

338799

P.- 34.237

PHN 1578



MEMORIA DESCRIPTIVA  
para solicitar  
P A T E N T E D E I N V E N C I O N  
en  
E S P A Ñ A  
por VEINTE años

a nombre de N.V.PHILIPS'GLOBILAMPENTFABRIEKEN, entidad holandesa, establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda,  
por:

"METODO PARA MANUFACTURAR UNA CAPA DE CONTACTO PARA DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES".

-----

La presente invención se refiere a métodos para  
manufacturar capas de contacto para dispositivos semiconductores, tal como transistores o diodos, y a capas de  
contacto o dispositivos semiconductores manufacturados por  
tales métodos. Una capa de esta clase, que puede constituir  
o no una conexión eléctrica, puede servir más en particular para unir, tal como por soldadura, soldadura de latón,  
o aleación, un cuerpo semiconductor a un sustrato, o  
formar un contacto en una parte discreta, por ejemplo en  
una región emisora, una región de base o una región colec-

5

10

12.2.67

- 1 -



tora de tal cuerpo.

Se ha sugerido con anterioridad la formación de capas de contacto de una aleación consistente en un metal que constituye, por ejemplo, una impureza significativa, tal como indio, y un material semiconductor tal como germanio (véase la memoria descriptiva de la patente británica número 740.655). Cuando se usa tal aleación como capa de contacto, es posible evitar que cuando esta capa es aleada sobre un cuerpo semiconductor de la misma clase se disuelve en la capa de contacto una cantidad excesiva del material semiconductor que constituye la masa. En otras palabras, cuando se usan tales capas de contacto se reduce la profundidad de su penetración en el cuerpo del semiconductor.

También se ha sugerido con anterioridad obtener una capa de contacto con una aleación de oro que tiene un pequeño contenido de germanio o silicio, aleación que proporciona la ventaja de tener un punto de fusión relativamente bajo, y una adherencia satisfactoria, así como poca profundidad de penetración. Sin embargo, tales aleaciones presentan la desventaja de que son muy frágiles y difíciles de tratar (véase la memoria descriptiva de la patente británica número 809.877).

Además, se ha sugerido con anterioridad la aplicación de capas de contacto metálicas, tal como oro, a un substrato, por galvanoplastia, aplicando al mismo tiempo, también por galvanoplastia, un elemento impurificador, tal como antimonio. En este caso se puede usar una sal soluble de antimonio, por ejemplo clorhidrato de antimonio,  $SbCl_3$  (véase la memoria descriptiva de la patente EE.UU. número



2.796.563 y memoria descriptiva de la patente británica número 833.828). En general, este método no es adecuado para la deposición simultánea de material semiconductor tal como silicio o germanio.

5                   Un objeto de la invención es evitar estas des-  
ventajas. Se basa en la idea de que en muchos casos no  
es necesario que la capa de contacto esté constituida por  
una aleación, antes de ser aleada sobre parte del dispo-  
sitivo semiconductor, más en particular en el cuerpo se-  
10                   miconductor, y que incluso es a menudo innecesario que,  
después de la deposición y fusión, la capa de contacto que-  
de aleada. También se basa en la idea de que las aleacio-  
nes de un metal y un material semiconductor tienen a menu-  
do propiedades mecánicas desfavorables. Más en particular,  
15                   son muy frágiles, mientras que, considerado por separado,  
el metal, que constituye la parte principal, es dúctil,  
También se reconoce que, dado que la cantidad de material  
semiconductor que se desea incorporar en la capa de contac-  
to es a menudo tan pequeña, en relación a la cantidad de  
20                   metal, que, una vez combinado eficazmente, sin ser aleado,  
el material semiconductor y el metal pueden proporcionar  
ventajas especiales, tal como propiedades mecánicas perfec-  
cionadas.

25                   Según la invención, una capa de contacto de es-  
ta clase se obtiene aplicando el metal a un sustrato, de  
manera que se forme una capa coherente, al tiempo que du-  
rante este procedimiento también se depositan simultánea-  
mente partículas de un material semiconductor capaz de  
alearse con el metal, a una temperatura menor que aquella  
30                   a la que el metal y el material semiconductor se alean

356799



entre sí, de forma que las partículas de material semiconductor están incluidas, al menos en parte, en el metal depositado. Se debe observar que no es esencial para la invención que la capa de contacto completa se forme por deposición simultánea de metal y material semiconductor. Así, es posible aplicar primero, por ejemplo, una capa delgada de metal, seguida por deposición simultánea de metal y material semiconductor. Después se podría volver a aplicar metal puro.

En una realización de la invención, la capa de contacto se calienta a una temperatura a la que el metal y el material semiconductor se aleen entre sí, después de haber sido puestos en contacto mecánico con otra parte del dispositivo semiconductor, para obtener entre dichas dos partes buen contacto eléctrico y/o térmico por fusión de dicha capa de contacto. También es posible, aunque innecesario, formar la aleación sobre el substrato calentando antes de que el substrato se ponga en contacto mecánico con dicha otra parte del dispositivo semiconductor.

El metal se aplica preferiblemente por galvanoplastia, ya que este método permite obtener capas metálicas muy puras, y que no es complicado aplicar simultáneamente otras partículas, más en particular partículas no metálicas. En este caso, las partículas de semiconductor comparten la naturaleza de las partículas no metálicas. Métodos de esta clase, en los que se usa un campo eléctrico llamado "exterior", son conocidos y usados más en particular para la manufactura de capas resistentes al desgaste, auto-lubricantes, o capas que satisfacen requisitos particulares en el campo artístico (véase, por ejemplo,



5 Tomaszeski, Clauss y Brown, "Proceedings American Electroplaters' Society", vol 50 (1963), págs. 169 a 174). En este caso, la existencia de efectos de electroforesis puede ayudar también a las deposiciones de las partículas de material semiconductor, pero la invención no se ha de considerar limitada por la verdad de esta hipótesis.

10 También se puede aplicar el metal por un procedimiento químico, usando la llamada deposición "sin electricidad", es decir, un método de galvanoplastia en el que no se usa en absoluto ningún campo eléctrico exterior. Tales procedimientos, denominados también procedimientos "Brenner", han sido descritos principalmente por Brenner y Riddel en "Proceedings American Electroplaters' Society" vol. 33 (1946), págs. 23 a 33, y vol. 34 (1947), págs. 156 a 170.

Además, el metal se puede aplicar también al sustrato en estado seco, sobre todo por evaporación o atomización catódica.

20 La gravedad puede ayudar también a la deposición de las partículas de material semiconductor, más en particular si el metal se aplica sin uso de un campo eléctrico exterior. Esto abre la posibilidad de una deposición preferente de las partículas de semiconductor, que, por la gravedad, se depositarán preferentemente en las superficies horizontales, mientras que el metal aplicado por el método "sin electricidad" se depositará por igual en todas las superficies. Si la capa metálica se aplica usando un campo eléctrico exterior, la influencia de la gravedad sobre las partículas de semiconductor es casi despreciable, en general.

25

30

336750



El substrato al que se aplica la capa de contacto puede estar constituido por un metal o una aleación, preferiblemente un metal o una aleación que tenga un coeficiente de expansión térmica correspondiente al coeficiente de expansión de los cuerpos semiconductores usuales, tal como germanio y silicio. Son muy adecuados los substratos de wolframio, molibdeno y "Fornico" (marca registrada de una aleación constituida por 54% en peso de hierro, 28% en peso de níquel y 18% en peso de cobalto). Otros substratos adecuados son, más en particular, los de níquel, aleaciones de níquel y hierro, y material cerámico tal como alúmina.

Sin embargo, el substrato al que se aplica la capa de contacto puede estar constituido, como alternativa, por un cuerpo semiconductor. Dicha capa se puede aplicar más en particular a la superficie de tal cuerpo cuando se pretenda soldarlo sobre un soporte o distribuidor. La capa de contacto se puede aplicar también solo sobre una parte muy pequeña de la superficie de tal cuerpo, por ejemplo en una ventana formada en una capa aislante, más en particular en una capa de óxido que cubre dicha superficie. Así es posible formar los electrodos planos de transistores y diodos, por calentamiento de la capa después de la deposición, y aleándola sobre el cuerpo semiconductor, provocando la presencia de material semiconductor en la capa, de forma conocida, una reducción del punto de fusión, y evitando también que el material semiconductor que constituye el cuerpo se disuelva en el electrodo en cantidad excesiva, es decir, que la profundidad de penetración del electrodo no es demasiado grande. En

330 99



este caso, es ventajoso que las partículas de semiconductor se puedan incorporar en el metal del electrodo sin aplicación de alta temperatura o fuerzas mecánicas que pudieran ser perjudiciales para las propiedades del dispositivo.

5

Se ha de observar que cuando en esta descripción se hace referencia a la deposición de una capa de contacto sobre un cuerpo semiconductor o cerámico, éste puede ser también un cuerpo en el que ya haya otra capa delgada presente. Esta capa puede ser, sobre todo, una delgada capa metálica que puede servir para perfeccionar la adherencia, por ejemplo una capa de oro o níquel preliminarmente evaporada sobre el cuerpo, en el que es cocida por calentamiento.

10

15

Aunque, en general, la capa de contacto está permanentemente unida al sustrato, en otra realización de la invención se puede aplicar a un sustrato provisional, del que luego se separa como hoja. Esta hoja se puede tratar después, por laminación, corte, troquelado o procedimientos mecánicos similares. En este caso, la ventaja constituida por el hecho de que la ductilidad de la hoja está determinada primordialmente por el metal presente en la capa de contacto puede quedar particularmente de manifiesto. Las propiedades mecánicas indeseables de la aleación solo empiezan a jugar su papel cuando dicha hoja se funde, por ejemplo durante la operación de alear sobre un cuerpo semiconductor.

20

25

30

El metal aplicado es preferiblemente oro o plata, y las partículas aplicadas de material semiconductor son preferiblemente de silicio o germanio.

12.2.67

- 7 -

336799



El metal y el material semiconductor se eligen preferiblemente de forma que puedan, en combinación, formar un eutéctico claramente caracterizado, como sucede en el caso de los elementos antes mencionados. Se pueden  
5 usar otros metales con dichos semiconductores, más en particular aluminio, cobalto y níquel, los cuales, análogamente, forman eutécticos con el germanio y silicio.

Sin embargo, la invención no se limita a dichos elementos. El material semiconductor no ha de ser necesariamente un semiconductor elemental, tal como silicio o  
10 germanio, y también se pueden usar compuestos semiconductores tales como arseniuro de galio, más en particular en capas de contacto aleadas sobre cuerpos constituidos por el mismo compuesto.

Las partículas de material semiconductor pueden ser muy pequeñas, pero no es necesario reducirlas de forma que permanezcan, por ejemplo, constantemente dispersadas en un baño galvánico. De hecho, cuando se usan  
15 partículas más grandes, se pueden mantener suspendidas por agitación del baño. Además, las partículas más grandes son menos sensibles a influencias químicas del medio que las rodea.

El tamaño de las partículas es preferiblemente menor que 5 micras, e incluso menor que 1 micra, siendo  
25 la mayor proporción de ellas de tamaño mucho menor, en general.

Usualmente es ventajoso que la cantidad de material semiconductor incorporada en la capa metálica depositada sea menor que, o como máximo igual a, la cantidad  
30 correspondiente a la formación del eutéctico considerado.

14 FEB 1967



Así, la cantidad puede variar entre límites amplios. Como se discutirá más adelante, la cantidad puede ser tan pequeña que aunque las partículas más grandes del material semiconductor incorporado en la capa puedan ser visibles al microscopio, con un número moderado de aumentos, por ejemplo 500, la cantidad será aún demasiado pequeña para ser detectada por medios analíticos, tal como análisis espectroscópico.

En general, la capa debe contener al menos 0,001% en volumen de material semiconductor, pero preferiblemente al menos 0,01% en volumen, para que se puedan conseguir las principales ventajas de la invención. Sin embargo, también se deben tomar en consideración cantidades mucho mayores, tal como las correspondientes a la formación de unacapa completamente eutéctica. Además, el espesor de la capa no es crítico, y en general será mucho más delgada que el substrato o el cuerpo semiconductor a unir a ella. Son adecuados los mismos espesores usados en las capas de metal solo de la técnica anterior.

Es práctica común en la técnica de semiconductores añadir muy pequeñas cantidades de elementos impurificadores a los materiales semiconductores, y también a los metales que constituyen contactos o capas de contacto. Siempre que antes se ha hecho referencia a materiales semiconductores o metales, no se excluye la presencia de tales elementos impurificadores. Para incluir un elemento impurificador, se puede incluir en el baño una sal del impurificador.

La invención simplifica además la adición de tales elementos impurificadores a la capa de contacto, añadiéndolos al metal que se está depositando y/o al material

12.2.67



semiconductor. El boro, por ejemplo, es un elemento en el que los metales se alean con dificultad. En otra realización de la invención se deposita silicio impurificado con boro, proporcionando en el baño partículas de silicio impurificado con boro.

5

Las partículas impurificadas de material semiconductor que se añaden a metales, según la invención, pueden originarse más en particular de residuos de lingotes que hayan servido para la manufactura de dispositivos semiconductores, o la suspensión o desecho obtenido al cortar varillas de semiconductor para formar obleas. Así, el método según la invención permite usar de nuevo material residual originado en otras manufacturas de dispositivos semiconductores. Esto es tanto más ventajoso cuanto que estos residuos de lingotes impurificados, excepto los de germanio, no se pueden purificar fácilmente para seguir usándolos. También sucede esto, notablemente, con los residuos de lingotes de silicio.

10

15

20

La capa de contacto según la invención se alea preferiblemente en un cuerpo semiconductor de la misma clase que las partículas de semiconductor incluidas en dicha capa:

25

La invención se refiere también a dispositivos semiconductores, substratos o soportes de cuerpos semiconductores y a capas finas, o partes de capas finas, obtenidas por los métodos antes descritos.

30

Para que la invención se pueda llevar fácilmente a efecto, se describirá ahora con detalle, a título de ejemplo, con referencia a los dibujos diagramáticos adjuntos, en los que:

336799



La figura 1 es una vista en sección de una base o soporte de dispositivo semiconductor.

5 La figura 2 es una vista en sección de un dispositivo que sirve para aplicar por galvanoplastia capas de contacto a pequeños objetos, más en particular a la base de la figura 1.

La figura 3 muestra una capa de contacto aplicada a un sustrato.

10 La figura 4 es una vista en sección de un cuerpo semiconductor unido a una capa de contacto.

La figura 5 muestra el diagrama de fases de oro y silicio.

15 Las figuras 6 y 7 son vistas en sección de un cuerpo semiconductor, la primera sin capa de contacto y la segunda con capa de contacto.

Las figuras 8 y 9, 10 muestran diferentes etapas del método de aplicar una capa de contacto en una ventana formada en una capa aislante que cubre a un cuerpo semiconductor.

20 La figura 11 muestra la forma en que se obtiene una delgada capa de contacto con ayuda de un sustrato provisional.

25 Las figuras 12 y 13 muestran dos etapas de un método que permite unir un cuerpo semiconductor a una base, con ayuda de una pequeña placa cortada de la delgada capa de contacto que se muestra en la figura 11.

30 Como primer ejemplo, se presenta una descripción del método de aplicar una capa de contacto a la base de un dispositivo semiconductor, destinada a soportar el cristal de este dispositivo. El distribuidor (figura 1)



comprende un disco 1 de níquel, a través del cual pasa un  
cierto número de conductores 3 herméticamente cerrados  
en aberturas, mediante las perlas de vidrio 2. La cara  
superior comprende una parte 4 elevada sobre la que se  
5 puede unir al cuerpo semiconductor. En el borde 5 se pue-  
de soldar un tapón (que no se muestra).

Un cierto número de estos distribuidores (fi-  
gura 2) se pone en un depósito de galvanoplastia, por  
ejemplo en un tambor 10 hexagonal perforado, de material  
10 aislante, que rueda alrededor de un eje 11 horizontal,  
en un recipiente 12. En la parte baja del recipiente hay  
un ánodo 13, y la conexión del cátodo penetra por el eje  
11 en el tambor 10. No se muestra el dispositivo de ac-  
cionamiento del tambor. Preferiblemente, el tambor rueda  
15 alternativamente en una dirección y en la dirección opues-  
ta, para evitar que los conductores 3 queden enredados.  
El depósito de galvanoplastia, empleado de forma conti-  
nua, puede estar ventajosamente provisto de un dispositi-  
vo 14 de agitación, que sirve para mantener en suspensión  
20 a las partículas de material semiconductor.

La invención no impone requisitos particulares  
sobre la composición del electrolito, salvo que no debe  
reaccionar a destiempo con las partículas de material se-  
miconductor a dispersar en él. Considerando la multitud  
25 de baños o electrolitos usados para galvanoplastia, y el  
número de materiales semiconductores adecuados, no se en-  
contrarán dificultades para elegir electrolitos y materia-  
les semiconductores adecuados para efectuar la deposición.  
En principio, se puede hacer uso de los electrolitos  
30 usuales, pero se debe determinar previamente, por experi-



mentación, si el material semiconductor suspendido no es atacado, o al menos no fuertemente, durante la duración del procedimiento de deposición.

5 Para que la base que se muestra en la figura 1 se pueda cubrir con una capa de oro, es posible, por ejemplo, elegir el siguiente baño ilustrativo, que contiene por litro de agua:

100 g de citrato amónico,  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7$   
14 g de cianuro de oro-potasio,  $((\text{CN})_2\text{Au})\text{K}(68\% \text{Au})$   
10 0,5 g de silicio pulverulento

Con excepción del silicio añadido, el baño es normal, por lo demás.

15 La temperatura de este baño es ventajosamente igual a  $60^\circ\text{C}$ , y la densidad de corriente es de 500 a 800  $\text{mA}/\text{dm}^2$ .

Es ventajoso moler las partículas de material semiconductor durante varias horas en un molino de bolas, por ejemplo de ágata, que contenga preferiblemente una pequeña cantidad del electrolito usado luego.

20 Las dimensiones de la mayoría de las partículas son menores que el espesor de 6 micras provisto para la capa de contacto a depositar. Por ejemplo, el tamaño medio de partícula puede ser de aproximadamente 1 micra. Sin embargo, la presencia de partículas de tamaño algo mayor que el espesor de la capa no ha causado ninguna dificultad.

25 Por lo que se refiere a la densidad de corriente, se debe observar que con el baño antes mencionado, y en ausencia de partículas de silicio suspendidas, es usual un valor de  $200 \text{ mA}/\text{dm}^2$ , y que es peligroso usar mayores densidades de corriente, debido a que entonces pueden te-



ner lugar fenómenos de "quemado" de la capa depositada.

Se ha hallado que la presencia de partículas suspendidas permite usar sin objeciones mayores densidades de corriente, de forma que para una densidad de corriente de 800 mA/dm<sup>2</sup> aún no se producen fenómenos de quemado.

En una capa 20 de contacto según la invención, de la que la figura 3 es una vista en sección, las inclusiones 21 más gruesas de partículas de silicio se pueden hacer visibles al microscopio con un número de aumentos no mayor que 130 (aumentos lineales). La mayor parte de ellas está incluida en una capa de oro 22 que está presente en el sustrato 1. Como se ha indicado antes, la capa 22 puede tener, por ejemplo, un espesor de 6 micras, aunque también son completamente adecuadas las capas más finas, por ejemplo las que tienen un espesor de 3 micras).

Sobre la capa de contacto está aleado un cuerpo 30 de cristal de silicio como se muestra en la figura 4. Los detalles de este cuerpo, que por ejemplo puede ser un diodo, un transistor o un circuito integrado, no son esenciales para la invención. El conjunto que comprende la base, la capa de contacto y el cuerpo semiconductor, se calienta a 410°C en una atmósfera no oxidante o reductor, durante varios segundos; el periodo de calentamiento y la temperatura no son críticos, con tal de que el fondo llegue a una temperatura ligeramente mayor que la temperatura del eutéctico. La temperatura usada está situada ventajosamente en aproximadamente 40°C por encima del punto eutéctico del oro y silicio. Esta diferencia es pequeña, en comparación con la diferencia de 155 a 190°C que



se encuentra cuando, en un método conocido, un cuerpo de silicio se alea a una temperatura de 525 a 560°C, con ayuda de una aleación eutéctica de oro y silicio preparada antes.

5                   Uno de los criterios de una buena conexión es la transmisión satisfactoria del calor desarrollado en el cristal, hacia el substrato. Se ha hallado que la transmisión de calor tiende a perfeccionarse y regularse en el dispositivo hecho por el método según la invención.  
10                   Además, la calidad de la unión, soldada o soldada con latón, entre el cristal y la base, es superior a la del oro solo. Se obtienen excelentes contactos eléctricos de poca resistencia térmica.

15                   La posibilidad de conectar o montar cuerpos semiconductores por fusión, a temperaturas relativamente bajas, constituye en numerosos casos una importante ventaja, considerando que así se reduce el riesgo de influencias perjudiciales en el cuerpo y en las estructuras que comprende. La razón por la que es posible trabajar a temperaturas tan bajas no puede ser explicada implícitamente, pero las siguientes consideraciones pueden tener cierta importancia en este respecto.  
20

25                   Cuando se alea un cuerpo semiconductor sobre una capa de contacto, el cuerpo y la capa, que nunca son perfectamente planos, solo se ponen en contacto inicialmente en tres puntos. La formación de una aleación del cuerpo y la capa se efectúa progresivamente desde estos puntos, lo que exige un cierto tiempo, y una temperatura relativamente alta, si no se quiere trabajar lentamente.  
30                   Usando un método según la invención, método que se podría



llamar, por lo tanto, de "unión por dispersión", la formación de la aleación no comienza en tres, o en un pequeño número de puntos, sino que se efectúa simultáneamente en todas las áreas en que las partículas de material semiconductor están dispersadas en la capa. Desde luego, especialmente en aquellas partículas que están situadas bajo el cuerpo semiconductor a unir a la capa de contacto, o situadas en relación muy próxima con él, contribuirá a la unión perfeccionada. Esto explicará también el hecho de que se haya obtenido un marcado perfeccionamiento del procedimiento de unir, con capas en las que el contenido de partículas de semiconductor dispersadas en el metal era mucho menor que el que sería necesario para conseguir una conversión de toda la capa en una aleación eutéctica.

Si un cuerpo de silicio se une de forma conocida con un substrato cubierto de oro, con ayuda de una aleación de oro y silicio, se consigue fácilmente que la aleación empiece a fundir en el punto eutéctico, es decir, a 370°C. Ahora bien, tan pronto como esta aleación empiece a mezclarse, por fusión, con el silicio, por una parte, y con el oro, por otra parte, el punto de fusión de la aleación así formada se eleva rápidamente, de manera que se han de usar altas temperaturas para asegurar que hay fusión en toda la superficie. El diagrama de fases que se muestra en la figura 5, tomado de la obra de Hansen titulada "Constitución de aleaciones binarias", New York, 1958, pág.232, muestra la rápida elevación de estos puntos de fusión.

Si, por otra parte, la capa de contacto está



constituída, por un metal que contiene partículas de material semiconductor, que, de esta forma, se aleará con dicho metal, podría haber tendencia a que esta aleación solo existiese por encima del punto eutéctico, y que entonces se produjera de forma rápida y sencilla.

5

Cuando se examina por el microscopio una sección del producto obtenido, se hallarán en la capa de contacto 31 (figura 4), además de la región 32 usual recristalizada, unas inclusiones 33 que pueden ser silicio, eutéctico de oro y silicio, o pequeños islotes de aleación de oro y silicio que tienen una composición distinta de la del eutéctico, tanto debajo del cuerpo semiconductor como en el costado del mismo. El tamaño de estas inclusiones 33 puede depender no solo del tamaño de las partículas de silicio depositadas, sino también de otros factores, por ejemplo condiciones de calentamiento y enfriamiento. Tales inclusiones pueden existir también cuando un cuerpo semiconductor se alea sobre una capa de contacto constituída solo por metal, pero están presentes exclusivamente debajo del cuerpo y en proximidad directa respecto al mismo. En un dispositivo semiconductor obtenido según este ejemplo del método de la invención, el material semiconductor, en forma de inclusiones o no, se hallaría distribuído en toda la capa de contacto, no sólo en la proximidad del cuerpo 30, sino por toda la superficie del disco 1, e incluso sobre los conductores 3 (figura 1). Usualmente se encuentran en la capa partículas de material semiconductor o eutéctico, incluso después de calentar por encima del punto eutéctico. Sin embargo, la deposición de partículas de semiconductor se puede evitar,

10

15

20

25

30



por ejemplo por enmascaramiento local, en las áreas en que podrían representar una interferencia, por ejemplo en el borde 5 (figura 1).

5 Si la capa de contacto se aplica por galvanoplastia, con ayuda de un campo eléctrico exterior, como sucede en el presente ejemplo, las partículas de material semiconductor se aplican, total o parcialmente, debido a fenómenos de electroforesis. Como se ha mencionado antes el metal de la capa de contacto se puede aplicar sin usar  
10 campos exteriores, por métodos de deposición química. Así se puede obtener una capa de contacto que contiene silicio, usando baños como los descritos por Minjer y Brenner en su artículo publicado en "Plating", vol. 44, diciembre de 1957, págs. 1297 a 1305, añadiéndose a dichos baños  
15 partículas de silicio. Se puede hacer uso, por ejemplo, de un baño cuya temperatura esté comprendida entre 95 y 100°C y que contiene, por litro de agua:

30 g de cloruro de níquel,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$   
10 g de fosfato sódico,  $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
20 25 g de ácido hidroxiacético,  $\text{HOCH}_2\text{-COOH}$   
1 g de silicio pulverulento suspendido.

En estos casos no se pueden esperar efectos de electroforesis. En consecuencia, las partículas de material semiconductor se depositan preferiblemente sobre superficies horizontales. Esto puede ser una ventaja en los  
25 casos en que es indeseable su presencia sobre otras superficies. Será evidente que si la galvanoplastia se efectúa usando un campo eléctrico exterior, es posible determinar las condiciones de trabajo, es decir, la posición  
30 de los electrodos y del substrato, y la dirección del cam-

5 po, de tal manera que la deposición tenga lugar preferi-  
blemente en una superficie determinada. Esta preferencia  
es aplicable a tanto el metal como las partículas de mate-  
rial semiconductor. Será evidente que es posible usar su-  
cesivamente un método en que se utilice un campo eléctri-  
co exterior y un método sin campo eléctrico exterior, o  
a la inversa.

10 La aplicación de capas de contacto por galvanoplas-  
tasia, para la manufactura de dispositivos semiconduc-  
tores, proporciona la ventaja de que la capa obtenida tie-  
ne alto grado de pureza, y que el método se efectúa a  
temperaturas relativamente baja. Además, el método según  
la invención se puede efectuar, en numerosos casos, con  
ayuda de aparatos existentes, ya que basta con añadir a  
15 los baños galvánicos usuales una cantidad adecuada de ma-  
terial semiconductor, en forma de polvo mantenido en sus-  
pensión. Además, este método proporciona la ventaja de que  
la distribución de las partículas de semiconductor por to-  
da la capa de metal se puede controlar fácil y eficaz-  
mente.

20 Si se desea depositar partículas de un material  
semiconductor que no sea lo bastante estable en baños  
galvánicos, tal como fosfuro de aluminio y arseniuro de  
aluminio, el metal se puede depositar, preferiblemente  
en estado seco, por ejemplo por evaporación o por atomiza-  
25 ción catódica, mientras se hace que las partículas de ma-  
terial semiconductor se depositen simultánea o intermi-  
tentemente, por ejemplo por gravedad, sobre la capa metá-  
lica formada o que se está formando.

30 Las capas de contacto según la invención se



pueden depositar también en cuerpos semiconductores. Esto se puede efectuar por un método que solo difiere muy ligeramente del método conocido para la aplicación de capas de un solo material, aplicadas por galvanoplastia.

5                   Para aplicar una capa consistente en oro y silicio, a un cuerpo de cristal único de silicio, por ejemplo, se evapora preferiblemente en primer lugar, en un cuerpo 40 de silicio, una muy delgada capa 41 de oro (figura 6), cocida por calentamiento a aproximadamente 600°C durante algunos minutos. Esta capa sirve para perfeccionar la adherencia de una capa 42 de contacto (figura 7), que se puede aplicar mediante el baño de sales de oro antes descrito, y que contiene partículas 43 de silicio (figura 7). El cuerpo así obtenido se puede dividir, si se desea, en pequeños trozos que se pueden unir a un sustrato. La presencia de silicio en la capa de oro facilita y acelera el flujo y la adherencia de la capa de contacto a una temperatura relativamente baja; además, también limita la cantidad de silicio que se disuelve en la capa desde el cuerpo 40. El cuerpo 40 puede estar preliminarmente provisto de determinadas estructuras, y comprender, por ejemplo, un circuito integrado o un cierto número de estos circuitos.

15                   Análogamente, se puede aplicar un contacto de oro en una ventana formada en una capa aislante que cubre un cuerpo semiconductor, al efectuar el procedimiento llamado "planar".

25                   En la figura 8 se muestra un cuerpo 50 semiconductor de silicio, del tipo n, en el que está aplicada, de la forma usual, una capa 51 de óxido de silicio, que



comprende una ventana 52. Por difusión de boro, se hace que el silicio situado debajo de la ventana forme una región 53 del tipo p, que tiene una profundidad de, por ejemplo, 30 micras (figura 9).

5                   Después de la evaporación de una capa delgada de oro (que no se muestra) en la ventana, y sinterización a aproximadamente 600°C durante varios minutos, se deposita, de la forma ya descrita, una capa 54 de contacto de oro, que contiene partículas de silicio. Luego se ha de  
10                   usar como cátodo el cuerpo 50 (figura 10). Además, se puede evitar que el oro o silicio se depositen en áreas indeseables, usando una técnica de enmascaramiento.

                  En tal caso, puede ser ventajoso impurificar preliminarmente el silicio pulverulento con boro. una  
15                   capa 55 análoga, pero impurificada con antimonio, se puede aplicar a la superficie 56 inferior del cuerpo. Las capas 54 y 55 se pueden alejar al cuerpo 50, por breve sinterización a 410°C. En este caso, es muy importante que la aleación 54 de oro y silicio que se forma no penetre pro-  
20                   fundamente en la muy delgada región 53. Para este fin, la concentración de partículas de semiconductor en el metal puede ser mayor que la usada en una capa para unir un cuerpo semiconductor a una base (figura 4). Dado que esta penetración se ha de efectuar muy regularmente, puede ser  
25                   ventajoso que las partículas de silicio a depositar en esta capa sean muy pequeñas y de tamaño uniforme.

                  Si es necesario, la capa de contacto se puede aplicar a un sustrato provisional. Si el metal se aplica por galvanoplastia, se puede utilizar para este fin, como  
30                   se muestra diagramáticamente en la figura 11, por ejemplo



un substrato 60 de acero inoxidable pulido, del cual, como es bien sabido, se suelta fácilmente un depósito electrolítico. También se puede usar un substrato de vidrio que haya sido previamente metalizado. Cuando se usa uno de los baños previamente mencionados, se puede aplicar a este substrato una capa 61 de contacto que contiene partículas 62 de material semiconductor. La figura 11 muestra con más detalle una capa de contacto cuyas regiones 63 y 64 superficiales, situadas a ambos lados de la capa, no contienen partículas de material semiconductor, la cual se obtiene depositando solo metal puro al principio y al fin de la operación. Después de haber separado la capa 61 en forma de hoja delgada, del substrato 60 provisional, se puede dividir en pequeños discos, tiras o alambres, sin dificultades, ya que el metal puro es lo suficientemente dúctil. Así, por ejemplo, una capa de contacto constituida por partículas de oro y silicio es dúctil en tal medida que se puede transformar fácilmente en pequeños discos, mientras que es muy difícil obtener y tratar una capa delgada manufacturada con los mismos materiales, pero por aleación.

Partiendo de una capa delgada así obtenida, es posible, más en particular, troquelar discos 70 (figura 12), que se pueden disponer entre un cuerpo 71 semiconductor y una base 72, que se pueden ensamblar subsiguientemente por calentamiento del todo durante breves instantes (figura 13). En general, numerosas partículas 62 de material semiconductor, presentes al principio, son disueltas en el curso de esta operación, o provocan la formación de inclusiones 73 constituidas por una aleación



184 FEB

de oro y silicio.

En lo que antecede se han considerado capas de contacto constituídas por oro y silicio, ya que, por una parte, los cuerpos de silicio se usan a menudo en dispositivos semiconductores, y por otra parte se usa a menudo el oro como contacto sobre silicio, así como para cubrir ciertas partes de las envolventes de los substratos de cuerpos semiconductores, miembros de suministro de corriente para los electrodos, etc. Será evidente que la invención no está limitada a esta combinación de materiales.

En la tabla siguiente se presentan otros varios ejemplos de combinaciones de metales y semiconductores. Las temperaturas indicadas entre paréntesis son los puntos de fusión aproximados de los elementos, hallándose las temperaturas eutécticas en los cruces entre las filas y las columnas.

	<u>Ag (960°C)</u>	<u>Al (660°C)</u>	<u>Au (1063°C)</u>	<u>Co(1495°C)</u>	<u>Ni(1453°C)</u>
Ge (945°C)	651°C	424°C	356°C	810°C	775°C
20 Si (1415°C)	830°C	577°C	370°C	1195°C	806°C

Las aleaciones de oro y plata, por una parte, con germanio o silicio, por la otra, forman eutécticos claramente caracterizados. El aluminio también permite obtener aleaciones de bajo punto de fusión, pero este metal, debido a ser oxidable, no es tan adecuado como los precedentes para obtener capas de contacto. El cobalto y níquel se especifican en esta tabla, entre otras cosas, debido a la ventaja de que se pueden aplicar fácilmente por métodos "sin electricidad".

Se debe observar además que también es posible

336799



combinar la capa de contacto con otras capas, sin salir del ámbito de la invención. Así, es posible, por ejemplo, aplicar una capa de oro a una capa de níquel obtenida por deposición química, y que comprende partículas de un material semiconductor. A la inversa, es posible, más en particular, aplicar una capa constituida por oro y partículas de silicio, a un substrato revestido de níquel.

Además, se debe observar que la deposición metálica puede comprender varios metales depositados simultáneamente, y que las partículas de semiconductor se pueden originar de varios materiales semiconductores diferentes.

Será evidente que se pueden hacer modificaciones en las realizaciones que se acaban de describir, principalmente por utilización de medios técnicos equivalentes, sin salir del ámbito de la presente invención.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Francia el 16 de febrero de 1.966, bajo el número 49.866, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

25

#### N O T A

30

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

330767



1.- Método para manufacturar una capa de contacto para dispositivos semiconductores, tal como transistores, circuitos semiconductores integrados y diodos, la cual capa contiene un metal y un material semiconductor, caracterizado porque el metal se aplica al substrato en forma de capa coherente, y que, durante esta operación, se aplican simultáneamente partículas de material semiconductor susceptibles de alearse con el metal, efectuéndose la deposición a una temperatura menor que aquella a la que el metal y el material semiconductor se alean entre sí, e incluyéndose, al menos en parte, las partículas de este material semiconductor en el metal aplicado.

2.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la capa de contacto, después de haber sido puesta en contacto mecánico con otra parte del dispositivo semiconductor, se calienta a una temperatura a la que el metal y el material semiconductor se alean entre sí.

3.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el metal se aplica por galvanoplastia.

4.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque durante la galvanoplastia se usa un campo eléctrico exterior.

5.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la deposición del metal se obtiene por deposición "sin electricidad".

6.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el metal se aplica por deposición por evaporación.

336799

4 FEB 1967



7.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el metal se aplica por deposición catódica.

5 . 8.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la gravedad ayuda a la deposición de las partículas de material semiconductor.

10 9.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el substrato está constituido por un metal cuyo coeficiente de expansión térmica corresponde al de los semiconductores usuales.

10.- Método según cualquiera de los puntos precedentes, caracterizado porque el substrato está constituido por un cuerpo semiconductor.

15 11.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el substrato está constituido por un material cerámico.

20 12.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizado porque la capa de contacto se aplica a aquella parte del cuerpo semiconductor que se destina a ser conectada a otro substrato.

25 13.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa de contacto se deposita en una ventana formada en una capa aislante, por ejemplo una capa de óxido que cubra a un cuerpo semiconductor.

30 14.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa de contacto se aplica a un substrato provisional, y luego se separa del mismo, en forma de capa delgada.

3750



15.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el metal a depositar es oro.

5 16.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el metal a depositar es plata.

17.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el material semiconductor es silicio.

10 18.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el material semiconductor es germanio.

15 19.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las partículas de material semiconductor se muelen en presencia del electrolito usado luego.

20.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el metal y material semiconductor forman un auténtico de nítido carácter.

20 21. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el tamaño de las partículas de material semiconductor es menor de 5 micras.

25 22.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la cantidad de material semiconductor dispersado en la capa de metal es al menos 0,001% en volumen con relación al metal.

30 23.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la cantidad de material semiconductor dispersado en la capa de metal es al menos 0,01% en volumen con relación al metal.



24.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la cantidad de material semiconductor dispersado en la capa de metal aplicada es menor que, o como máximo igual, a la cantidad correspondiente a la formación del eutéctico en cuestión,

25.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el metal depositado contiene elementos impurificados.

26.- Métodos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las partículas de material semiconductor contienen elementos impurificadores.

27.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las partículas de silicio son impurificadas con boro.

28.- Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa de contacto es aleada sobre un cuerpo semiconductor constituido por el mismo material que las partículas de semiconductor contenidas en dicha capa.

29.- Capa de contacto destinada a un dispositivo semiconductor, obtenida por uno de los métodos reivindicados en las reivindicaciones precedentes.

30.- Substrato para un cuerpo semiconductor, más en particular un fondo para la envolvente de un cuerpo semiconductor, cubierto, al menos en parte, por una capa de contacto constituida por una capa metálica coherente en la que están incluidas partículas de material semiconductor.

31.- Método para manufacturar una capa de contac-



14 FEB

to para dispositivos semiconductores.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintinueve hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

14 FEB 1967

P.A.

*[Handwritten signature]*  
Elizabet  
For P.A.

336799

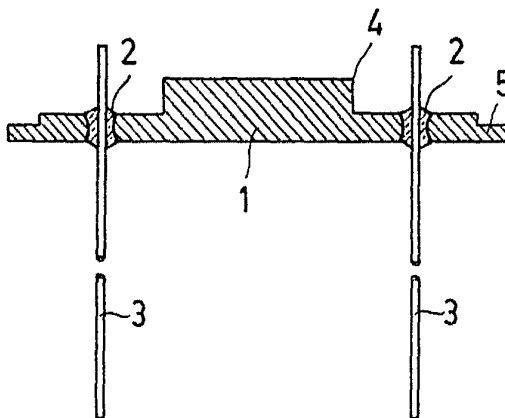


FIG. 1

336 200

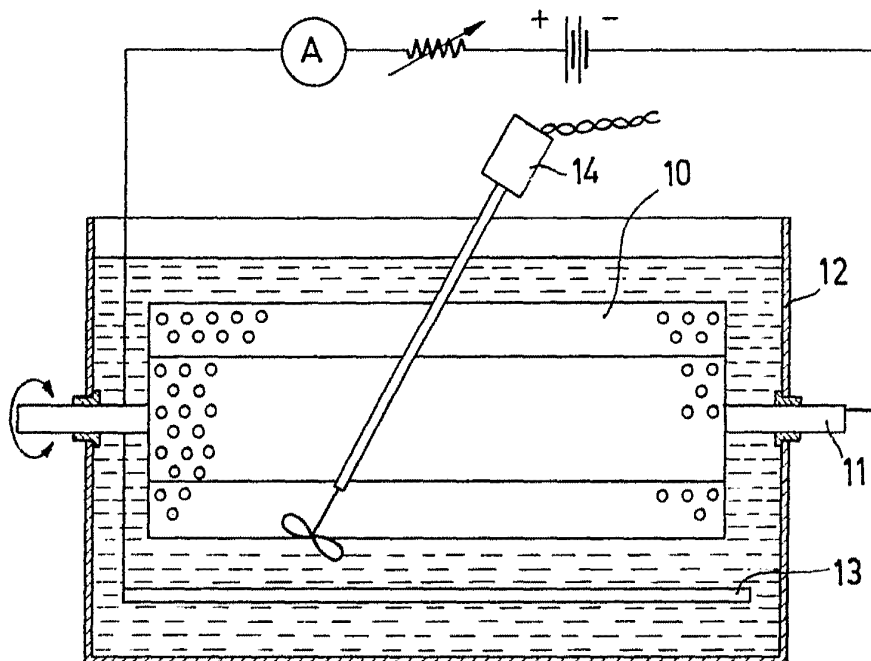


FIG. 2

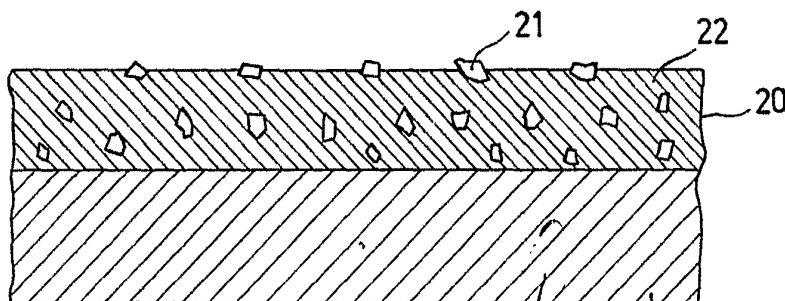


FIG. 3

*Wick*

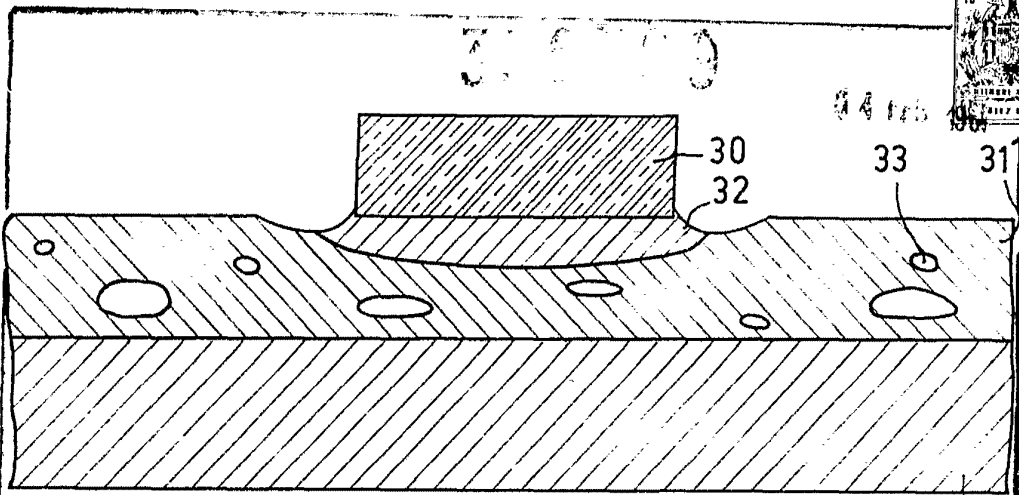


FIG. 4

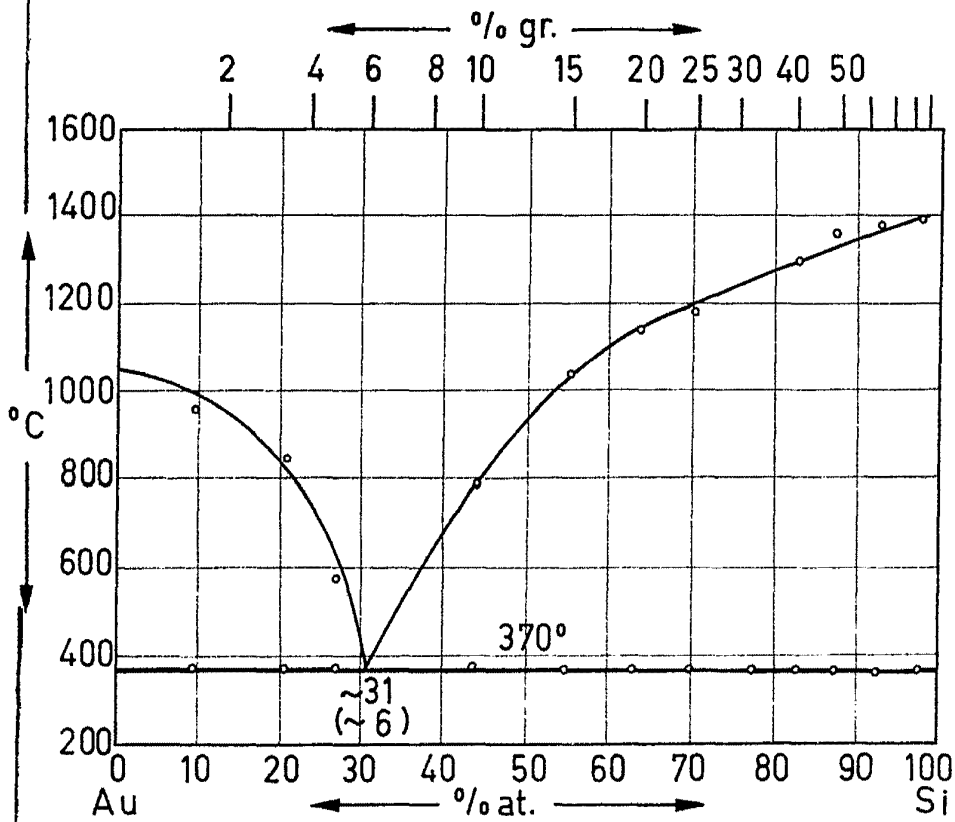


FIG. 5

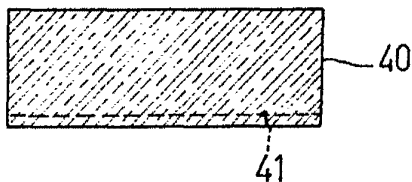


FIG. 6

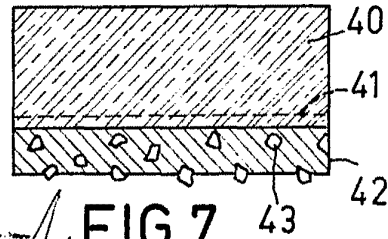


FIG. 7

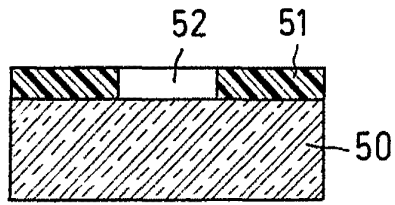


FIG. 8

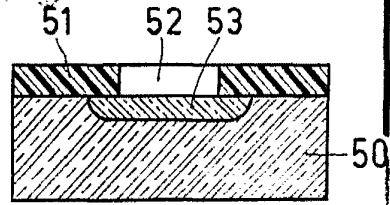


FIG. 9

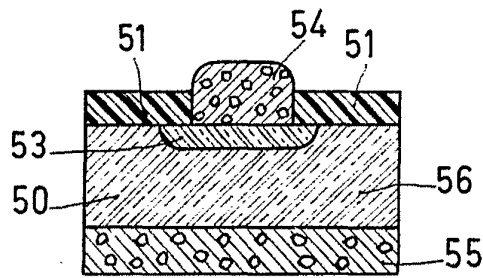


FIG. 10

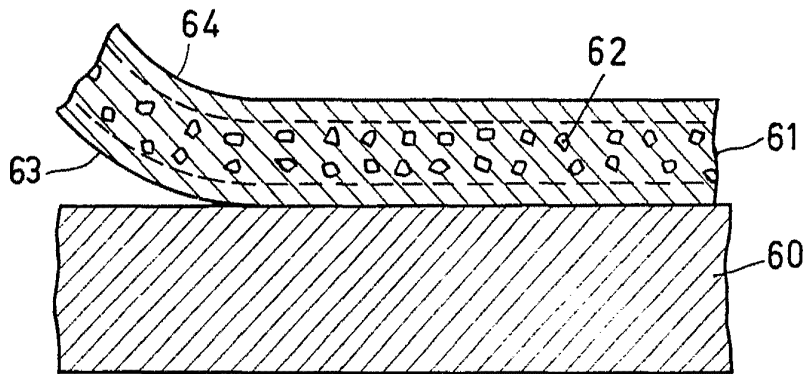


FIG. 11

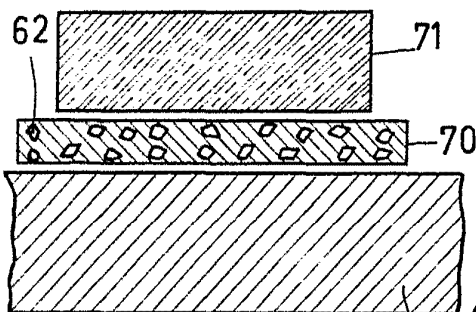


FIG. 12

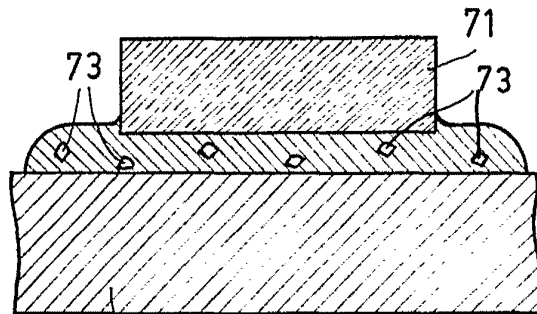


FIG. 13

*Handwritten signature or scribble at the bottom center of the page.*