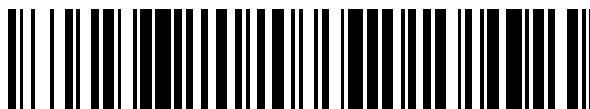


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 818 349**

51 Int. Cl.:

H01L 21/60 (2006.01)

H01L 23/485 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.03.2010** **PCT/EP2010/053553**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.09.2010** **WO10106144**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2010** **E 10714596 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020** **EP 2409323**

54 Título: **Procedimiento para producir una metalización con capas de metalización de Ni y Au de alternancia múltiple sobre al menos una almohadilla de contacto sobre una oblea semiconductora**

30 Prioridad:

19.03.2009 DE 102009013921

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

12.04.2021

73 Titular/es:

FORSCHUNGSVERBUND BERLIN E.V. (100.0%)
Rudower Chaussee 17
12489 Berlin, DE

72 Inventor/es:

SIDOROV, VICTOR;
ZHYTNYTSKA, RIMMA y
WUERFL, JOACHIM

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 818 349 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 producir una metalización con capas de metalización de Ni y Au de alternancia múltiple sobre al menos una almohadilla de contacto sobre una oblea semiconductora

La presente invención se refiere a un procedimiento para producir una metalización para al menos una almohadilla de contacto con las características mencionadas en la reivindicación 1, en particular la presente invención se refiere a una tecnología mejorada para la producción de superficies de contacto (almohadillas de contacto) con metalización, también denominada metalización bajo salientes (UBM, *under bump metallization*), para la conexión eléctrica entre estructuras semiconductoras y un socio de conexión adicional.

Por "montaje de chip invertido" (también "montaje invertido") se entiende un procedimiento para el contacto de almohadillas de contacto de chips semiconductores desnudos (también obleas, obleas semiconductoras) por medio de montículos de contacto, los denominados salientes. La tecnología de chip invertido (*flip chip*) se usa, por ejemplo, en la producción de microprocesadores complejos. En el montaje de chip invertido, el chip se monta directamente, sin cables de conexión adicionales, con el lado de contacto activo hacia abajo, hacia el portador de circuito. Esto conduce a dimensiones particularmente reducidas de la carcasa y longitudes de conductor cortas. En circuitos muy complejos, esta tecnología ofrece a menudo la única posibilidad de conexión razonable, porque en parte tienen que implementarse varios miles de contactos. Así, toda la superficie del chip semiconductor puede utilizarse para el contacto. Con la técnica de unión de chip invertido, la conexión de todos los contactos tiene lugar al mismo tiempo.

En el montaje de chip invertido, un metal o una mezcla de metales, el metal de aportación, se deposita sobre el chip semiconductor u oblea o sobre una placa de circuito impreso. De este modo se producen miles de cuerpos de soldadura cilíndricos o esféricos, dependiendo del procedimiento de colocación. Estos cuerpos de soldadura se encuentran en cada caso exactamente en los puntos de contacto, que producen la conexión a las estructuras de circuito en las capas más profundas de la oblea (chips semiconductores). Los cuerpos de soldadura se funden a continuación para dar pequeñas esferas en el procedimiento de reflujo, creándose una conexión de buena adhesión, eléctricamente muy conductora entre el cuerpo de soldadura y la metalización del lado de chip (metalización bajo salientes) y un cuerpo de soldadura eutéctica obtiene una superficie casi semiesférica. Estas esferas de soldadura se denominan también "salientes".

Entre el montículo de contacto (saliente) y la almohadilla de contacto del chip semiconductor se usa a menudo una metalización (la denominada "metalización bajo salientes"), que aumenta la capacidad de carga mecánica de la conexión entre el saliente y la almohadilla de contacto. Además, la metalización a menudo cumple el objetivo de impedir la difusión de átomos metálicos desde la almohadilla de contacto al saliente, lo que en caso contrario conduciría a una desestabilización de la conexión.

Un método adicional de dotar una oblea de "salientes" es la impresión de plantillas. La oblea, después de haber obtenido una superficie soldable en las almohadillas mediante galvanoplastia, se imprime con pasta de soldadura en una impresora de plantillas. Después de eso, la oblea se somete también en este caso a un proceso de reflujo, la pasta de soldadura se funde y se producen salientes. A continuación, la oblea puede limpiarse para eliminar los restos de fundente en exceso si fuese necesario.

Se conoce producir la metalización mediante deposición por toda la superficie de una barrera de difusión por medio de pulverización, pulverización posterior de una capa de partida delgada para un proceso galvánico posterior, estructuración litográfica (positiva) y deposición galvánica de una capa de UBM de 5-10 μm de grosor. Después de eso tiene lugar un ataque con ácido de la barrera de difusión y la capa de partida.

Alternativamente, para la producción de una metalización se conoce el uso de una deposición sin corriente externa. En este caso, se deposita sobre una almohadilla de Al tras un pretratamiento correspondiente (p.ej. tratamiento con cincato), sin corriente, níquel-fósforo y después sin corriente oro en baños químicos correspondientes.

La tecnología estándar para el montaje de los salientes de soldadura de chip invertido (que contienen regularmente estaño) requiere una capa de níquel de algunos micrómetros de grosor como UBM, que es necesaria para compensar el consumo de níquel como resultado de la formación de un NiSn-IMC (compuesto intermetálico), p.ej. Ni_3Sn_4 , durante el proceso de soldadura. Una capa de níquel de algunos micrómetros de grosor de este tipo, como ya se describió con más detalle, se produce convencionalmente por medio de deposición galvánica o sin corriente. Sin embargo, no es posible una deposición en seco completa (pulverización/vaporización) de una capa de níquel con un grosor en el intervalo micrométrico, ya que una capa de este tipo conduce a una alta tensión mecánica intrínseca y, por lo tanto, presenta una adhesión demasiado reducida.

El documento DE 103 22 135 A1 describe un componente con una conexión soldada entre un primer cuerpo parcial con una primera metalización superficial y un segundo cuerpo parcial con una segunda metalización superficial, comprendiendo la conexión soldada un cuerpo de soldadura de un metal de aportación fundible, en el que al menos una metalización superficial del primero y el segundo sobre la superficie que apunta hacia el cuerpo de soldadura comprende una capa nanocristalina.

El documento US 2006/0284313 A1 usa como metalización bajo salientes un material con memoria de forma, que puede estar compuesto por una aleación de titanio y níquel.

En las tecnologías mencionadas anteriormente para producir una metalización (UBM) para una almohadilla de contacto de un chip semiconductor resulta desventajoso el uso de procesos químicos húmedos, que en muchos casos están asociados con el uso de baños tóxicos o al menos potencialmente corrosivos (p.ej. baño de cianuro en el caso de la deposición de Au). Además, la deposición sin corriente sobre semiconductores III/V puede conducir, en función del diseño actual de la superficie, a deposiciones incontroladas.

El documento US 2007/0045848 A1 describe una estructura de oblea con un sustrato semiconductor, varias capas de UBM y varios salientes, presentando la capa de UBM una estructura de capas de dos capas de metalización de Ni y Cu de alternancia múltiple. El documento DE 1 439 527 A1 da a conocer un procedimiento para poner en contacto disposiciones de semiconductores y se refiere a contactos de chapado metálico con capas de Au y Ni chapadas sin corriente, de alternancia múltiple. El documento JPH 10 163 590 A se refiere a un procedimiento para conformar una pila de capas de Au y Ni producidas por electrodeposición, de alternancia doble, para la metalurgia de películas finas C-4.

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es indicar un procedimiento para la producción de una oblea semiconductora con una metalización UBM, que por un lado se produzca mediante deposición física en fase de vapor (deposición en seco) y por otro lado garantice una adhesión suficientemente alta de un saliente de soldadura.

Estos objetivos se alcanzan según la invención mediante un procedimiento para la producción de una oblea semiconductora con las características mencionadas en la reivindicación 1. Configuraciones preferidas de la invención están contenidas en las reivindicaciones dependientes.

El procedimiento según la invención para producir una metalización (UBM) para al menos una almohadilla de contacto presenta las siguientes etapas de procedimiento: aplicar al menos una almohadilla de contacto a una oblea semiconductora, aplicar una capa de barrera al lado superior de la al menos una almohadilla de contacto, aplicar una metalización al lado superior de la capa de barrera, aplicándose la capa de barrera y la metalización (y preferiblemente también la almohadilla de contacto) por medio de deposición física en fase de vapor (*physical vapour deposition*, denominada en adelante también PVD) y configurándose la metalización como estructura de capas de dos capas de metalización de alternancia múltiple, configurándose la primera capa de metalización de níquel y la segunda capa de metalización de oro, configurándose la primera capa de metalización con un grosor de capa de menos de 100 nm, configurándose la segunda capa de metalización con un grosor de capa de entre 30 nm y 50 nm y ascendiendo la suma de los grosores de capa de las primeras capas de metalización a más de 1 μm .

Con ello, la invención posibilita la producción de una UBM basada en Ni exclusivamente por medio de procedimientos de PVD (preferiblemente pulverización y evaporación). El problema de las altas tensiones intrínsecas de las capas de Ni en las deposiciones PVD se soluciona porque después de la deposición de una capa de Ni comparativamente delgada (grosor de capa de menos de 100 nm) sigue una capa de un material dúctil, eléctricamente conductor, concretamente oro. Estas dos etapas (aplicación de una capa de Ni y de una capa de un material dúctil, eléctricamente conductor, concretamente oro) se repiten según la invención varias veces, lo que conduce a una pila de capas de Ni y capas del material dúctil, eléctricamente conductor, concretamente oro, alternas con un grosor total de algunos micrómetros (mayor de 1 μm , aún más preferiblemente mayor de 2 μm). Este procedimiento posibilita ventajosamente la producción de una UBM mecánica y eléctricamente fiable sin el uso de procesos químicos en húmedo.

En un ejemplo que no pertenece al objeto reivindicado, en lugar de Ni también puede utilizarse una aleación de Ni, que preferiblemente contiene al menos un 10 % de níquel (con respecto a la masa).

La capa de barrera está configurada preferiblemente para evitar la difusión de átomos metálicos desde la almohadilla de contacto a la UBM y eventualmente además al saliente de soldadura. La capa de barrera está compuesta preferiblemente por una metalización amorfa o cristalina fina dotada de límites de grano decorados o un compuesto intermetálico, que no reacciona químicamente con la metalización de la almohadilla de contacto o la UBM. Se consideran en este caso preferiblemente compuestos intermetálicos tales como WSi, TiW, TiMo u otros. La capa de barrera presenta preferiblemente un grosor de capa de entre 50 nm y 1 μm .

La primera capa de metalización está compuesta según la invención por Ni o, en un ejemplo que no pertenece al objeto reivindicado, por una aleación de Ni (p.ej. NiV). En términos metalúrgicos, esta metalización es responsable de las propiedades eléctricas y mecánicas de la conexión saliente-UBM y tiene que estar adaptada a la metalurgia del propio saliente. Para salientes de PbSn es adecuado, por ejemplo, Ni o, en un ejemplo que no pertenece al objeto reivindicado. La primera de Ni presenta un grosor de menos de 100 nm.

Dado que los metales, de manera correspondiente a la primera metalización, presentan por regla general una tensión mecánica muy alta, cuando se aplican en el proceso de deposición física, tiene que incorporarse de manera alternante una segunda metalización, que pueda absorber estas tensiones, que no influya negativamente en la metalurgia y la

conductividad eléctrica del sistema saliente-UBM. La segunda capa de metalización está compuesta según la invención por oro. En ejemplos que no pertenecen al objeto reivindicado, la segunda capa de metalización puede estar compuesta por un metal del grupo plata, platino, cobre, hierro, aluminio, cinc, estaño y plomo, una mezcla de al menos dos metales del grupo oro, plata, platino, cobre, hierro, aluminio, cinc, estaño y plomo, o una aleación de los metales mencionados en último lugar, configurándose entonces la segunda capa de metalización preferiblemente a partir de un material con una ductilidad que corresponde al menos al 60 % de la ductilidad del oro, y una conductividad eléctrica, que corresponde al menos al 60 % de la conductividad eléctrica del oro, y preferiblemente con un grosor de capa de entre 10-100 nm.

Preferiblemente, la almohadilla de contacto también se aplica por medio de deposición física. Preferiblemente, la almohadilla de contacto se aplica por evaporación y la capa de barrera por pulverización.

La primera capa de metalización de níquel se configura con un grosor de capa de menos de 100 nm. La segunda capa de metalización de oro se configura con un grosor de capa de entre 30-50 nm.

Preferiblemente, la almohadilla de contacto se configura con una superficie de entre $1 \mu\text{m}^2$ y $0,20 \text{ m}^2$ (corresponde a 450 mm de diámetro de oblea), la primera capa de metalización con una superficie de entre $1 \mu\text{m}^2$ y $0,20 \text{ m}^2$ y la segunda capa de metalización con una superficie de entre $1 \mu\text{m}^2$ y $0,20 \text{ m}^2$, se prefiere especialmente en cada caso una superficie de entre 0,01 y 0,1 mm^2 .

Según la invención, un saliente de soldadura que contiene estaño puede usarse para el contacto posterior por medio de montaje de chip invertido.

La oblea semiconductora presenta al menos una almohadilla de contacto dispuesta sobre la oblea semiconductora (preferiblemente varias 1000 de almohadillas de contacto, implementando las almohadillas de contacto preferiblemente la conexión eléctrica de la oblea semiconductora que presenta un circuito microelectrónico hacia el exterior), estando prevista en el lado superior de la al menos una almohadilla de contacto una capa de barrera y estando dispuesta en el lado superior de la capa de barrera una estructura de metalización, presentando la estructura de metalización según la invención dos capas de metalización de alternancia múltiple, estando configurada la primera capa de metalización de níquel con un grosor de capa de menos de 100 nm y la segunda capa de metalización de un material dúctil, eléctricamente conductor, diferente del níquel, concretamente el oro. Preferiblemente, la capa de barrera cubre completamente la almohadilla de contacto que se encuentra sobre la oblea. Preferiblemente, la estructura de metalización cubre al menos el 50 % de la superficie de la almohadilla de contacto (capa de barrera entremedias), de manera especialmente preferible al menos el 80 % de la superficie de la almohadilla de contacto.

El número de pilas sucesivas de la primera capa de metalización y la segunda capa de metalización se selecciona de tal manera que la suma de los grosores de capa de las primeras capas de metalización ascienda a más de $1 \mu\text{m}$ (preferiblemente más de $3 \mu\text{m}$).

Preferiblemente, la oblea semiconductora presenta un chip semiconductor y/o la oblea semiconductora presenta al menos un circuito microelectrónico.

Preferiblemente, la oblea semiconductora con las características mencionadas anteriormente se usa para conectar la oblea semiconductora con un portador de circuito por medio del montaje de chip invertido.

La invención se explica a continuación con más detalle por medio de ejemplos de realización representados en las figuras.

Muestran:

la figura 1 una oblea con una estructura de metalización producida según la invención en una representación en corte esquemática,

la figura 2 un diagrama de flujo con las etapas de proceso individuales de una variante de realización preferida del procedimiento según la invención para la producción de una oblea con una estructura de metalización según la invención; y

la figura 3 a la figura 8b las etapas de procedimiento individuales de una variante de realización preferida del procedimiento según la invención.

La figura 1 muestra una oblea con una estructura de metalización producida según la invención en una representación en corte esquemática. La oblea 10 puede comprender, por ejemplo, un chip o un circuito electrónico. Para poner en contacto este circuito electrónico de la oblea 10 (también denominada sustrato u oblea semiconductora) con un portador de circuito, la oblea 10 presenta una pluralidad de almohadillas de contacto 20, a través de las cuales el circuito electrónico de la oblea 10 intercambia (comunica) señales eléctricas con el portador de circuito. Las

almohadillas de contacto 20 pueden aplicarse, por ejemplo, a partir de material dúctil como Al, Cu o Au por evaporación (*e-beam evaporation*, evaporación de haz electrónico) con ayuda de una máscara 11 (figuras 3 y 4).

Para posibilitar la conexión de la oblea 10 y el portador de circuito (no representado en este caso) por medio del montaje de chip invertido, entre las almohadillas de contacto 20 y los contactos del portador de circuito se aplica un saliente de soldadura (no representado en este caso) y posteriormente se sueldan entre sí de manera duradera la oblea 10 y el portador de circuito.

Para implementar una conexión mecánica y eléctricamente fiable del saliente de soldadura con la almohadilla de contacto 20 sin usar procesos químicos en húmedo, primero se aplica a la almohadilla de contacto 20 una capa de barrera 30 por medio de pulverización. Esto puede tener lugar como se representa en las figuras 5 y 6 mediante la misma máscara 11 que al aplicar las almohadillas 20. En este caso, el procedimiento tiene la ventaja adicional de que la metalización de la almohadilla está rodeada completamente por una barrera de difusión y, por lo tanto, muestra adicionalmente una mayor resistencia a la electromigración a altas densidades de corriente en la metalización. Preferiblemente, para las almohadillas de contacto 20 y la capa de barrera 30 se utilizan básicamente diferentes propiedades de deposición: la evaporación de las almohadillas de contacto 20 presenta un comportamiento isotrópico y la pulverización de la capa de barrera 30 uno anisotrópico. Mediante el uso de una máscara litográfica 11 con destalonamiento (resistencia negativa) es posible una combinación de ambas etapas de proceso con una sola máscara 11. Esto posibilita la producción de una superficie de contacto 20 con geometría definida y a continuación una cobertura uniforme mediante la pulverización de la barrera de difusión 30 (figuras 3-6).

La figura 7a muestra la deposición de capas metálicas alternas 41, 42 producidas, por ejemplo, por evaporación de haz de electrones. La estructura de metalización 40 cubre toda la zona de contacto 20 mediante el uso de la misma máscara 11 que al depositar la almohadilla de contacto 20. Alternativamente, es posible depositar la estructura de metalización 40 solo sobre una parte de la superficie de contacto de la almohadilla de contacto 20 (con la capa de barrera 30 entremedias), necesitándose para ello una máscara adicional (figura 7b). Las estructuras resultantes después de la deposición de la sucesión de capas alternas 41, 42 se muestran en las figuras 8a y 8b.

La tecnología estándar para el montaje de los salientes de soldadura de chip invertido (que contienen regularmente estaño) requiere una capa de níquel de algunos micrómetros de grosor, que es necesaria para compensar el consumo de níquel como consecuencia de la formación de un NiSN-IMC (compuesto intermetálico) durante el proceso de soldadura.

Sin embargo, una deposición en seco completa (pulverización/vaporización) de una capa de níquel con un grosor en el intervalo micrométrico no es posible, ya que una capa de este tipo presenta una tensión mecánica intrínseca demasiado alta y, por lo tanto, una adhesión demasiado baja.

El problema de las altas tensiones intrínsecas de capas de Ni en deposiciones PVD se soluciona según la invención porque después de la deposición de una capa de Ni delgada (grosor de capa de menos de 100 nm) sigue una capa de un material dúctil, eléctricamente conductor, concretamente oro, con un grosor de capa de 30-50 nm.

Estas dos etapas (aplicación de una capa de Ni y de una capa de un material dúctil, eléctricamente conductor) se repiten varias veces según la invención, lo que conduce a una pila de capas de Ni alternas y capas del material dúctil, eléctricamente conductor, con un grosor total de algunos micrómetros (más de 1 μm , aún más preferiblemente más de 2 μm).

La interrupción de la capa de Ni 41 por la capa de Au 42 conduce a que la capa de Ni 41 posterior no presente una tensión mecánica inicial o presente una considerablemente reducida. Este procedimiento posibilita ventajosamente la producción de una UBM mecánica y eléctricamente fiable sin el uso de procesos químicos en húmedo.

Después de la deposición de la estructura de metalización 40, preferiblemente se aplica una capa de pasivación 50 (figura 1) que cubre las zonas laterales de la pila de capas 41, 42 y la superficie de contacto define el saliente de soldadura (no representado en este caso).

Lista de números de referencia

- 10 sustrato
- 11 máscara
- 20 almohadilla de contacto
- 30 barrera de difusión
- 40 estructura de metalización
- 41 capa de níquel
- 42 capa de oro
- 50 capa de pasivación

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de una metalización (40) para al menos una almohadilla de contacto (20) con las siguientes etapas de procedimiento:
- 5
- aplicar al menos una almohadilla de contacto (20) a una oblea semiconductora (10),
- aplicar una capa de barrera (30) al lado superior de la al menos una almohadilla de contacto (20),
- 10
- aplicar una metalización (40) al lado superior de la capa de barrera (30), configurándose la metalización (40) como estructura de capas de dos capas de metalización de alternancia múltiple (41, 42), configurándose la primera capa de metalización (41) de níquel con un grosor de capa de menos de 100 nm y la segunda capa de metalización (42) con un espesor de capa de entre 30 nm y 50 nm;
- 15
- caracterizado porque
- la capa de barrera (30) y la metalización (40) se aplican por medio de deposición física en fase de vapor, la segunda capa de metalización (42) se configura de oro y la suma de los grosores de capa de las primeras capas de metalización (41) es de más de 1 μm .
- 20
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la almohadilla de contacto (20) se aplica por medio de deposición física.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la almohadilla de contacto (20) y la capa de barrera (30) se aplican mediante evaporación o pulverización.
- 25

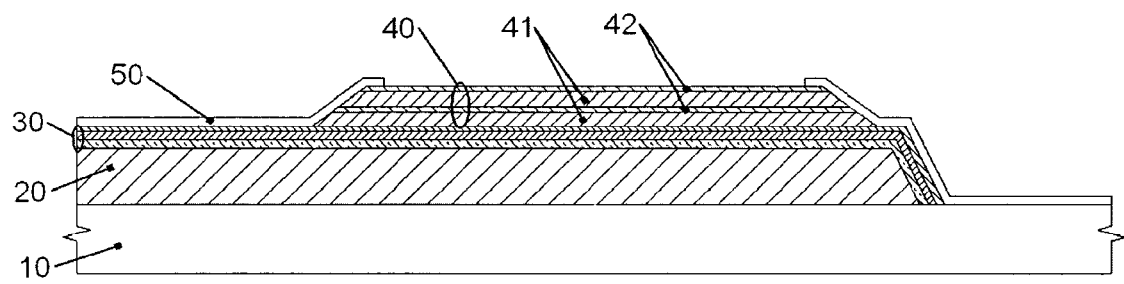


Fig. 1

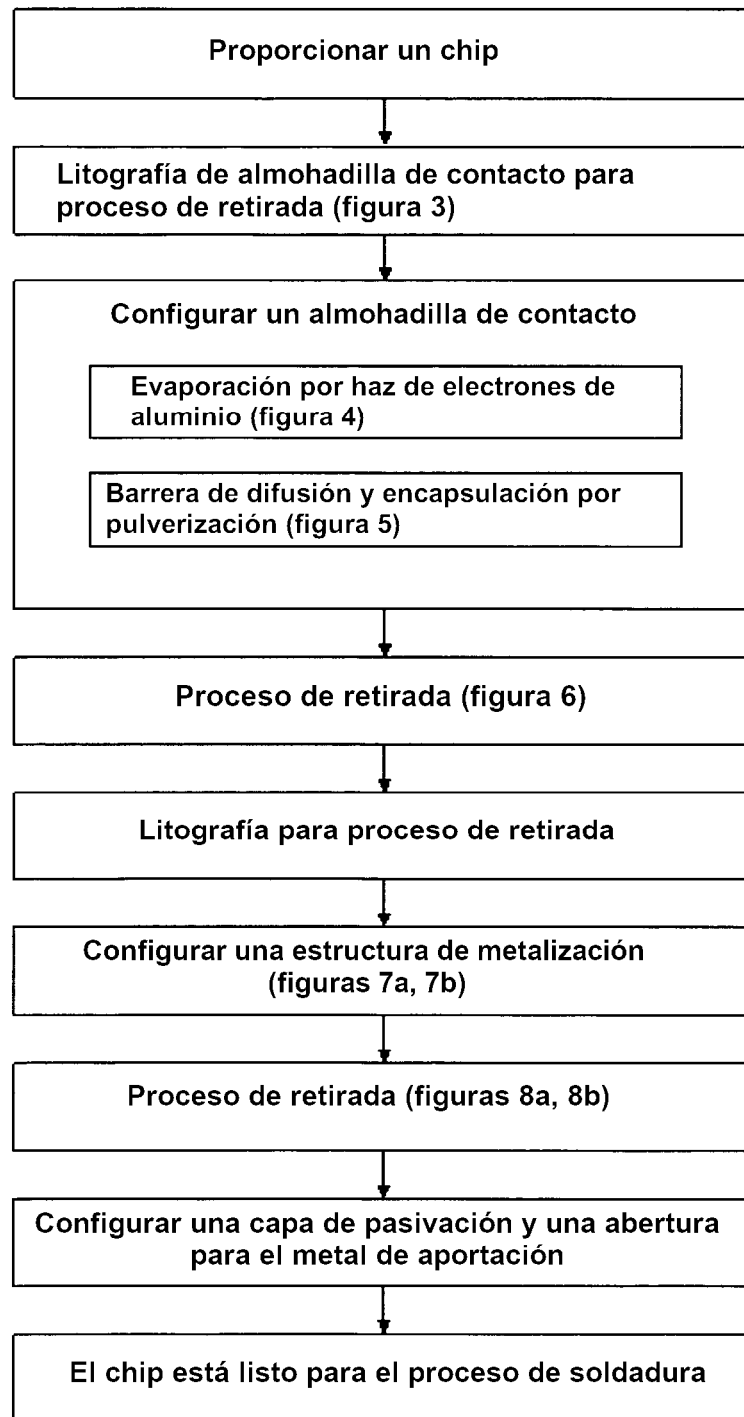


Fig. 2

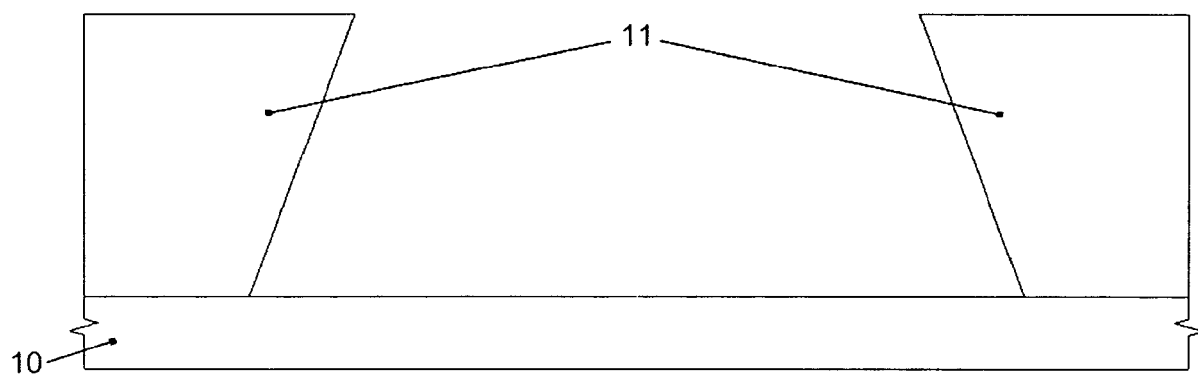


Fig. 3

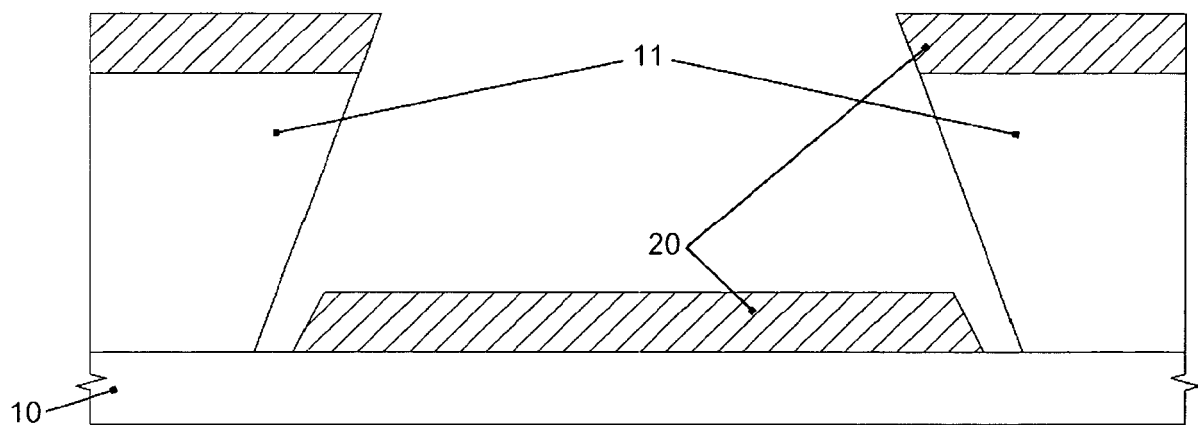


Fig. 4

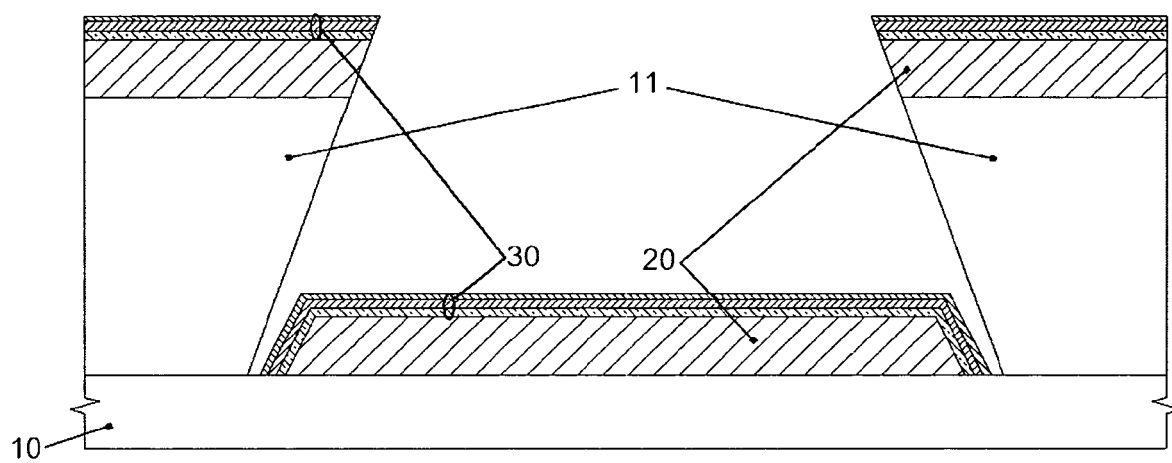


Fig. 5

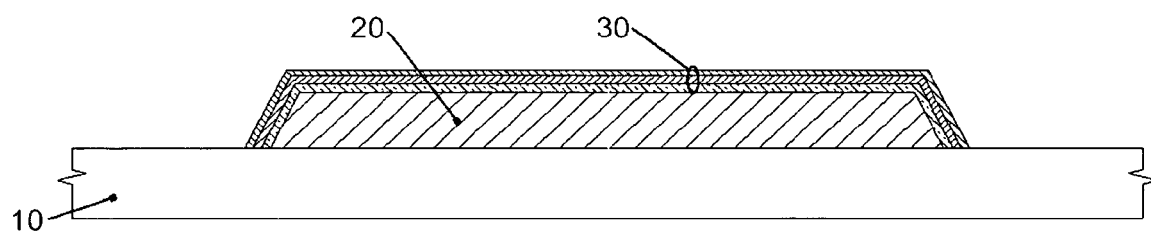


Fig. 6

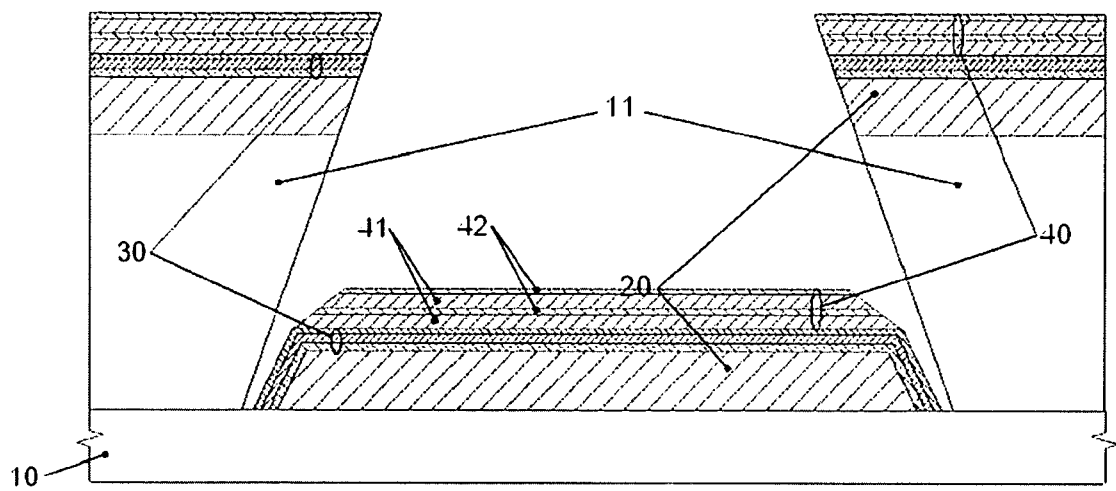


Fig. 7a

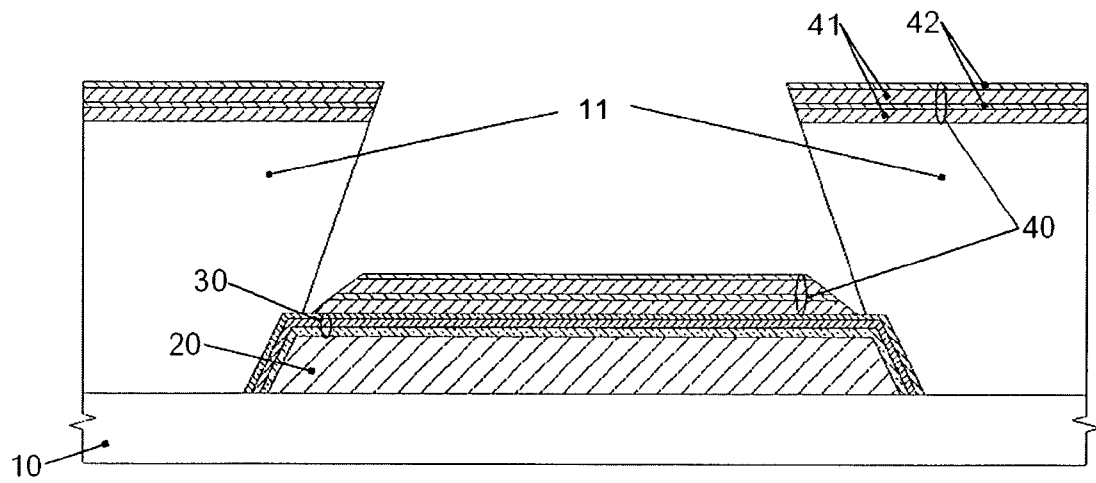


Fig. 7b

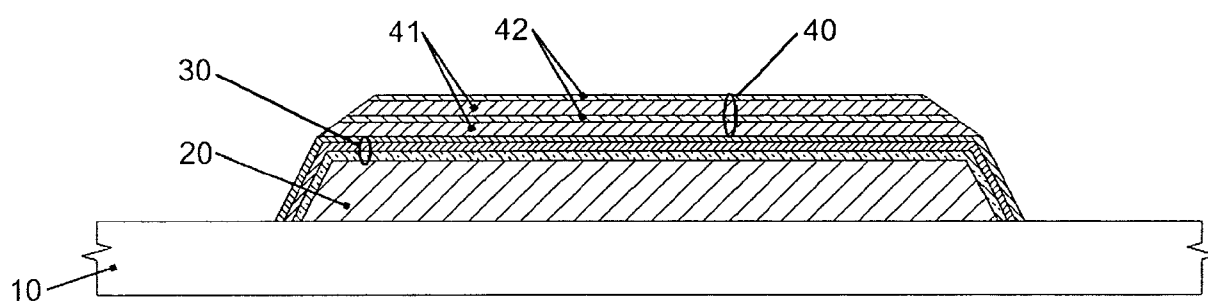


Fig. 8a

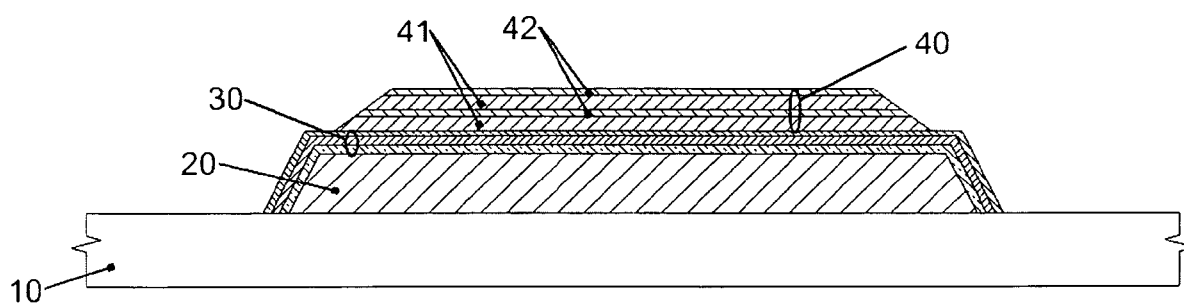


Fig. 8b