

360290

PATENTE DE INVENCION

File F-1026-Sp.



Memoria Descriptiva

sobre:

"Perfeccionamientos en la construcción
de dispositivos semiconductores"

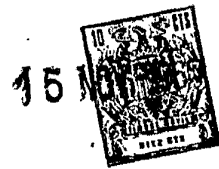
==.==.==.==.==.==.==.==.==.==

Solicitante FAIRCHILD CAMERA & INSTRUMENT CORPORATION, entidad nortea-
mericana, residente en 300 Robbins Lane, Syosset, Long
Island, New York, EE.UU. de A.

==.==.==.==.==.==.==.==.==.==

Esta invención se refiere a contactos óhmicos en
dispositivos semiconductores.

Anteriormente, ha sido un problema el realizar
en forma consistente buenos contactos óhmicos con algunas
5. regiones semiconductoras de escasa profundidad. El proble-



- ma se presenta, por ejemplo, en dispositivos semiconductores planares de silicio, tales como los que son ordinariamente formados con contactos de aluminio. Aun cuando la temperatura de empalme o unión no exceda de la temperatura eutéctica del aluminio-silicio, que es de aproximadamente 575°C ., pueden presentarse cortos circuitos en los empalmes. Un tipo de región en el que este problema de contactos aparece frecuentemente es la región emisora de un transistor que es de escasa profundidad (por ejemplo, de 0,5 micras de profundidad y de una anchura aproximada de 0,0025 milímetros). El contacto es frecuentemente formado a través de la abertura o ventanilla de la máscara de difusión sin utilizar una máscara separada de contacto, haciéndose referencia a tales regiones con el término "emisores lavados". El grado al que ocurren cortocircuitos en los empalmes o conexiones es variable e impredecible.
- 5.
- 10.
- 15.

Actualmente ha sido reconocido que los contactos de aluminio anteriormente utilizados, así como la metalización empleada para las interconexiones o adaptadores de empalme que se extienden sobre óxido en las porciones adyacentes de la superficie, contienen cantidades de silicio difundido hasta el límite de solubilidad del silicio en aluminio, el cual es de aproximadamente 2% en peso.

20.

También se ha reconocido que los cortocircuitos en los empalmes o conexiones son el resultado de un fenómeno llamado "clavazon o corriente de fuga", por virtud del cual se extienden proyecciones de aluminio por debajo del óxido en la superficie del dispositivo.

25.

Esta invención proporciona un método mejorado pa-

30.



15 NOV. 1953

5. ra hacer contactos óhmicos con dispositivos semiconductores, siendo particularmente ventajoso para hacer contactos con regiones de escasa profundidad. La invención elimina el problema de la presencia de corriente de fuga, por ejemplo, en dispositivos de silicio con contactos de aluminio.

10. De acuerdo con esta invención, la fabricación y metalización de dispositivos puede llevarse a cabo igual que en el pasado, haciéndose, sin embargo, el depósito adicional de una capa de material semiconductor antes del depósito del metal de contacto. En el caso de dispositivos planares de silicio, por ejemplo, una vez que las aberturas o ventanillas de contacto son formadas a través de la capa de óxido, se deposita una capa de silicio, tal como mediante evaporación al vacío, depositando enseguida
15. una capa de aluminio tal como se aplicó previamente, con el subsecuente calentamiento a la temperatura de empalme o unión. El contacto resultante, en su estructura, incluye una capa de aluminio en la superficie conteniendo una
20. cantidad considerable de silicio difundido, sirviendo la porción restante de la capa de silicio depositada, con la cual se ha empalmado o conectado aluminio para formar pasos conductores en contacto con la superficie del dispositivo, para proporcionar un buen contacto óhmico que tiene
25. baja resistencia de contacto, sin corriente de fuga.

30. Haciendo referencia a los dibujos, las Figuras 1 a 3 constituyen vistas en corte transversal de un dispositivo transistor en diversas etapas de la formación de contactos de acuerdo con la presente invención, estando las Figuras 2 y 3, en comparación con la Figura 1, agrandadas,

15 NOV 1968



ilustrando solamente una parte de la estructura, incluyendo el contacto emisor.

5. La Figura 1 ilustra un transistor de doble difusión, fabricado de acuerdo con la tecnología planar normal. En este caso se trata de un transistor de polaridad NPN (emisor y colector de tipo N y una base de tipo P), aun cuando la polaridad puede ser invertida. En una región de colector de tipo N, 10, se han difundido sucesivamente una región de base 12 de tipo P y una región de
10. emisor 14 de tipo N. La superficie del dispositivo es cubierta con una capa de material aislante 16, tal como bióxido silícico, el cual ha sido procesado hasta el punto de formar lo que se denomina una máscara de contacto, en la cual todas las porciones de la superficie del dispositivo están cubiertas, salvo en los lugares en los que se desean contactos óhmicos. Aparecen ilustradas aberturas
15. 18 dentro de la capa aislante, en las posiciones deseadas para los contactos del emisor y de la base, siendo normal el caso en el que el contacto del colector se hace en la superficie opuesta del dispositivo, aunque cuando se desea hacerlo en circuitos integrados también puede hacerse sobre la misma superficie. El método de esta invención puede ser utilizado para formar un contacto determinado, o varios de ellos, con un dispositivo.
20. Normalmente, la etapa inmediatamente siguiente a la ilustrada en la Figura 1 consistiría en depositar una capa de metal sobre toda la superficie. Sin embargo, de acuerdo con esta invención, según se ilustra en la Figura 2, se deposita primeramente una capa 20 de material semiconductor, por ejemplo, silicio, por lo menos en las aberturas
25. 30.



5. turas de contacto y preferiblemente también sobre la superficie de óxido, después de lo cual se prosigue la metalización en la forma anteriormente conocida para proporcionar la capa de metal 22. Subsecuentemente a la metalización y al empalme o unión a una temperatura que puede ser la empleada en las técnicas anteriormente conocidas de formación de contactos de aluminio, los contactos, y cualquiera otra metalización deseada, son delineados mediante técnicas fotolitográficas.
10. La estructura de contacto resultante, ilustrada en la Figura 3, incluye una primera capa 20' inmediatamente adyacente a la superficie del dispositivo consistente del silicio con aluminio depositado, estando ambos unidos o empalmados entre sí de tal forma que hace contacto óhmico con la superficie del dispositivo, en tanto que sobre la porción expuesta del contacto permanece una capa 22' de aluminio, el cual, incidentalmente, también contiene algo de silicio que se ha difundido en dicha capa.
15. La capa depositada 20 puede ser no epitaxial, ocurriendo la deposición o depósito con el substrato a una temperatura relativamente baja (inferior a 800°C. y, preferiblemente, menor, tal como de 200° a 400°C.), la cual es lo suficientemente alta para formar buenos contactos con una capa depositada en forma continua sobre la superficie e inclusive sobre la capa de óxido. Tales temperaturas tampoco tienen efecto alguno apreciable con respecto al perfil de difusión en la estructura monocristalina existente. Inclusive el depósito al vacío sobre un substrato, a temperatura ambiente, resulta con éxito, especialmente en las regiones de tipo P, aun cuando se pre-
- 20.
- 25.
- 30.



fieren temperaturas algo más altas para lograr resultados más consistentes.

- No es necesario un entendimiento exacto del mecanismo por el cual opera la presente invención para lograr el éxito en llevarla a la práctica. Se cree que el silicio depositado puede impedir la disolución del silicio de la superficie del dispositivo al grado de inhibir la presencia de corriente de fuga. Sin embargo, se ha observado previamente que el uso de aleaciones de aluminio y silicio para la metalización de contactos, inclusive con grandes cantidades de silicio en la película depositada, no logra impedir la presencia de corrientes de fuga; así pues, el mecanismo por el cual se elimina la corriente de fuga mediante la práctica de esta invención no es aparente.
- 5.
- 10.
- 15.

- Se considera importante que la capa de silicio depositada tenga un espesor mínimo que en cierto grado depende del espesor de la capa de aluminio depositada subsecuentemente. Por ejemplo, para una capa de aluminio de aproximadamente media micra de espesor es necesario que la capa de silicio depositada sea de por lo menos 200 angstroms, aproximadamente, en tanto que para una capa de aluminio de aproximadamente 1 micra de espesor la capa de silicio depositada deberá ser de por lo menos 300 angstroms. El aluminio puede tener varias veces el espesor antes citado, si el silicio tiene por lo menos 400 angstroms de espesor, aproximadamente. Otras cualidades del silicio depositado que son adecuadas para formar buenos contactos óhmicos de acuerdo con los métodos de esta invención consisten en que dicho material sea amorfo
- 20.
- 25.
- 30.



o policristalino, aunque la invención puede ser llevada a la práctica a pesar de que se presente algún crecimiento o desarrollo epitaxial. El hecho de que no sean necesarias condiciones críticas para el crecimiento o desarrollo epitaxial consistentemente exitoso, constituye una ventaja de la invención.

5.

Se cree que en la estructura de contacto resultante la capa de silicio se adelgaza debido a su disolución en el aluminio. Existen pruebas de que la porción restante se caracteriza por tener áreas de silicio que aparecen en la forma del silicio original, habiendo, sin embargo, algunas otras áreas de material recristalizado enriquecido con aluminio, las cuales se extienden a través de la capa de silicio depositada y entran en contacto con la superficie original del dispositivo, en la cual se presentan porciones recristalizadas adicionales tal como en la anterior metalización.

10.

15.

20.

25.

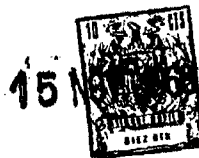
30.

La capa de silicio puede ser depositada mediante técnicas tales como evaporación al vacío o por reacción de descomposición con vapor. La evaporación al vacío es conveniente en la formación de capas de alta resistividad. Sin embargo, en otros aspectos puede ser preferible emplear una reacción de descomposición con vapor con la presencia de una impureza, a fin de proporcionar una capa adicionada o hecha más densa (por ejemplo, del tipo opuesto al del cuerpo semiconductor original), la cual puede ser utilizada como una fuente de difusión para formar una región difusa de escasa profundidad en la estructura del dispositivo, si se le somete a un ciclo de calentamiento apropiado.



- Pueden utilizarse materiales que tengan propiedades cristalográficas y eléctricas similares a las del silicio para la capa depositada, por ejemplo, el germanio. Sin embargo, la facilidad de obtención y de aplicación de las capas de silicio, especialmente en la fabricación de dispositivos de silicio, hace que su uso sea mayormente preferido. Además, pueden emplearse otros materiales de contacto conocidos, tales como titanio, oro, cromo y otros, aunque se considera como una ventaja de la presente invención el hecho de que puede ser empleada con la técnica de fabricación de semiconductores que tiene mayor uso actualmente, es decir, la de dispositivos planares de silicio con contactos de aluminio, requiriendo la invención para tal efecto solo pequeños cambios en la tecnología de fabricación anteriormente conocida.
- 5.
- 10.
- 15.

- Existen claras ventajas inherentes a la invención al aplicarse a empalmes o contactos de escasa profundidad, habiéndose logrado un éxito considerable en la formación de contactos en empalmes que tienen profundidades inferiores a 1.000 angstroms. Sin embargo, no constituye esto el límite de las ventajas de la invención. Por ejemplo, los estudios preliminares indican que puede haber una mejora en la resistencia más baja de los contactos óhmicos formados de acuerdo con esta invención, indicándose de esa manera que sí existe justificación para aplicar esta técnica inclusive a dispositivos semiconductores que tienen empalmes o conexiones relativamente profundos, en particular a aquellos que normalmente se consideran como dispositivos de energía o de potencia.
- 20.
- 25.
- 30.



tencia, en los cuales es deseable tener la mayor capacidad posible de conducción de corriente.

5. La invención permite una amplia selección de metales de contacto, mayor que antes, incluyendo aquellos que se sabe que se adhieren bien al silicio pero no tan bien al bióxido silícico. El oro es uno de tales metales que puede ser deseable para este propósito, de tal forma que se permita el uso de un sistema de contactos y líneas conductoras totalmente de oro evitándose las reacciones metalúrgicas del aluminio con el oro.

10. En la práctica de esta invención, el calentamiento para empalmar o unir el metal mediante penetración a través de la capa depositada de material semiconductor, puede ser producido ya sea antes o después del levantamiento o eliminación selectivos, tal como mediante técnicas fotolitográficas, del metal para definir los contactos, las interconexiones y los adaptadores de empalme o conexión. Es sabido que la "pre-aleación", es decir, la realización de la operación de empalme o unión antes del levantamiento selectivo, tiene un efecto mejorador de las características del dispositivo. La práctica anterior de dicha técnica con empalmes o conexiones de escasa profundidad no fué muy exitosa, pero mediante esta invención se hacen ahora posibles los resultados consistentemente buenos.

20. Los siguientes ejemplos más específicos de la invención se proporcionan a manera de ilustración:

25. Se fabricaron transistores bipolares empezando con un cuerpo de silicio monocristalino de tipo N, en el cual la base de tipo P y la región emisora, respectivamente.

15 NOV. 1968

- mente, fueron difundidos sucesivamente a través de máscaras de bióxido de silicio. La base fué difundida a una profundidad de aproximadamente 0,3 micras, con una concentración en la superficie de aproximadamente 2×10^{19} átomos por centímetro cúbico. El emisor tenía la forma de una banda o franja de una anchura aproximada de 0,0025 milímetros. El emisor fué difundido sin reoxidación intencional de la superficie y la abertura o ventanilla del contacto del emisor fué abierta mediante un grabado rápido en ácido fluorhídrico (HF) diluido. La ventanilla o abertura para el contacto de la base fué abierta mediante la aplicación de material fotoresistente y grabado. Una capa de silicio fué depositada sobre toda la superficie, incluyendo dentro de las aberturas o ventanillas de contacto, mediante evaporación al vacío partiendo de una fuente que tiene trozos de silicio, en tanto que el substrato estaba a una temperatura de aproximadamente 300°C . La deposición se continuó durante algún tiempo para producir una capa de un espesor aproximado de 400 angstroms. Una capa de aluminio de un espesor aproximado de 0,5 micras fué evaporada al vacío sobre la capa de silicio siguiendo las técnicas usuales. La estructura fué entonces calentada a una temperatura de aproximadamente 550°C . durante alrededor de 2 minutos, después de lo cual el aluminio fué levantado o eliminado fotolitográficamente, salvo en las áreas de contactos y de adaptadores conectores o de empalme. El silicio expuesto fué entonces levantado o eliminado mediante un grabado ligero de silicio. Después fué formado sobre la superficie opuesta un contacto convencional de colector.
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.
 - 30.



Se fabricó un gran número de dispositivos en la forma indicada, simultáneamente. Las pruebas eléctricas demostraron que los contactos eran satisfactorios, teniendo una mayor eficiencia que la que se había experimentado con la aluminización directa en dispositivos que, por lo demás eran similares a los presentes.

5.

Se han formado contactos en diodos y transistores de ambas polaridades que tenían profundidades de conexiones o empalmes tan escasas como de aproximadamente 600 angstroms, aplicándose con éxito a ellos el presente método y considerándose probable la formación de contactos, mediante dicho método, en regiones aún menos profundas.

10.

15.

Aun cuando la invención ha sido ilustrada o descrita solamente en unas cuantas formas, es aparente que pueden hacerse modificaciones adicionales a la misma sin salirse de su espíritu y alcance.

N O T A

20.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una

25.

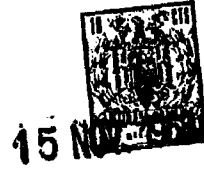
solicitud de patente presentada en Norteamérica con el nº Ser. No. 683.363 de 15 de Noviembre de 1967, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre:

30.



"PERFECCIONAMIENTOS EN LA CONSTRUCCION DE DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES", caracterizándose por lo siguiente:

- 1.- Perfeccionamientos en la construcción de dispositivos semiconductores, caracterizados porque
5. dichos dispositivos comprenden un cuerpo monocristalino de material semiconductor que incluya una primera región de un primer tipo de conductividad, un primer contacto óhmico sobre dicha primera región constituido por una primera capa de material semiconductor en contacto con dicha región y una segunda capa de metal con
10. ductor que se une o empalma a dicha primera capa para hacer contacto con dicha primera región.
- 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque dicha primera capa es de silicio y dicha primera región se extiende a una profundidad de aproximadamente 2.000 angstroms o menos.
15.
- 3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque dicho cuerpo mono-cristalino es de silicio, dicha primera capa es de silicio no epitaxial y dicha segunda capa es de aluminio.
20.
- 4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 3, caracterizados porque dicha primera capa tiene un espesor de por lo menos 200 angstroms, aproximadamente.
- 5.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque dicha primera región se dispone dentro de una segunda región de un segundo tipo de conductividad, la cual tiene también un segundo contacto óhmico igual a dicho primer contacto óhmico.
25.
- 6.- Perfeccionamientos según reivindicaciones anteriores, caracterizados porque para formar los con-
30.



- tactos en dichos dispositivos se forma una abertura en una capa de material aislante sobre una superficie del dispositivo, se deposita una primera capa de material semiconductor por lo menos dentro de los límites de dicha abertura, se deposita una segunda capa de metal conductor sobre dicha primera capa y se calienta para unir dicha segunda capa a dicha primera capa y hacer en tal virtud contacto óhmico con dicha primera región.
5. 7.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque dicha abertura se forma en una capa de óxido de silicio sobre una superficie de silicio monocristalino, dicha primera capa se deposita formando silicio no epitaxial en una capa de por lo menos 200 Angstroms de espesor, dicha segunda capa se deposita mediante evaporación de aluminio; y dicho calentamiento se efectúa a una temperatura dentro del margen de aproximadamente 300°C a aproximadamente 565°C .
10. 8.- Perfeccionamientos según la reivindicación 7, caracterizados porque dicha primera capa es formada mediante evaporación de silicio manteniéndose dicho dispositivo a una temperatura inferior a 800°C , teniendo dicha primera capa por lo menos 300 Angstroms de espesor, y dicha segunda capa tiene por lo menos 100 Angstroms de espesor.
15. 9.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque dicho material semiconductor de la primera capa tiene una resistividad sustancialmente más alta que dicha primera región.
20. 10.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque dicho material semiconductor de
- 25.
- 30.

15 NOV 1960

la primera capa se carga con impurezas.

5. 11.- Perfeccionamientos según la reivindicación 10, caracterizados porque dicha primera capa se deposita con impurezas que la hacen de un tipo de conductividad opuesto al del material adyacente en dicha superficie de dispositivo y, antes de depositar dicha segunda capa de metal, el dispositivo se calienta para difundir impurezas de dicha primera capa a dicho dispositivo para formar una unión o empalme PN.

10. 12.- Perfeccionamientos en la construcción de dispositivos semiconductores, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en los dibujos adjuntos.

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

Madrid,

FAIRCHILD CAMERA & INSTRUMENT CORPORATION.

15 NOV 1960

J. GOMEZ ARBO Y MODEI
C. de Firmas: F. Hernández Ruiz

360290



FIG. 1

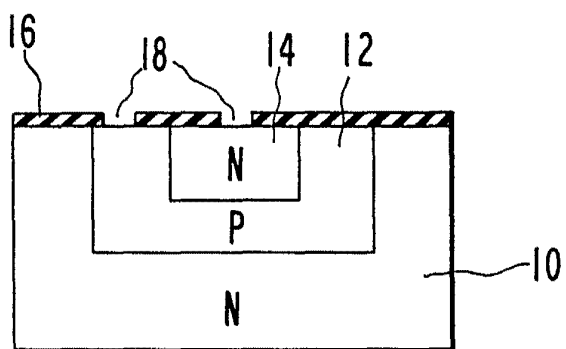


FIG. 2

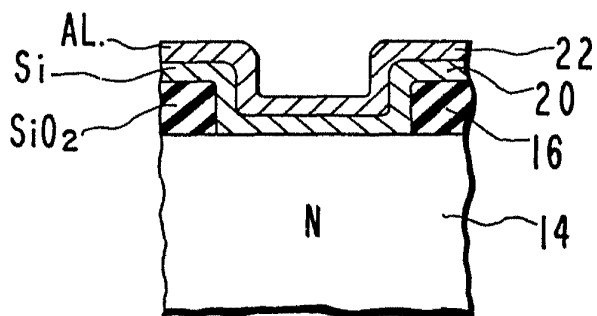


FIG. 3

