



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 320 523**

51 Int. Cl.:
H01L 23/485 (2006.01)
H01L 23/532 (2006.01)
H01L 21/60 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **00931376 .8**
96 Fecha de presentación : **15.05.2000**
97 Número de publicación de la solicitud: **1186034**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.03.2002**

54 Título: **Estructura de interconexión robusta.**

30 Prioridad: **19.05.1999 US 314003**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.05.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.05.2009

73 Titular/es:
International Business Machines Corporation
New Orchard Road
Armonk, New York 10504, US

72 Inventor/es: **Edelstein, Daniel;**
McGahay, Vincent;
Nye, Henry;
Ottey, Brian y
Price, William

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 320 523 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).

ES 2 320 523 T3

DESCRIPCIÓN

Estructura de interconexión robusta.

5 **Campo técnico**

El presente invento se refiere a interconexiones metálicas y más particularmente a una estructura de interconexión de cobre robusta. El presente invento encuentra una aplicabilidad particular para interconexiones de cobre VLSI y ULSI especialmente para embalaje.

10 **Antecedentes del invento**

15 El interés en utilizar cobre como interconexiones en dispositivos semiconductores continúa aumentando ya que posee una resistividad menor y una susceptibilidad reducida al fallo por electromigración en comparación a las interconexiones más tradicionales de aluminio o de aleación de aluminio.

20 Sin embargo, como el cobre tiene una tendencia cuando es usado en metalurgia de interconexión a difundirse en los materiales dieléctricos que lo rodean, tales como dióxido de silicio, la cobertura química del cobre es esencial. La cobertura inhibe esta difusión. Un método ampliamente sugerido de cobertura incluye el empleo de una capa de barrera conductora a lo largo de las paredes laterales y de la superficie inferior de una interconexión de cobre. Típicos de tales capas de barrera son el tantalio o el titanio. La cobertura de la superficie superior de una interconexión de cobre usualmente emplea nitruro de silicio.

25 Sin embargo, el nitruro de silicio no exhibe una adhesión fuerte a las superficies de cobre a pesar de distintos tratamientos de adhesión. Consiguientemente, la interfaz o enlace nitruro de silicio a cobre es susceptible de desestratificado en condiciones de carga mecánica.

30 Por ejemplo, para asegurar la fiabilidad del embalaje, la integridad estructural C4 debe ser consistente a fin de sobrevivir a las tensiones mecánicas que el producto experimenta. Recientes estudios de almohadillas C4 en interconexiones de cobre revelan una integridad estructural C4 relativamente débil. Se produjeron fallos durante las operaciones de reprocesado y de pruebas masivas o preventivas debido a la adhesión relativamente débil inherente del capuchón de nitruro de silicio que solapa al cobre.

35 El documento US-A-5.898.222 describe interconexiones eléctricas de cobre cubiertas que comprenden una capa de cableado de cobre que es cubierta con un material seleccionado a partir de un grupo que incluye Ni y Al, siendo dicha capa de cobertura para proporcionar una adhesión y pasivación mejoradas.

Resumen del invento

40 De acuerdo con un aspecto del invento se ha proporcionado una estructura que comprende una capa de cobre, una capa de barrera, una capa de AlCu y una capa limitadora de almohadilla, en la que la capa de AlCu y la capa de barrera están interpuestas entre la capa de cobre y la capa limitadora de almohadilla, y en la que la capa de barrera está situada entre la capa de cobre y la capa de AlCu.

45 La presente realización proporciona medios para una integridad estructural mejorada de interconexiones de cobre que incluyen C4 sobre BEOL de cobre. El presente invento proporciona medios para interconexión que es robusto a tensiones mecánicas. La capa de cobre puede ser de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 2 μm de espesor.

50 Más particularmente, la estructura del presente invento comprende una capa de cobre, una capa limitadora de almohadilla y una capa de AlCu y de barrera interpuestas entre la capa de cobre y la capa limitadora de almohadilla.

55 La presente realización se refiere también a una estructura de interconexión que comprende una capa de cobre, una capa de cobertura situada sobre la capa de cobre y que tiene una vía para exponer una parte de la capa de cobre, una capa de barrera situada en la vía y sobre la capa de cobre, una capa de AlCu situada sobre la capa de barrera, y una capa limitadora de almohadilla situada sobre la capa de AlCu.

La capa de barrera puede solapar partes de la capa dieléctrica.

60 La capa de cobre puede ser de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 2 μm de espesor.

La capa de cobertura puede comprender nitruro de silicio.

La capa de cobertura puede ser de aproximadamente 100 a aproximadamente 1000 Å de espesor.

65 La protuberancia de contacto C4 puede ser una soldadura Sn-Pb.

ES 2 320 523 T3

La capa de pasivación puede ser seleccionada del grupo que consiste de dióxido de silicio, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio y combinaciones de los mismos.

5 La capa de pasivación es de aproximadamente 1000 a aproximadamente 9000 Å de espesor.

El dieléctrico puede ser una poliimida.

10 La capa limitadora de almohadilla puede ser seleccionada a partir de al menos un miembro de un grupo consistente de nitruro de titanio, cobre, oro, titanio tungsteno, cromo y combinaciones de los mismos.

La capa limitadora de almohadilla puede comprender una capa de TiW, seguida por una capa de CrCu, seguida por una capa de Cu.

15 La capa limitadora de almohadilla puede ser seleccionada a partir de al menos un miembro del grupo que consiste de nitruro de titanio, cobre, oro, titanio tungsteno, cromo y combinaciones de los mismos.

La capa limitadora de almohadilla puede comprender una capa de TiW, seguida por una capa de CrCu, seguida por una capa de Cu.

20 Aún otros objetos y ventajas de la realización del presente invento resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada, en la que se han mostrado y descrito solamente las realizaciones preferidas del invento, simplemente a modo de ilustración del mejor modo considerado de poner en práctica el invento. Como se comprenderá el invento es capaz de otras y diferentes realizaciones, y sus varios detalles con
25 capaces de modificaciones en distintos aspectos obvios, sin salir del invento. Consiguientemente, la descripción ha de ser considerada como ilustrativa en su naturaleza y no como restrictiva.

Breve descripción de los dibujos

30 La fig. 1 es un diagrama esquemático de un C4 de la técnica anterior sobre una estructura BEOL de Cu.

La fig. 2 es un diagrama esquemático de un C4 sobre una estructura BEOL de Cu de acuerdo con el presente invento.

Mejores y distintos modos de poner en práctica el invento

35 A fin de facilitar una comprensión del presente invento, se hará referencia a los dibujos.

40 En particular, la fig. 1 es un diagrama esquemático de un C4 de la técnica anterior sobre una estructura BEOL de Cu en la que una almohadilla 1 de cobre está conectada a un conductor 2 y dentro de una abertura o vía a través de una región de aislamiento 3. Típicamente, una capa de barrera o de revestimiento (no mostrada) estará presente en los lados y fondo de la almohadilla de cobre, entre el conductor 2 y la región de aislamiento 3.

45 La región de aislamiento 3 es típicamente dióxido de silicio. La capa de cobre es típicamente de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 2 µm de espesor y más típicamente de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 1,2 µm de espesor.

50 Una capa 4 de cobertura tal como nitruro de silicio está prevista por encima de la capa de cobre. En el caso de nitruro de silicio, puede ser depositada por un proceso de depósito de vapor químico mejorado con plasma (PECVD) bien conocido. Tal proceso implica la introducción de una especie gaseosa de soporte de silicio tal como silano y una especie gaseosa de soporte de nitrógeno tal como amoníaco y/o nitrógeno en la presencia de un plasma. Otras especies gaseosas de soporte de silicio incluyen disilano, diclorosilano y tetraetilortosilicato. Otras especies gaseosas que contienen
55 en nitrógeno y incluyen el hexametildisilano. El depósito del nitruro de silicio es usualmente realizado a temperaturas de aproximadamente 300 a aproximadamente 450°C y más típicamente a temperaturas de aproximadamente 350 a aproximadamente 400°C. La capa 4 es típicamente de aproximadamente 100 a aproximadamente 20.000 Å de espesor, más típicamente para nitruro de silicio la capa es de aproximadamente 100 a aproximadamente 1000 Å de espesor, e incluso más típicamente de aproximadamente 350 a aproximadamente 700 Å de espesor para nitruro de silicio.

60 Una vía o abertura está presente en la capa C4 de cobertura para proporcionar acceso para interconexión subsiguiente a la almohadilla C4.

65 Una capa de pasivación 5 está prevista sobre la parte superior de la capa 4 de cobertura. La capa 5 de pasivación incluye también una abertura o vía para proporcionar acceso para interconexión subsiguiente con una almohadilla C4. La capa 5 de pasivación es típicamente dióxido de silicio, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio o combinaciones de los mismos. En el caso de dióxido de silicio, la capa 5 de pasivación puede ser depositada por técnicas bien conocidas tales como mediante depósito de vapor químico mejorado por plasma. La capa 5 preferida es una combinación de capa de dióxido de silicio seguida por una capa de nitruro de silicio. Típicamente, el espesor de la capa 5 es de aproximadamente 1000 a aproximadamente 9000 Å.

ES 2 320 523 T3

Una capa dieléctrica 6 está prevista por encima de la capa de pasivación 5. La capa dieléctrica 6 incluye también una abertura o vía para proporcionar acceso para interconexión subsiguiente con una almohadilla C4.

La capa dieléctrica 6 preferida es una poliimida. Poliimidadas adecuadas incluyen poliimidadas sin modificar, así como poliimidadas modificadas, tales como poliesterimidadas, poliimida-imida-ésteres, poliimida-imidas, polisiloxaneimidadas, así como otras poliimidadas mezcladas. Las mismas son bien conocidas en la técnica anterior y no necesitan ser descritas aquí con mayor detalle. La capa dieléctrica 6 es típicamente proporcionada por revestimiento con un precursor de poliimida y a continuación conversión a la poliimida curada por calentamiento. Precursores de poliimida comercialmente disponibles (ácido poliámico) o distintos precursores de poliimida procedentes de Du Pont están disponibles bajo la designación registrada Pyralin. Estos precursores de poliimida existen en muchos grados, incluyendo los disponibles bajo las designaciones registradas PI-2555, PI-2545, PI-2560, PI-5878, PIH-61454 y PI-2540. Algunos de estos son precursores de poliimida de dianhidrido piromelético-oxidianilina (PMDA-ODA).

La capa dieléctrica 6 típicamente de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 5 micras de espesor y más típicamente de aproximadamente 10.000 a aproximadamente 40.000 Å de espesor.

En la técnica como es practicada actualmente, situada en la parte superior del cobre 1 está la metalurgia 7 limitadora de almohadilla. La capa 7 está también presente en las paredes laterales de las aberturas en la capa 4 de cobertura, capa 5 de pasivación y capa 6 dieléctrica.

La capa 7 de metalurgia limitadora de almohadilla es típicamente nitruro de titanio, cobre, oro, titanio tungsteno, cromo, que puede ser depositada como se ha descrito en la patente norteamericana n° 4.434.434 o en la patente norteamericana n° 5.629.564, cuyas descripciones están incorporadas aquí a modo de referencia. Típicamente, una combinación de capas es usada en la metalurgia limitadora de almohadilla, siendo una combinación particular TiW seguida por CrCu y a continuación Cu. La capa TiW es típicamente de aproximadamente 250 a aproximadamente 2000 Å de espesor. La capa CrCu es típicamente de 100 a aproximadamente 2000 Å de espesor. La capa de Cu está típicamente de aproximadamente 1000 a 20.000 Å de espesor. Una limpieza por bombardeo iónico *in situ* precede típicamente al depósito del primer metal.

Una estructura 8 de almohadilla C4 o protuberancia revestida conecta directamente a la capa 7 limitadora de almohadilla a través de las aberturas o vías en la capa dieléctrica 6, capa de pasivación 5 y capa 4 de cobertura.

Una estructura 8 de protuberancia de contacto C4 es en su mayor parte una soldadura Pb-Sn y está prevista en chips de circuito integrado para hacer interconexiones a sustratos. La estructura 8 de protuberancia de contacto es depositada típicamente sobre la capa metálica 7 para una adhesión mejorada. La protuberancia C4 se extiende por encima del chip de circuito integrado en aproximadamente 0,100 mm y es redonda o circular en sección transversal paralela al plano de la superficie superior del chip de circuito integrado y está curvada desde sus lados a la superficie superior de la protuberancia donde se ha hecho una interconexión a otro electrodo soportado por un sustrato.

Durante el reprocesado o después de las pruebas masivas o preventivas de extracción del chip, se ejerce una fuerza normal o de cizalladura sobre el capuchón 4 que solapa al cobre 1. Debido a una pobre adhesión, el capuchón puede agrietarse y desestratificarse de la superficie de cobre. Este modo de fallo hace la tecnología de interconexión de Cu menos fiable para aplicaciones de módulo multichip y algunos usos de un solo chip.

Prosiguiendo con el presente invento, como se ha ilustrado en la fig. 2, una capa 9 de AlCu y un capa de barrera 10 están previstas entre la capa de cobre 1 y la capa 7 limitadora de almohadilla. La capa de AlCu contiene típicamente aproximadamente 96 a aproximadamente 99,5% de Al atómico, y correspondientemente aproximadamente 4 a aproximadamente 0,5% de Cu atómico. La capa 9 de AlCu es típicamente de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 1,2 micras. Puede aplicarse mediante técnicas de bombardeo iónico bien conocidas.

La capa de barrera 10 es típicamente titanio, nitruro de titanio, tántalo o nitruro de tántalo, o mezclas, combinaciones o aleaciones de los mismos. Además, a menudo se emplea una combinación de estas capas de barrera, siendo una combinación particular TaN seguida por Ti y luego TiN. La capa de TaN es típicamente de aproximadamente 50 a aproximadamente 1000 Å de espesor. La capa de TiN es de 200 a 700 Å de espesor. Una limpieza por bombardeo iónico *in situ* precede típicamente al depósito del primer metal.

De acuerdo con aspectos preferidos del presente invento, la capa 9 de AlCu y la capa de barrera 10 se extienden por encima y solapan a la capa 5 de pasivación. Además, preferiblemente su anchura es sustancialmente igual a la anchura de la capa 1 de cobre.

Además, en una configuración preferida, la capa dieléctrica 6 solapa a la parte de solapamiento de la capa 9 de AlCu y la capa 7 limitadora de almohadilla solapa a partes de la capa dieléctrica 6.

Las capas de AlCu y de barrera proporcionan una interconexión robusta del Cu a las almohadillas C4. Ensayos de resistencia a tracción realizados han demostrado que las estructuras de acuerdo con el presente invento reducían la tasa de defectos del 50 a 70% para estructuras de la técnica anterior, como se ha mostrado en la fig. 1 a 0% para las estructuras del presente invento.

ES 2 320 523 T3

La anterior descripción del invento ilustra y describe el presente invento. Adicionalmente, la descripción muestra y describe sólo las realizaciones preferidas del invento pero, como se ha mencionado antes, ha de comprenderse que el invento es capaz de ser usado en otras distintas combinaciones, modificaciones, y entornos y es capaz de cambios o modificaciones dentro del marco del concepto inventivo como se ha expresado aquí, proporcional con las anteriores enseñanzas y/o la experiencia o conocimiento de la técnica pertinente. Las realizaciones descritas aquí anteriormente están además destinadas a explicar mejores modos conocidos de poner en práctica el invento y a permitir que otros expertos en la técnica utilicen el invento en tales, u otras realizaciones y con las distintas modificaciones requeridas por las aplicaciones o usos particulares del invento. Consiguientemente, la descripción no está destinada a limitar el invento a la forma descrita aquí.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 320 523 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una estructura de interconexión que comprende una capa de cobre, una capa barrera, una capa de AlCu y una capa limitadora de almohadilla, en la que la capa de AlCu y la capa barrera están interpuestas entre la capa de cobre y la capa limitadora de almohadilla, y en la que la capa barrera está situada entre la capa de cobre y la capa de AlCu.
- 10 2. Una estructura de interconexión según la reivindicación 1ª, que comprende además una capa de cobertura situada sobre la capa de cobre y que tiene una vía para exponer una parte de la capa de cobre, por lo que la capa de barrera esta situada en la vía y sobre la capa de cobre, y la capa de AlCu está situada en la vía y sobre la capa de barrera, y la capa limitadora de almohadilla está situada sobre la capa de AlCu.
- 15 3. La estructura de interconexión según la reivindicación 2ª que comprende además una protuberancia de contacto C4 en contacto con la capa limitadora de almohadilla.
- 20 4. La estructura de interconexión según la reivindicación 2ª o 3ª que comprende además una capa de pasivación situada sobre la capa de cobertura y que tiene una vía que coincide con la vía en la capa de cobertura y opcionalmente una o más de las siguientes: una parte de la capa de AlCu se extiende por encima y solapa la capa de pasivación; y/o la capa de la capa de barrera se extiende por encima y solapa la capa de pasivación.
- 25 5. La estructura de interconexión según cualquiera de las reivindicaciones 2ª a 4ª, en la que la capa de AlCu tiene una anchura que es sustancialmente igual a la anchura de la capa de cobre y/o la capa de barrera tiene una anchura que sustancialmente es igual a la anchura de la capa de cobre.
- 30 6. La estructura de interconexión según la reivindicación 4ª que comprende además una capa dieléctrica situada por encima de la capa de pasivación, opcionalmente la capa dieléctrica solapa la parte de solapamiento de la capa de AlCu.
- 35 7. La estructura de interconexión según la reivindicación 6ª en la que la capa limitadora de almohadilla solapa a la capa dieléctrica.
- 40 8. La estructura según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 7ª que comprende además una o más de las siguientes: la capa de cobre es de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 2 μm de espesor; la capa de AlCu contiene aproximadamente 96 a aproximadamente 99,5% de Al atómico; la capa de AlCu es de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 1,2 micras de espesor; la capa de barrera es seleccionada del grupo que consiste de titanio, tántalo, nitruros de los mismos, mezclas de los mismos, combinaciones de los mismos y aleaciones de los mismos; la capa de barrera es de aproximadamente 50 a aproximadamente 1000 Å de espesor; la capa de barrera es una combinación de una capa de TaN, una capa de Ti y una capa de TiN; la capa de TiN es de aproximadamente 200 a aproximadamente 700 Å de espesor, la capa de Ti es de aproximadamente 200 a aproximadamente 700 Å de espesor, y la capa de TaN es de aproximadamente 50 a aproximadamente 1000 Å de espesor; la capa de cobertura comprende nitruro de silicio; y/o la capa de cobertura es de aproximadamente 100 a aproximadamente 1000 Å de espesor.
- 45 9. La estructura de interconexión de la reivindicación 3ª o cualquiera de las reivindicaciones precedentes que dependen de la reivindicación 3ª en la que la protuberancia de contacto C4 es uno soldadura de Sn-Pb.
- 50 10. La estructura de interconexión según la reivindicación 4ª o cualquiera de las reivindicaciones precedentes dependientes de la reivindicación 4ª en la que la capa de pasivación es seleccionada del grupo consistente de dióxido de silicio, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio y combinaciones de los mismos, opcionalmente la capa de pasivación es de aproximadamente 1000 a aproximadamente 9000 Å de espesor.
- 55 11. La estructura de interconexión según la reivindicación 6ª o cualquiera de las reivindicaciones precedentes dependientes de la reivindicación 6ª en la que la capa dieléctrica es una poliimida.
- 60 12. La estructura de cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 11ª en la que la capa limitadora de almohadilla es seleccionada de al menos un miembro del grupo consistente en nitruro de titanio, cobre, oro, titanio tungsteno, cromo y combinaciones de los mismos, opcionalmente la capa limitadora de almohadilla comprende una capa de TiW, seguida por una capa de CrCu, seguida por una capa de Cu.
- 65

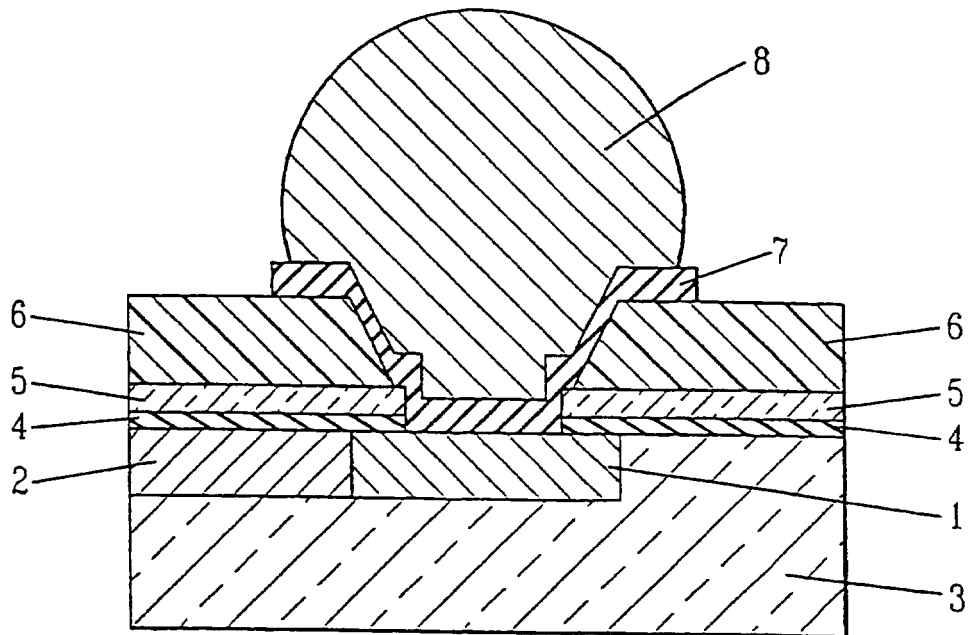


FIG. 1

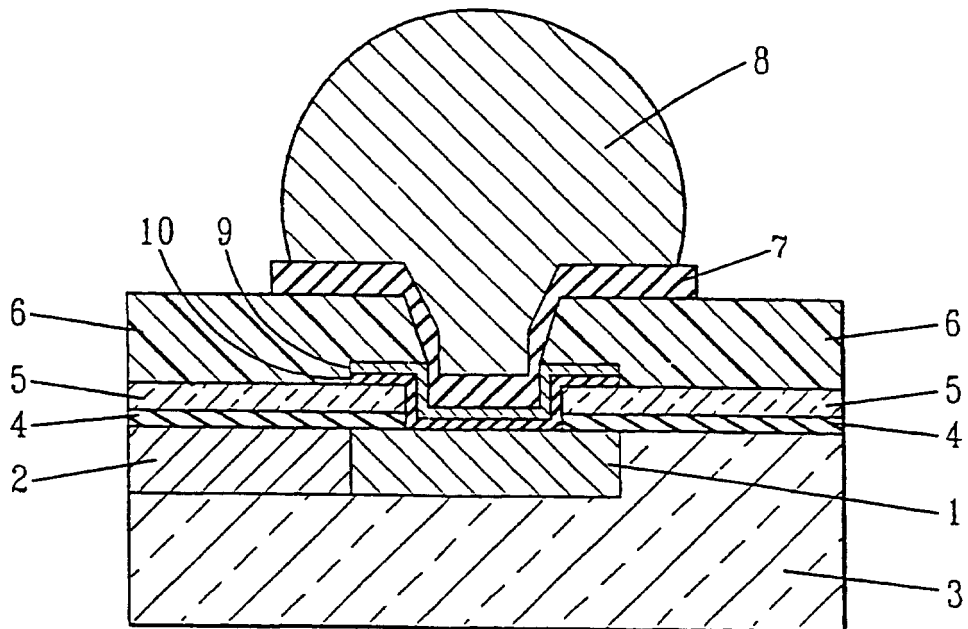


FIG. 2