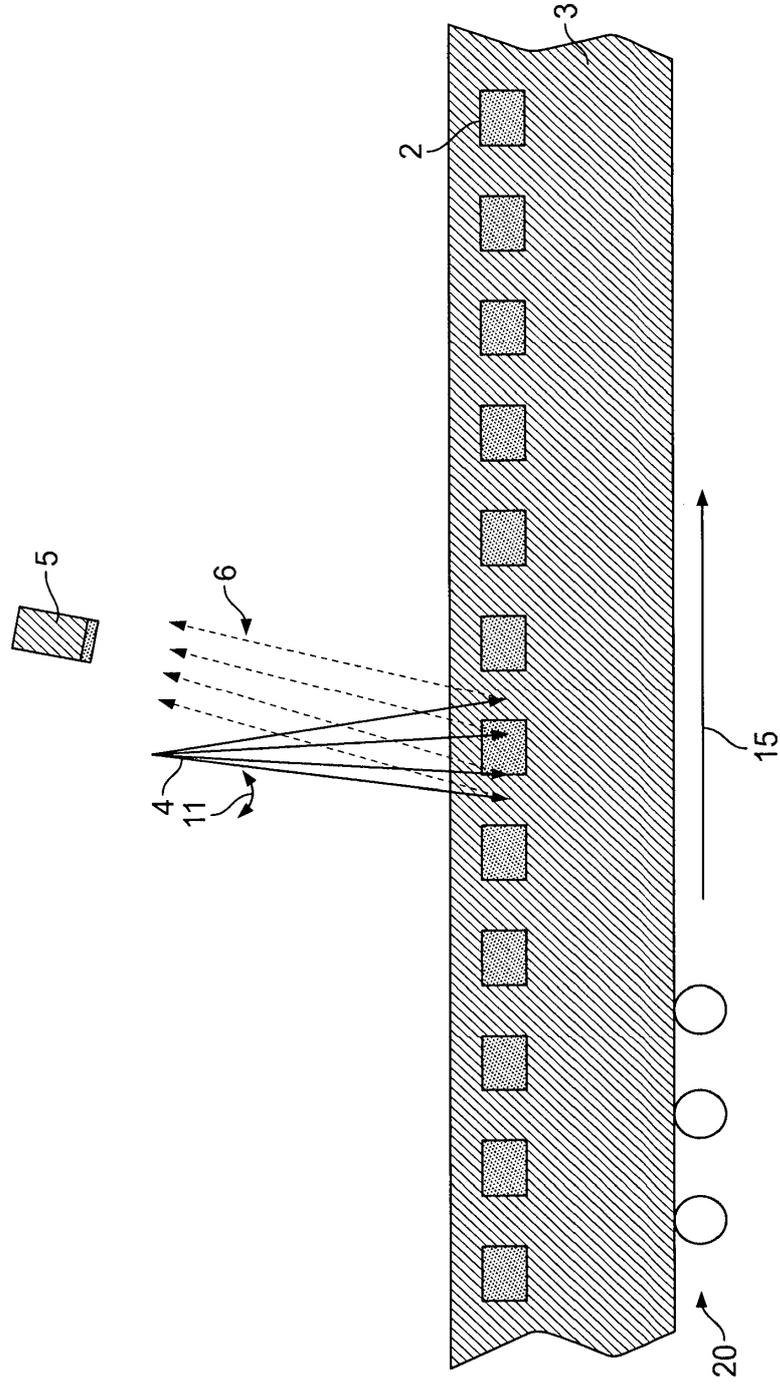


Fig. 3

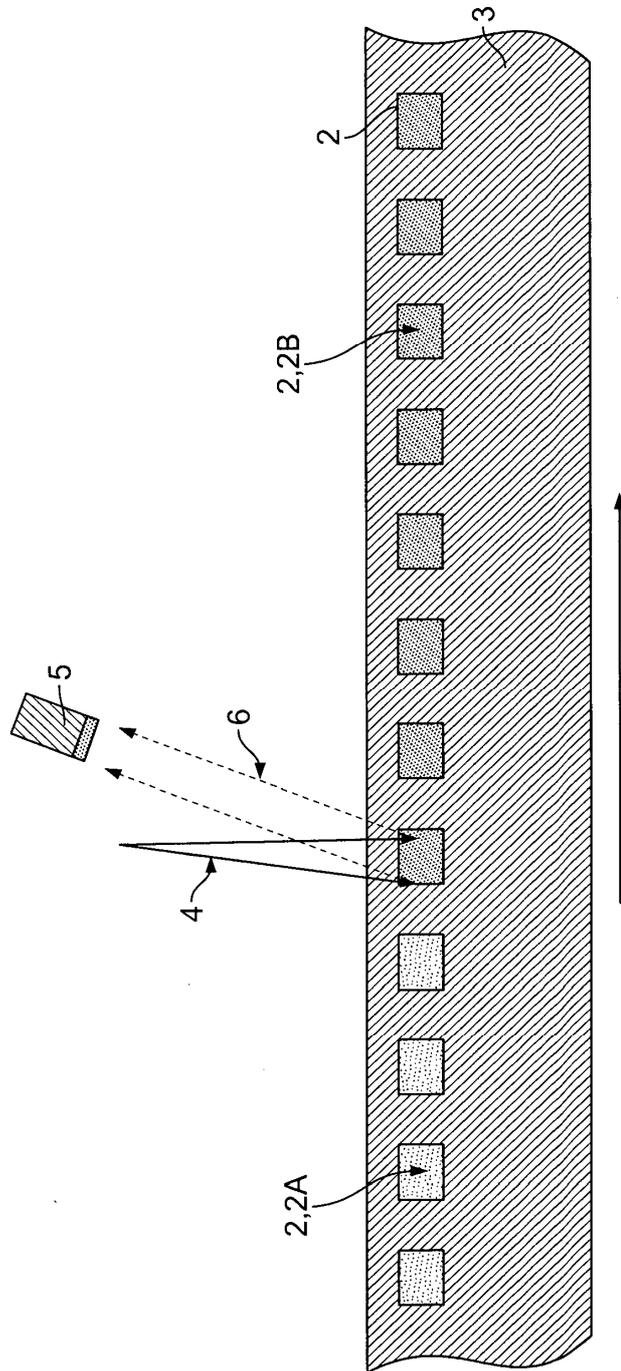


Fig. 4

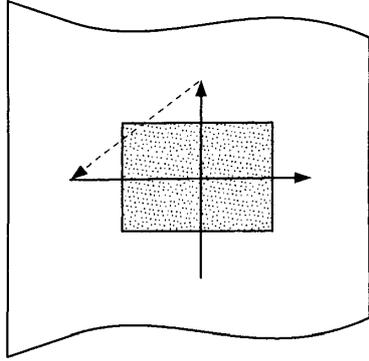


Fig. 5C

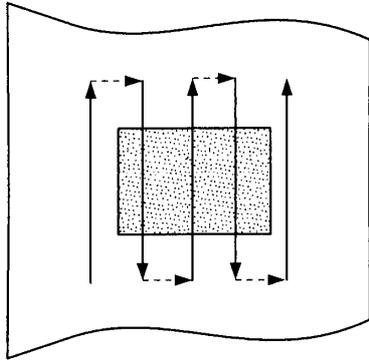


Fig. 5B

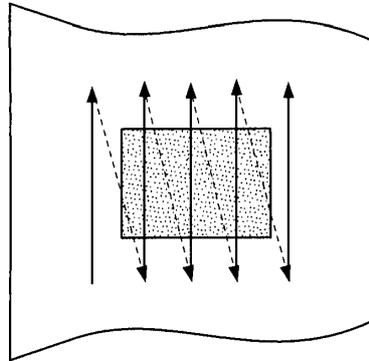


Fig. 5A

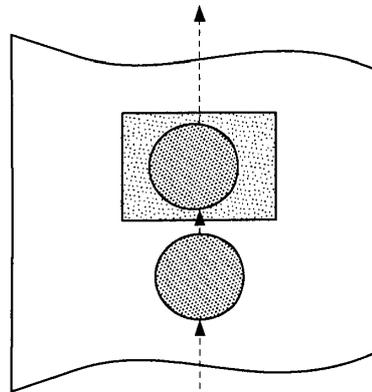


Fig. 5D

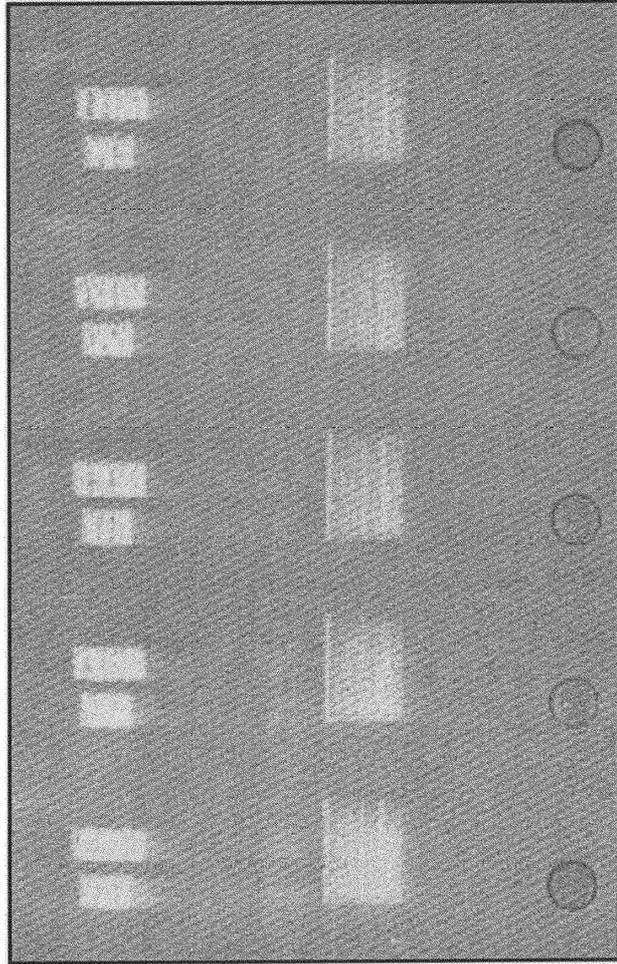


Fig. 6