



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 334 526**

51 Int. Cl.:
H01L 31/068 (2006.01)
H01L 27/142 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99925702 .5**
96 Fecha de presentación : **19.05.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **1008188**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.06.2000**

54 Título: **Procedimiento y aparato para aumentar la sensibilidad de un receptor de satélite de posicionamiento global.**

30 Prioridad: **28.05.1998 US 87206 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.03.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.03.2010

73 Titular/es: **Emcore Solar Power, Inc.**
10420 Research Road SE
Albuquerque, New Mexico 87123, US

72 Inventor/es: **Ho, Frank;**
Yeh, Milton, Y.;
Chu, Chaw-Long y
Iles, Peter, A.

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 334 526 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 y aparato para aumentar la sensibilidad de un receptor de satélite de posicionamiento global.

5 **Antecedentes de la invención****Campo de la invención**

La presente invención versa acerca de células solares.

10

Descripción de la técnica relacionada

Las células fotovoltaicas, denominadas comúnmente células solares, son dispositivos bien conocidos que convierten la energía solar en energía eléctrica. Hace mucho tiempo que vienen usándose células solares para generar energía eléctrica tanto en aplicaciones terrestres como espaciales. Las células solares ofrecen varias ventajas con respecto a fuentes de energía más convencionales. Por ejemplo, las células solares ofrecen un procedimiento limpio para generar electricidad. Además, las células solares no tienen que ser recargadas de combustibles fósiles. En vez de ello, las células solares son alimentadas por la energía virtualmente ilimitada del sol. Sin embargo, el uso de células solares ha estado limitado, porque las células solares son un procedimiento relativamente caro de generar electricidad. No obstante, la célula solar es un dispositivo atractivo para generar energía en el espacio, en el que no están disponibles las fuentes convencionales de energía de bajo costo.

Típicamente, las células solares se montan en conjuntos de células solares conectadas entre sí en serie o en paralelo, o en una combinación serie-paralelo. El voltaje y la corriente de salida deseados determinan, al menos en parte, el número de células en un conjunto, al igual que la topología del conjunto.

Como es bien sabido en la técnica, cuando se iluminan todas las células de un conjunto, cada célula tendrá una polarización directa. Sin embargo, si una o más células están en la sombra (es decir, no iluminadas) por una antena de satélite o similar, la célula o células en la sombra pueden adquirir una polarización inversa, debido al voltaje generado por las células que no están en la sombra. La polarización inversa de una célula puede causar una degradación permanente en el rendimiento de la célula, o incluso una avería total de la célula. Para prevenir tal avería, se acostumbra proporcionar diodos protectores de derivación. Un diodo de derivación puede estar conectado entre los extremos de varias células, o, para una fiabilidad potenciada, cada célula puede tener su propio diodo de derivación. Las células solares de unión múltiple son particularmente susceptibles a avería cuando se las somete a un estado de polarización inversa. Así, las células de unión múltiple se benefician en particular de tener un diodo de derivación por célula. Convencionalmente, el diodo de derivación está conectado en una configuración antiparalela, con el ánodo y el cátodo del diodo de derivación conectados, respectivamente, con el cátodo y el ánodo de la célula solar, de modo que el diodo de derivación tenga una polarización inversa cuando las células estén iluminadas. Cuando una célula esté en la sombra, la corriente en la célula en la sombra se hace limitada y la célula en la sombra adquiere una polarización inversa. A su vez, el diodo de derivación conectado entre los extremos de la célula adquiere una polarización directa. La mayor parte de la corriente fluirá por el diodo de derivación, en vez de hacerlo a través de la célula en la sombra, permitiendo con ello que la corriente siga fluyendo por el conjunto. Además, el diodo de derivación limita el voltaje de polarización inversa entre los extremos de la célula en la sombra, protegiendo con ello a la célula en la sombra.

Se han usado diferentes procedimientos convencionales para proporcionar células solares con protección de diodos de derivación. Cada procedimiento convencional tiene sus inconvenientes. Por ejemplo, en un intento por proporcionar una protección por derivación aumentada, un procedimiento conlleva colocar un diodo de derivación entre células adyacentes, estando conectados el ánodo del diodo de derivación a una célula y el cátodo del diodo a una célula contigua. Sin embargo, este procedimiento requiere que las células puedan montarse en un conjunto antes de que pueda añadirse el diodo protector de derivación. Este procedimiento de montaje resulta difícil y es ineficiente. Además, este procedimiento requiere que los diodos de derivación sean añadidos por el montador del conjunto, no por el fabricante de las células. Además, este procedimiento requiere que las células estén lo bastante separadas como para dejar sitio para el diodo de derivación. Esta separación resulta en que el conjunto tenga un factor de compactación más reducido y, por lo tanto, en que el conjunto sea menos eficiente en base a la superficie.

Otra técnica convencional que proporciona un diodo de derivación para cada célula requiere que se forme un entrante en la parte posterior de la célula en la que se coloca un diodo de derivación. Cada célula está dotada de un primer contacto polarizado en la superficie frontal de la célula, y se proporciona un segundo contacto polarizado en la superficie posterior de cada célula. A continuación, debe soldarse un interconector con forma de "S" desde un contacto en la superficie posterior de una primera célula hasta un contacto de la superficie frontal de una célula contigua. Por ello, esta técnica requiere, desventajosamente, que las células estén lo bastante separadas como para dejar sitio al interconector, que debe pasar entre las células contiguas. Desventajas adicionales de este procedimiento incluyen la posibilidad de que se generen microgrietas durante la formación del entrante. Además, esta técnica requiere una gruesa capa de unión de adhesivo, añadiéndose con ello potenciadores de la tensión, al aumentar las tensiones generadas durante el ciclo de la temperatura. Además, la presente técnica convencional requiere que la conexión del interconector a la célula contigua sea realizada por el montador del conjunto, y no por el fabricante de la célula.

También se llama la atención al Resumen de Patentes de Japón, tomo 1997 N° 07, 31-07-1997, y el documento JP-A-09-064397 versa acerca de una célula solar y de un módulo de células solares. Este documento versa acerca de un problema que ocurre en un módulo de células solares que está compuesto de un semiconductor de silicio de cristal no simple. En tal módulo de células solares, con gran humedad, puede ocurrir una migración de iones metálicos a partir del sustrato metálico al material semiconductor de cristal no simple, degradándose así el comportamiento eléctrico de la célula solar.

El elemento de diodo actuaría como un diodo de derivación y está compuesto de un material de silicio de cristal no simple.

El documento US-A-5.405.453 se refiere a células solares de germanio/arseniuro de galio, y en particular a células solares apiladas para utilizar una gran porción del espectro solar. El documento no se refiere al uso de un diodo de derivación.

El documento US-A-5.330.583 se refiere a un módulo de baterías solares y da a conocer entre las células de baterías diodos de derivación en forma de chip que no están integrados en las células solares.

Conforme a la presente invención, se proporciona una célula solar de unión múltiple, tal como se expone en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas de la invención son dadas a conocer en las reivindicaciones dependientes.

En la presente invención, la célula solar es una célula de unión múltiple. La célula solar está formada al menos de materiales de los grupos III, IV o V. El diodo incluye al menos una capa de GaAs de tipo N y una capa de GaAs de tipo P. En otra realización, el diodo se forma usando materiales con salto de banda inferior, tales como el germanio o el InGaAs.

La célula solar incluye un sustrato de germanio (Ge). El sustrato de Ge puede incluir además una unión fotoactiva. El sustrato es un cristal simple.

En otra realización, un conductor en forma de presilla en C interconecta al menos un contacto de una célula solar con al menos un contacto de un diodo de derivación. En otra realización, se usa una capa metalizada de forma integral para interconectar al menos un contacto de una célula solar con al menos un contacto de un diodo de derivación. En aún otra realización, la capa metalizada de forma integral se deposita sobre una capa aislante para evitar que la capa metalizada de forma integral cortocircuite una o más capas adicionales.

Una sobrecapa conecta la célula solar. En otra realización no reivindicada en la presente patente, el diodo de derivación crece de forma epitaxial en una célula solar dotada de una o más uniones. La célula solar puede estar formada de al menos uno o más de los materiales siguientes: GaAs, InP, GaInP₂ y AlGaAs. En otra realización se usan otros compuestos de los grupos III-IV para formar al menos una porción de la célula solar.

Breve descripción de los dibujos

Estos y otros aspectos, ventajas y características novedosas de la invención se harán evidentes tras la lectura de la siguiente descripción detallada y con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la Figura 1 ilustra un primer paso de fabricación usado para construir una célula solar de unión múltiple como la mostrada en la Fig. 11 y la Fig. 12, respectivamente;

la Figura 2 ilustra un segundo paso de fabricación usado para construir una célula solar de unión múltiple como la mostrada en la Fig. 11 y la Fig. 12, respectivamente;

la Figura 3 ilustra un tercer paso de fabricación usado para construir una célula solar de unión múltiple como la mostrada en la Fig. 11 y la Fig. 12, respectivamente;

la Figura 4 ilustra un cuarto paso de fabricación usado para construir una célula solar de unión múltiple como la mostrada en la Fig. 11 y la Fig. 12, respectivamente;

la Figura 5 ilustra un quinto paso de fabricación usado para construir una célula solar de unión múltiple como la mostrada en la Fig. 11 y la Fig. 12, respectivamente;

la Figura 6 ilustra un sexto paso de fabricación usado para construir una célula solar de unión múltiple como la mostrada en la Fig. 11 y la Fig. 12, respectivamente;

la Figura 7 ilustra un séptimo paso de fabricación usado para construir una célula solar de unión múltiple como la mostrada en la Fig. 11 y la Fig. 12, respectivamente;

la Figura 8 ilustra un octavo paso de fabricación usado para construir una célula solar de unión múltiple como la mostrada en la Fig. 11 y la Fig. 12, respectivamente;

la Figura 9 ilustra un noveno paso de fabricación usado para construir una célula solar de unión múltiple como la mostrada en la Fig. 11 y la Fig. 12, respectivamente;

la Figura 10 ilustra un décimo paso de fabricación usado para construir una célula solar de unión múltiple como la mostrada en la Fig. 11 y la Fig. 12, respectivamente;

la Figura 11 ilustra una célula solar de unión múltiple no reivindicada en la presente patente y que incluye un interconector diferenciado;

la Figura 12 ilustra otra célula solar de unión múltiple no reivindicada en la presente patente y que incluye un interconector integral;

la Figura 13A ilustra una vista en perspectiva de una realización de la presente invención;

la Figura 13B ilustra con mayor detalle el diodo de derivación ilustrado en la Figura 13A;

la Figura 14A ilustra una realización de la presente invención con un diodo de derivación soterrado;

la Figura 14B ilustra la realización de la Figura 14A después de que se lleven a cabo acciones adicionales de fabricación;

la Figura 15A ilustra un primer procedimiento de interconexión de células solares; y

la Figura 15B ilustra un segundo procedimiento de interconexión de células solares.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La presente invención versa acerca de una célula solar con al menos un diodo integral de derivación. La célula solar puede ser una célula de unión simple o de unión múltiple. Como se expone más abajo, en un diseño no reivindicado, crece de forma epitaxial un diodo de derivación sobre una célula solar de unión múltiple. El dispositivo célula solar/diodo de derivación puede estar interconectado con otras células solares para formar cadenas de células solares en serie y/o en paralelo. Las cadenas pueden además estar conectas para formar un conjunto fiable y robusto de células solares. El conjunto de células solares puede montarse en un vehículo espacial, proporcionando con ello energía al vehículo espacial.

La Figura 1 muestra una secuencia de capas III-V 106-122 que crecen de forma secuencial sobre un sustrato de Ge 102 en una realización de la presente invención para formar una célula solar 100 de unión múltiple. El sustrato de Ge 102 puede además incluir una unión fotoactiva. En una realización, las capas crecen de forma epitaxial, lo que significa que replican la estructura cristalina simple del material. Los parámetros del crecimiento (temperatura de deposición, velocidad de crecimiento, composición de la aleación del compuesto y concentraciones de las impurezas dopantes) están preferentemente optimizadas para proporcionar capas con las cualidades eléctricas y el espesor deseados, para obtener con ello las prestaciones globales requeridas de las células. Las técnicas epitaxiales que pueden usarse para el crecimiento de las capas de las células incluyen, a título de ejemplo, la epitaxia MOCVD (deposición metalorgánica de vapores químicos), a veces denominada OMVPE (epitaxia organometálica en fase de vapor), la MBE (epitaxia por haces moleculares) y la MOMBE (epitaxia metalorgánica por haces moleculares).

En el diseño ilustrado, se hace crecer una capa base 106 de GaAs con dopaje N y que cubra al menos una porción del sustrato 102. En la superficie de contacto entre la capa 102 y la capa 106 se forma una unión fotoactiva. En un diseño, la unión fotoactiva es un heterodiodo N+GaAs/N+Ge. En otro diseño, se ha de hacerse crecer una configuración N/P, se usa un sustrato 102 de Ge de tipo P, y la difusión del As desde la capa 106 forma una unión N/P en el sustrato 102.

Tal como se ilustra en la Figura 1, una capa emisora 108 de GaAs con mucho dopaje P se hace crecer sobre al menos una porción de la capa base 106 de GaAs. La capa base 106 y la capa emisora 108 forman conjuntamente una etapa celular inferior. Una capa ventana 110 de AlGaAs muy dopada con P cubre la capa emisora 108. Se hace crecer un diodo túnel, que incluye las capas P y N 112, 114 muy dopadas, sobre la capa ventana 110. Sobre el diodo túnel se forma una etapa celular segunda o superior, que incluye una capa base 116 con dopaje N y una capa emisora 118 con mucho dopaje P.

En un diseño, las últimas dos capas que se hacen crecer para la célula solar son, respectivamente, una ventana 120 de AlGaAs con mucho dopaje P, que es una capa delgada transparente que pasiva (reduce la recombinación de portadores) la superficie de la capa emisora 118 de la célula superior (GaInP_2), y una sobrecapa 122 de GaAs, sobre la que se depositan los contactos óhmicos de la superficie frontal. En un diseño, los contactos están en forma de salientes de la retícula para equilibrar la resistencia eléctrica reducida y la elevada transparencia óptica. Sin embargo, también pueden usarse otros patrones de contacto. En el presente diseño, tal como se describe más abajo, el diodo integral de derivación está incluido en la estructura celular de crecimiento monolítico mediante el crecimiento de varias capas adicionales. La sobrecapa 122 es eliminada de manera selectiva entre las líneas de la retícula, y se depositan revestimientos antirreflejantes sobre la capa ventana superior 120.

Una persona con un dominio normal de la técnica entenderá que la célula solar 100, de tres células y tres uniones, ilustrada en la Figura 1 es solamente uno de muchos diseños posibles de célula que pueden usarse con la presente invención. En otro diseño, puede usarse una estructura complementaria, con las polaridades de una o más capas cambiadas (es decir, las capas con dopaje N tienen, en vez de ello, dopaje P, y las capas con dopaje P tienen, en vez de ello, dopaje N). Por ejemplo, las configuraciones de célula y diodo ilustradas en las figuras y presentadas más abajo pueden cambiarse de PIN a NIP. Además, pueden variarse las concentraciones de dopado o el espesor de las capas. Además, en otros diseños, la célula solar 100 puede incluir cuatro o más células fotovoltaicas, o únicamente una célula o dos. De modo similar, la célula solar puede incluir alternativamente una unión, o dos uniones o más. A título de ejemplo, en un diseño la célula 100 puede incluir cuatro uniones.

Además, la célula solar 100 puede incluir células fabricadas de otros materiales, como el AlGaAs o el InP. En otros diseños, el sustrato 102 puede formarse usando una variedad de materiales diferentes. Por ejemplo, la célula solar 100 puede usar otros semiconductores, como GaAs, Si o InP para el sustrato, en vez del sustrato 102 de Ge ilustrado en la Figura 1. Alternativamente, pueden usarse sustratos aislantes, como el zafiro. En uno, el sustrato 102 es un cristal simple. Si la célula solar 100 está concebida para su uso en el espacio, como en un vehículo o un satélite espaciales, entonces es preferible que los materiales de la célula sean de calidad espacial para el entorno espacial apropiado. Por ejemplo, la célula solar 100 y el diodo de derivación pueden contar con una calidad espacial para operar en un entorno de radiaciones AMO.

Ahora se describirá un procedimiento de fabricación del diodo de derivación. Tal como se ilustra en la Figura 2, el diodo 212 de derivación está incluido en la estructura de la célula solar usando cinco capas adicionales 202, 204, 206, 208, 210 a las que se hace crecer.

Tal como se ha descrito previamente, en un diseño, se empieza haciendo crecer las capas 106-122, que comprenden las porciones fotovoltaicas de la célula solar 100 de unión múltiple, y el ciclo de crecimiento continúa haciendo crecer las capas adicionales 202-210. A partir de la sobrecapa 122 de GaAs de tipo P usada para los contactos de la retícula frontal, las capas adicionales, en orden, son:

- la capa 202 de conexión, de GaAs, con mucho dopaje N, usada para reducir la resistencia de contacto con la capa N 206 de diodo de GaAs y con la sobrecapa 122 de GaAs fuertemente dopada.
- la capa 204 de parada del mordentado (AlGaAs o GaInP con mucho dopaje N), usada para permitir la eliminación por mordentado controlado de las tres capas 206-210 de diodo.
- la capa 206 de GaAs, con dopaje N, que comprende la parte dopada negativamente del diodo 212 de derivación.
- la capa 208 de GaAs, con dopaje P, que comprende la parte dopada positivamente del diodo 212 de derivación.
- la sobrecapa 210 de GaAs, con fuerte dopaje P, usada para proporcionar un buen contacto metálico con la placa 208, con dopaje P, del diodo 212.

Sin embargo, como apreciará una persona con un dominio normal de la técnica, otros diseños pueden utilizar un número diferente de capas, formadas a partir de diferentes tipos de materiales y dotadas de dopantes diferentes de los descritos más arriba. Por ejemplo, el uso de la estructura complementaria, es decir, N/P en vez de PIN, puede consistir similarmente en células solares N/P de unión múltiple y en un diodo N/P de derivación. Además, el diodo 212 puede formarse usando materiales de salto de banda inferior, como el germanio o el InGaAs. En otro diseño, puede omitirse la capa 202, dejando que la capa 204 proporcione la parada del mordentado y la conducción eléctrica.

Ahora se presentará una descripción de un procedimiento de fabricación de una oblea para formar un diseño. En el presente diseño, los pasos de fabricación se usan para hacer crecer, definir mediante mordentado de mesa e interconectar un diseño del diodo 212 de derivación en la célula 100 (de unión múltiple) de cascada.

En primer lugar, las capas fotoactivas de la célula solar y las capas de diodo ilustradas en la Figura 2 se hacen crecer de forma epitaxial usando tecnologías convencionales MOCVD y/o MBE. Tal como se ilustra en la Figura 3, la superficie frontal de la secuencia de capas a las que se hace crecer es protegida con una capa fotorresistente 302, que es expuesta a través de una fotomáscara (no mostrada) formada con un patrón para dejar las capas del diodo cubiertas con una capa protectora. Tal como se ilustra en la Figura 4, la sobrecapa 210 del diodo y las capas N y P 206, 208 del diodo son mordentadas hasta la capa 204 de parada del mordentado. El mordentado puede llevarse a cabo usando ácido cítrico calentado hasta 45°C. Tal como se ilustra en la Figura 5, la capa 204 de parada del mordentado es eliminada donde la capa fotorresistente 302 no enmascara, y quedan expuestas las porciones apropiadas de la capa 202 de conexión, de GaAs, con dopaje N. Si la capa 204 de parada del mordentado es de AlGaAs, entonces, en un diseño, el reactivo de mordentado puede ser ácido BHF (fluorhídrico tamponado). Si la capa 204 de parada del mordentado es de GaInP, entonces, en otro diseño, el reactivo de mordentado puede ser HCl. Tal como se ilustra en la Figura 6, la capa fotorresistente 302 se elimina usando acetona. Pueden usarse técnicas de microdecapado para eliminar cualquier capa fotorresistente que quede después del procedimiento de eliminación con acetona.

Una vez que es eliminada la capa fotorresistente 302, puede tener lugar el procedimiento de fabricación de los contactos frontales, incluyendo las operaciones de revestimiento fotorresistente, cocido, exposición, desarrollo, evaporación del metal y desprendimiento. Acto seguido, se aplica otra capa fotorresistente (no mostrada) sobre toda la superficie. Después se cuece la capa fotorresistente y se expone con una fotomáscara que deja zonas abiertas en las que han de ser depositados los contactos a las líneas de la retícula y las coronas de la superficie frontal, a una región pequeña expuesta de la capa 202 de GaAs con dopaje N, y a la sobrecapa 210 del diodo. Los metales, que incluyen predominantemente la Ag, son evaporados en las zonas expuestas y encima de la capa fotorresistente remanente. Además de las zonas 702, 704 de contacto ilustradas en la Figura 7, la capa fotoprotectora también proporciona ranuras abiertas en la capa fotoprotectora para proporcionar líneas de la retícula, y contactos de barra/corona con la célula. A continuación, se lleva a cabo un procedimiento de desprendimiento. La rebanada de la célula solar 100 es sumergida en acetona, causando que la capa fotoprotectora se hinche, y con ello se rompe la película metálica en todas partes, salvo en las zonas designadas para que mantengan los contactos, incluyendo los contactos 702, 704.

Tal como se ilustra en la Figura 8, los metales, que incluyen predominantemente la Ag, son evaporados sobre la superficie posterior del sustrato 102 de Ge para formar un contacto metálico posterior 802. A continuación, los contactos 702, 704, 802 son tratados térmicamente o sinterizados. Usando los metales de contacto 702, 704 como máscaras de mordentado, la sobrecapa 122 de GaAs es mordentada en la mayor parte de la superficie frontal expuesta, tal como se ilustra en la Figura 9. La sobrecapa 122 permanece bajo las áreas metalizadas, formando parte de un mecanismo de contacto de baja resistencia.

Tal como se ilustra en la Figura 10, los contactos metálicos 702, 704 en corona del diodo y los pequeños contactos mostrados alrededor del diodo 212 están protegidos con una máscara protectora, y sobre el resto de la superficie se deposita una capa antirreflejante 1002. Tal como se ilustra en la Figura 11, el contacto 702 superior, del lado P del diodo, está conectado al contacto posterior 802 de la célula (retícula N) mediante la unión con un interconector delgado 1102. Así, en un diseño, la conexión eléctrica entre la capa P 208 del diodo PIN 212 de GaAs y la parte posterior del sustrato 102 de Ge con dopaje N está formada por una presilla en C 1102 que está unido tanto al contacto frontal 702 del diodo como al contacto posterior 802 de Ge. Así, el diodo 212 de derivación está conectado entre los extremos de ambas células fotovoltaicas. En otros diseños, el diodo de derivación puede usarse para derivar una o más células fotovoltaicas. Así, puede usarse un diseño para derivar todas las células en una estructura 100 de células solares, o menos que la totalidad de las células en la estructura 100 de células solares.

Puede usarse una variedad de otras técnicas para conectar la célula solar al diodo de derivación. La elección final puede depender de la complejidad adicional y del efecto en los rendimientos y los costes de las células que resultan del uso de estos enfoques alternativos. A título de ejemplo, siguen las descripciones de varios más.

Tal como se ilustra en la Figura 12, en un diseño, en vez de una presilla en C puede usarse un contacto cortocircuitante entre el contacto superior del diodo y una zona metalizada de una pequeña depresión mordentada en las capas 1206-1218 de la célula de cascada para exponer el sustrato 1204 de Ge. La depresión puede eliminar menos del 1% del área activa de la célula, y puede ubicarse cerca del contacto superior del diodo de derivación. Como en el diseño previo, el diseño ilustrado en la Figura 12 incluye un contacto metálico frontal 1224, un contacto metálico posterior 1202 y un revestimiento antirreflejante 1226. Pueden usarse varias configuraciones diferentes de contactos. A título de ejemplo:

- a) En un diseño (no mostrado), un interconector metálico corto diferenciado está unido al contacto del diodo por un extremo, y está unido directamente a la superficie de Ge expuesta en la depresión. Preferentemente, el interconector está chapado en oro. Puede usarse una variedad de técnicas para efectuar la unión. En un diseño, la unión se realiza usando soldadura eutéctica de Au-Ge.
- b) Si (a), la unión directa con la superficie de Ge, resulta difícil o es indeseable, entonces, en otro diseño, puede añadirse un paso adicional a la fabricación normal de la célula. La superficie frontal es enmascarada sustancialmente en todas las regiones, salvo donde se precise la zona de contacto de Ge, usando una película seca o fotoprotector líquido. A continuación, cuando se depositan los contactos metálicos a través de otra máscara fotoprotectora para formar la retícula, contactos óhmicos y de diodo, los bordes de la depresión pueden ser protegidos con una capa protectora mediante el uso de una zona abierta inmediatamente en el interior del área mordentada. El metal para realizar el contacto con el Ge N puede depositarse en misma secuencia de deposición, o en una similar, como cuando se forman los contactos frontales con la célula 100 de cascada y los contactos 702, 704 del diodo. En el caso presente, contactos de TiAuAg o equivalentes pueden servir para las áreas expuestas en la superficie frontal. Un interconector metálico corto diferenciado está unido al contacto P del diodo, y el contacto al Ge N.
- c) Tal como se ilustra en la Figura 12, en una estructura completamente monolítica, se mordienta una depresión o un entrante hasta la superficie de contacto 1204 de Ge a través de las capas 1206-1218 del diodo y de la célula. Así, la o las paredes de la depresión están formadas por las capas de la célula. Luego se usa una máscara para exponer los bordes de la depresión, y se deposita una capa aislante 1220 en los bordes de las capas y sobre la zona entre la sobrecapa 1218 del diodo y la depresión. Se usa otra máscara, que puede estar incluida en la máscara del contacto frontal principal, para depositar el metal 1222, que conecta el contacto frontal del diodo con la depresión que expone el sustrato 1204 de Ge. En otro diseño, no es preciso contacto de diodo alguno para el interconector 1222 sustrato a diodo.

La Figura 13A ilustra una vista en perspectiva de una realización de la célula solar 100, incluyendo el circuito 212 del diodo de derivación. La superficie frontal de la célula solar 100 incluye líneas 1302 de retícula interconectadas por una barra óhmica 1306. La barra 1306 está modelada para proporcionar una zona o un entrante en el que se forma el diodo 212. En una realización, el diodo 212 está interconectado con el contacto posterior 802 de la célula solar 100 usando un conector 1102 de presilla en C ilustrado en la Figura 11. La Figura 13B ilustra con mayor detalle el diodo 212 de derivación ilustrado en la Figura 13A. En una realización, los lados del diodo están entrelazados con la barra óhmica 1306. Así se reduce la distancia entre el diodo 212 y la barra 1306, y una parte mayor de la barra 1306 está en la proximidad del diodo 212.

Tal como se ilustra en la Figura 13A, en una realización, se montan tres pestañas 1304 en la célula solar 100 para la interconexión a una instalación contigua. Las pestañas 1304 pueden incluir una sección en forma de U para la atenuación de tensiones, denominada también pestaña en Z. Un primer lado de cada una de las pestañas 1304 está conectado a un ánodo de la célula 100. La célula solar 100 puede estar interconectada con una segunda célula solar mediante la conexión de un segundo lado de las pestañas 1304 a un cátodo de la segunda célula solar. En una realización, las pestañas están formadas de materiales de plata, plata-invar o plata-molibdeno chapado.

Puede usarse un cristal protector (no mostrado) para proteger el dispositivo célula solar/diodo de derivación. En aplicaciones espaciales, el cristal protector puede ser un cristal protector de borosilicato dopado con ceria. En una realización, el cristal protector puede tener un espesor aproximadamente entre 50 μm y 200 μm . El cristal protector dopado con ceria proporciona un apantallamiento resistente a las radiaciones para partículas con y sin carga. En una realización, el cristal protector se mantendrá sustancialmente transparente cuando esté expuesto a un espectro ambiental de radiación espacial AMO (el espectro encontrado en la órbita de la Tierra alrededor del sol, fuera de la atmósfera terrestre). Una ventaja importante de una realización del diodo integral de derivación es que el diodo no se extiende por encima de la superficie frontal de la célula solar 100 y, por lo tanto, no requiere el uso de un cristal protector entallado o estriado para dejar sitio para el diodo integral. Sin embargo, en otra realización, el diodo integral puede extenderse por encima de la superficie frontal o superior de la célula solar 100. Una persona versada en la técnica entenderá que pueden usarse también otros materiales y otras dimensiones adecuados para el cristal protector.

La Figura 14A ilustra una realización esencial de la presente invención. La célula solar 1400 ilustrada incluye un novedoso diodo protector 1410 de derivación soterrado. Como con el diodo 212 de derivación, el diodo protector 1410 de derivación se usa para proteger la célula solar de las condiciones de polarización inversa que pueden resultar de que la célula esté a la sombra.

La secuencia ejemplar de capas a las que se hace crecer ilustrada en la Figura 14A es similar a la de la Figura 1A. Se proporcionan dos capas adicionales enterradas 1406, 1408 para la equiparación de polaridades con el emisor 1404 de Ge+. La célula solar 1440 incluye un sustrato 1402 de Ge sobre el que se hace crecer la capa emisora 1404 de Ge. Las capas aisladas 1412-1420 del diodo forman una porción de la función del diodo de derivación. Las capas 1422, 1424 forman la célula superior convencional, sobre la que está una capa ventana 1426 y una sobrecapa 1428. En otra realización puede usarse una estructura complementaria, con las polarizadas de una o más capas cambiadas con respecto a las ilustradas en la Figura 14A (es decir, las capas con dopaje P tienen, en vez de ello, dopaje N, y las capas con dopaje N tienen, en vez de ello, dopaje P).

Como se ha descrito de modo similar más arriba, se fabrica la célula solar y, como se ilustra en la Figura 14B, se forman un contacto metálico posterior 1430 y un contacto metálico frontal 1440 del diodo. Además, se aplica un revestimiento antirreflejante 1432.

En una realización, se forma un conector integral corto 1436 sobre un aislante 1434 de la sobrecapa 1428 sobre una pequeña depresión 1438 mordentada a través de las capas 1420-1412 de la célula hasta la capa 1408 del diodo túnel. A continuación, puede usarse un interconector, tal como una presilla 1442 en C para conectar el contacto metálico frontal 1440 y el contacto metálico posterior 1430. Así, el diodo 1410 de derivación está conectado en una configuración antiparalela con respecto a las porciones fotovoltaicas de la célula solar 1400 y, por ello, está configurado para proporcionar una protección de polarización inversa a las porciones fotovoltaicas de la célula solar 1400.

Usando al menos algunas de las técnicas descritas con anterioridad, una célula solar que incorpora un diodo integral en células de cascada ha logrado eficiencias bien por encima del 21%, e incluso de más del 23,5%. Estas eficiencias son comparables a las de las células de cascada convencionales que carecen del diodo integral de derivación. En una realización, el diodo integral de derivación tiene una caída de voltaje de polarización directa de aproximadamente 1,4 a 1,8 voltios cuando conduce una corriente directa de 400 mA. El voltaje de la disrupción en sentido inverso es suficiente para impedir que la corriente pase al diodo de derivación cuando la célula solar tiene una polarización directa durante una iluminación normal, que no esté a la sombra. En una realización, el voltaje de la disrupción en sentido inverso es mayor de 2,5 V.

Además, muestras de una realización de la presente invención, con áreas de célula de aproximadamente 24 cm², han soportado pulsos reiterados de 10 segundos de corriente inversa de 400 mA sin cambio significativo en el rendimiento. Así, por ejemplo, cuando una tanda de células solares que incorporan una realización del diodo integral fue sometida a 2500 pulsos de una corriente inversa de 400 mA, se observaron los siguientes cambios en el rendimiento:

<i>Parámetro</i>	<i>Medición previa al ensayo</i>	<i>Medición posterior al ensayo</i>
VCA (VOLTAJE CIRCUITO ABIERTO)	2476 mV	2476 mV
CCC (CORRIENTE CORTOCIRCUITO)	360,5 mA	359,0 mA
FCC (FACTOR DE CAMPO CURVO)	81,5%	81,5%
Eficiencia	22,1%	22%

En otros ensayos, cuando pasó por la célula solar 100 una corriente inversa mayor en magnitud que la CCC, la zona alrededor del diodo muestra un aumento de temperatura de solo 10-12°C. Este pequeño aumento de temperatura no tiene un efecto apreciable, ni en el rendimiento de las porciones fotovoltaicas de la célula, ni en el diodo integral.

En otra realización preferida, el diseño de la célula solar descrito más arriba se modifica para facilitar aún más su uso en sistemas concentradores, ya estén basados en el espacio o estén basados en tierra. Igual que en los sistemas no concentradores, existe la necesidad de proteger contra el ensombrecimiento de las células solares por parte de nubes, pájaros, edificios, antenas u otras estructuras. Así, siguen usándose diodos protectores para proteger a las células solares de condiciones de polarización inversa resultantes de que estén a la sombra. Sin embargo, típicamente las células solares en instalaciones de concentradores general mucha más energía que las células solares no concentradoras. Así, es preciso que los diodos protectores sean capaces de disipar el calor asociado con la energía mucho mayor que es derivada.

En una realización, distribuir múltiples diodos integrales separados de distribución entre al menos una porción de la superficie de la célula solar ayuda a distribuir la disipación del calor. Así, cada uno de los múltiples diodos integrales deriva una porción de la energía con polarización inversa y, en consecuencia, disipa una porción del calor asociado. Así, un único diodo integral no tiene que derivar toda la energía con polarización inversa ni disipar todo el calor asociado con tal función de derivación. Los múltiples diodos integrales de derivación pueden formarse usando la misma técnica descrita más arriba en relación con la formación de un diodo integral. En una realización se usan fotomáscaras diferentes para formar los diodos y los contactos del diodo.

La Figura 15A ilustra un procedimiento de interconexión en serie de células solares dotadas de diodos integrales de derivación. A título de ejemplo, dos células solares 1502, 1510 con sendos diodos integrales 1504, 1514 de derivación, están interconectadas para formar una cadena 1500 de células solares. Un primer interconector 1508 está conectado a un contacto frontal 1506, que recubre las células de cascada de la célula solar 1502, y a un contacto frontal 1512, que recubre el diodo integral 1514 de derivación de la célula solar 1510, acoplando eléctricamente con ello las células solares 1502, 1510. El primer interconector 1508 puede ser una barra de puentes, un hilo de puentes o similar. Un segundo interconector 1518 está conectado con el contacto frontal 1506 de la célula solar 1502, y con un contacto posterior 1516 de la célula solar 1510. El segundo interconector 1518 puede ser una pestaña en Z, un hilo o similar. En la realización ilustrada, los diodos 1504, 1514 de derivación están convenientemente ubicados en el borde o en el lado opuesto a las coronas óhmicas 1506, 1520 de contacto de la célula.

La Figura 15B ilustra otro procedimiento de interconexión en serie de células solares dotadas de diodos integrales de derivación. Como en el ejemplo previo, el primer interconector 1508 está conectado con el contacto frontal 1506 de la célula solar 1502, y con el contacto frontal 1512 de la célula solar 1510. El segundo interconector 1518 está conectado con el contacto frontal 1512 y con el contacto posterior 1516 de la célula solar 1510. El segundo interconector 1518 puede ser una presilla en C, un hilo o similares. Esta realización puede usar ventajosamente únicamente un interconector entre dos células adyacentes, y puede hacerse la conexión en serie entre las células sobre las superficies frontales de las células. Así, a título de ejemplo, las células pueden tener en primer lugar sus presillas en C puestas individualmente por el fabricante de la célula. El montador del panel de células solares puede después posicionar apropiadamente las células en largas cadenas, e interconectar después los contactos frontales de las células, según se ilustra en la Figura 15B. Este procedimiento puede dar pie a la fabricación eficiente y de alto rendimiento de células solares, cadenas de células solares y paneles de células solares.

Aunque se han descrito ciertas realizaciones preferidas de la invención, estas realizaciones se han presentado únicamente a título de ejemplo, y no se pretende que limiten el alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Una célula solar (1400) de unión múltiple que comprende:

una porción de célula solar que tiene

un sustrato (1402, 1404) de Ge que incluye una primera célula inferior de Ge en la que están formadas de forma epitaxial

un primer diodo túnel (1406, 1408),

una segunda célula (1412, 1414) de GaAs con una capa ventana (1416),

un segundo diodo túnel (1418, 1420), y

una tercera célula (1422, 1424) de GaInP con una capa ventana (1426),

y una sobrecapa (1428),

una porción (1410) del diodo de derivación en el mismo lado del sustrato (1402, 1404)

junto a las capas (1412, 1414, 1416) de la segunda célula y el segundo diodo túnel (1418, 1420),

estando separada dicha porción (1410) de derivación del diodo de las células de unión múltiple por un canal (1438)

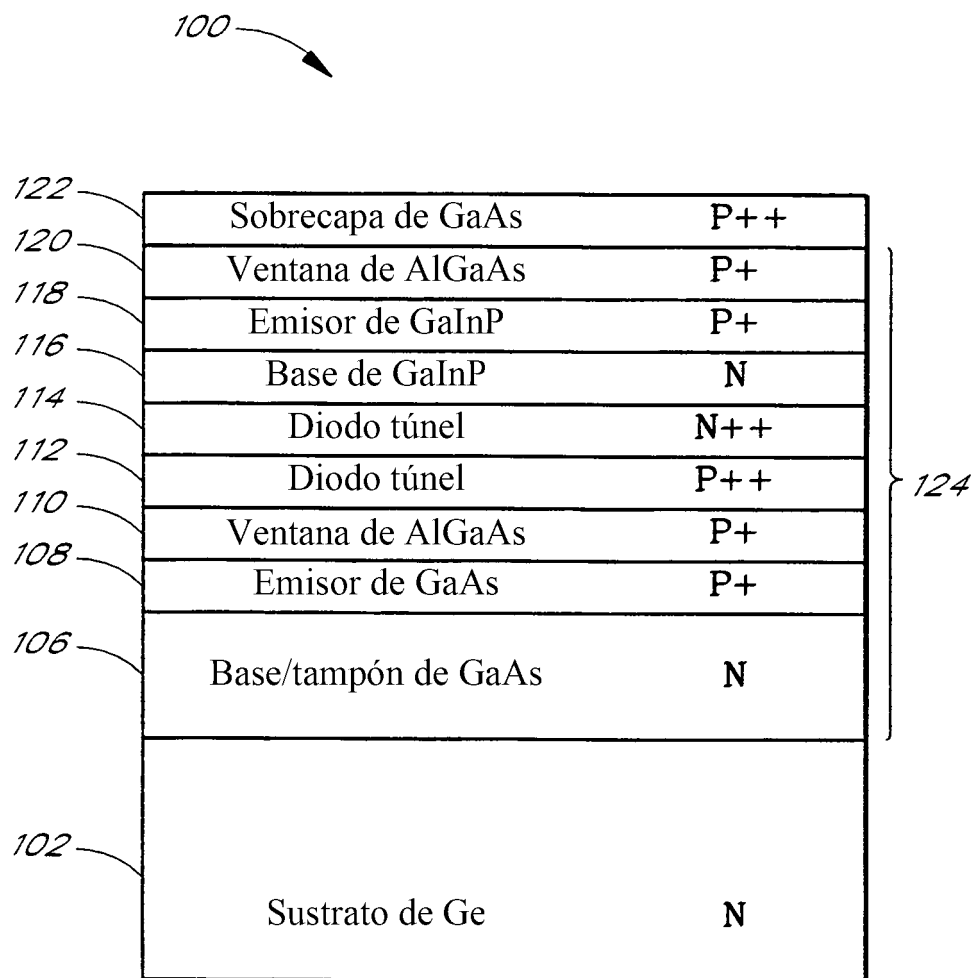
mordentado a través de las capas celulares tercera y segunda hasta la capa del primer diodo túnel,

estando cubiertas las paredes del canal (1438) por un material aislante (1434) y

un conector integral (1436) formado sobre el material aislante que conecta la sobrecapa (1428) de la porción de la célula solar con la parte inferior del canal para hacer contacto con la parte inferior del diodo (1410) de derivación, y

un conductor (1442) que conecta una capa superior (1440) de contactos del diodo (1410) de derivación con un contacto posterior (1430) de la célula solar.

2. La célula solar tal como se define en la Reivindicación 1, en la que dicho conductor es una presilla metálica de interconexión (1442) en forma de C.

*FIG. 1*

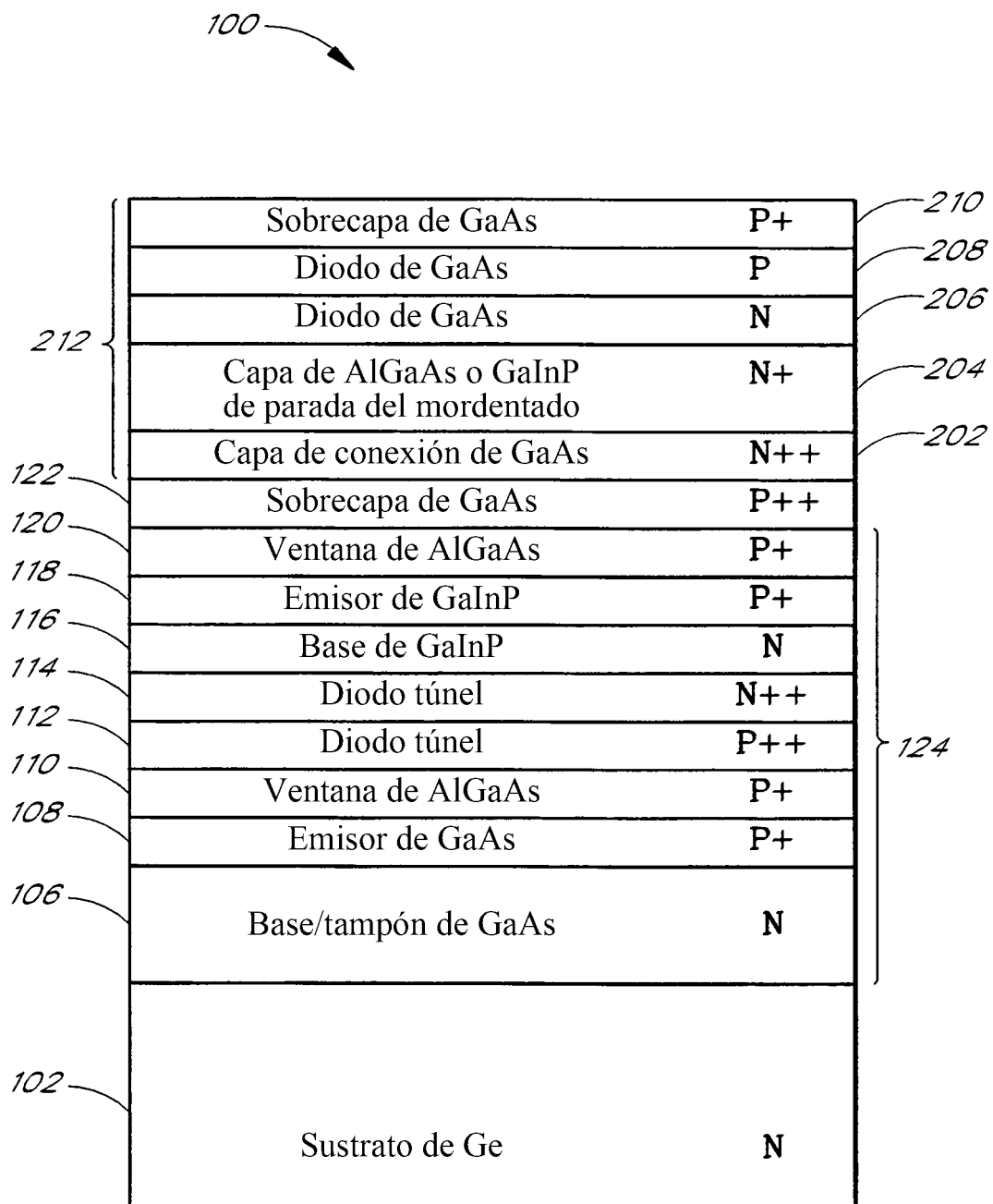


FIG. 2

302	Capa fotorresistente
216	Sobrecapa de diodo P++
208	Capa de diodo p- (GaAs)
206	Capa de diodo n- (GaAs)
204	Capa de parada del mordentado (AlGaAs o GaInP)
202	Capa de conexión N de GaAs N++
122	Sobrecapa de GaAs P++
124	Célula solar de cascada P/N
102	Sustrato de Ge N

FIG. 3

Ácido cítrico (45°C, 1 min.)

Capa fotorresistente
Sobrecapa de diodo P++
Capa de diodo p- (GaAs)
Capa de diodo n- (GaAs)
Capa de parada del mordentado (AlGaAs o GaInP)
Capa de conexión de GaAs N++
Sobrecapa de GaAs P++
Célula solar de cascada P/N
Sustrato de Ge N

FIG. 4

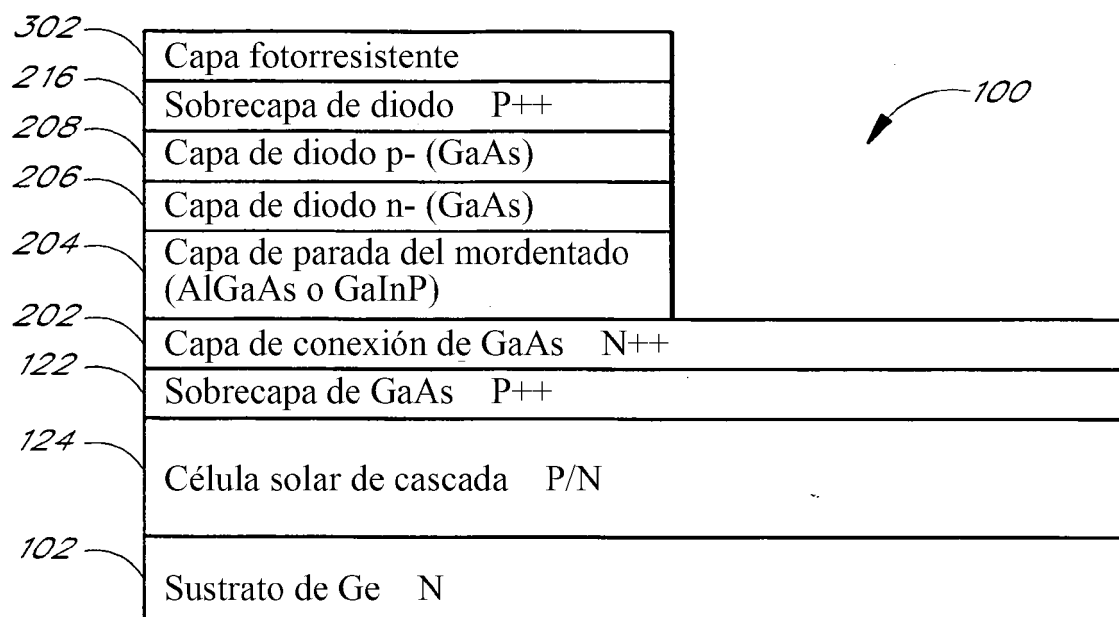


FIG. 5

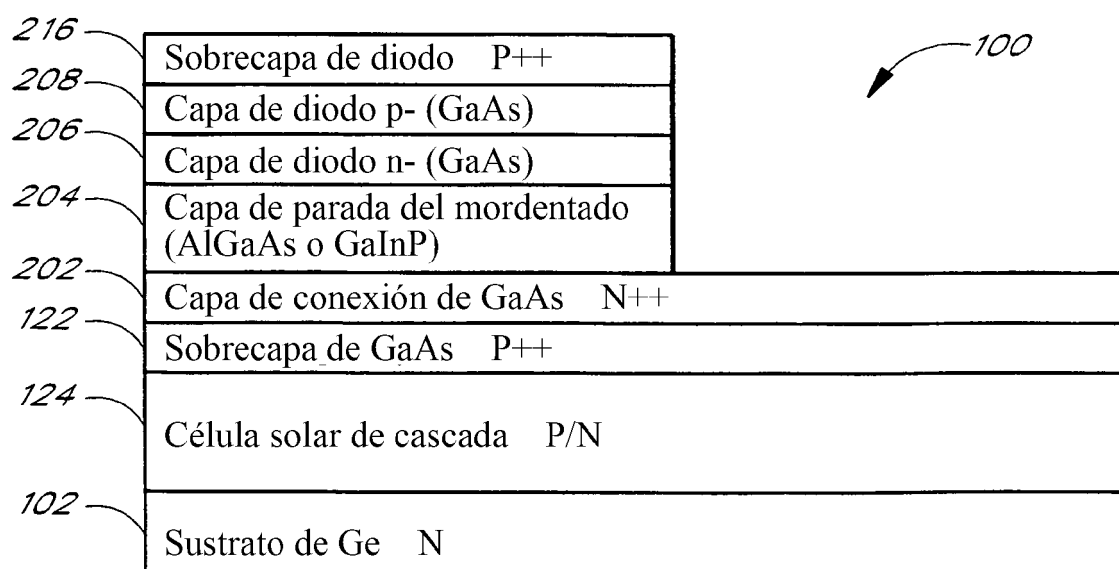


FIG. 6

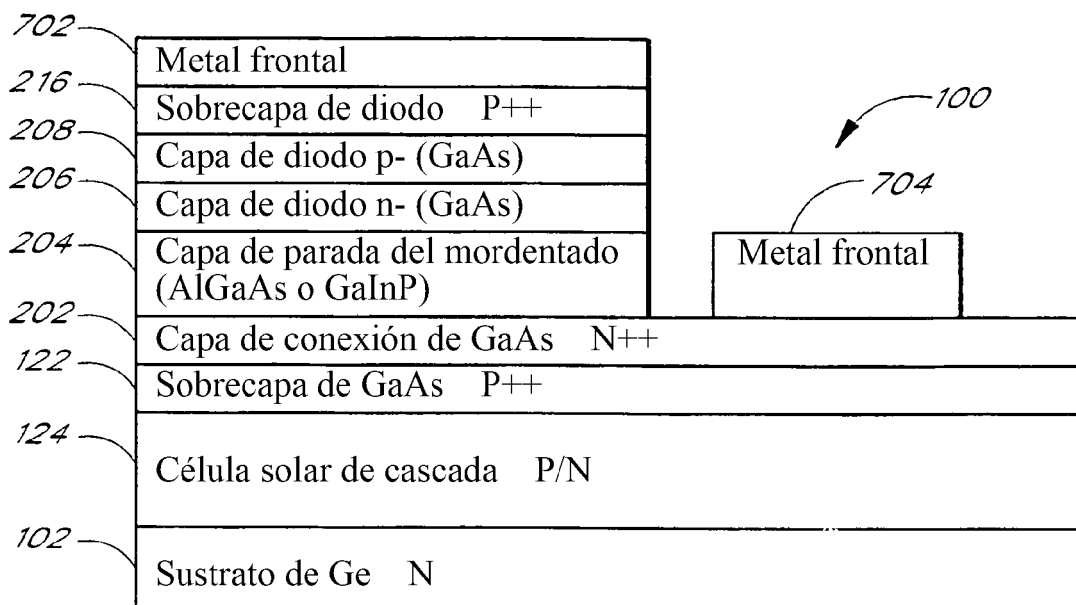


FIG. 7

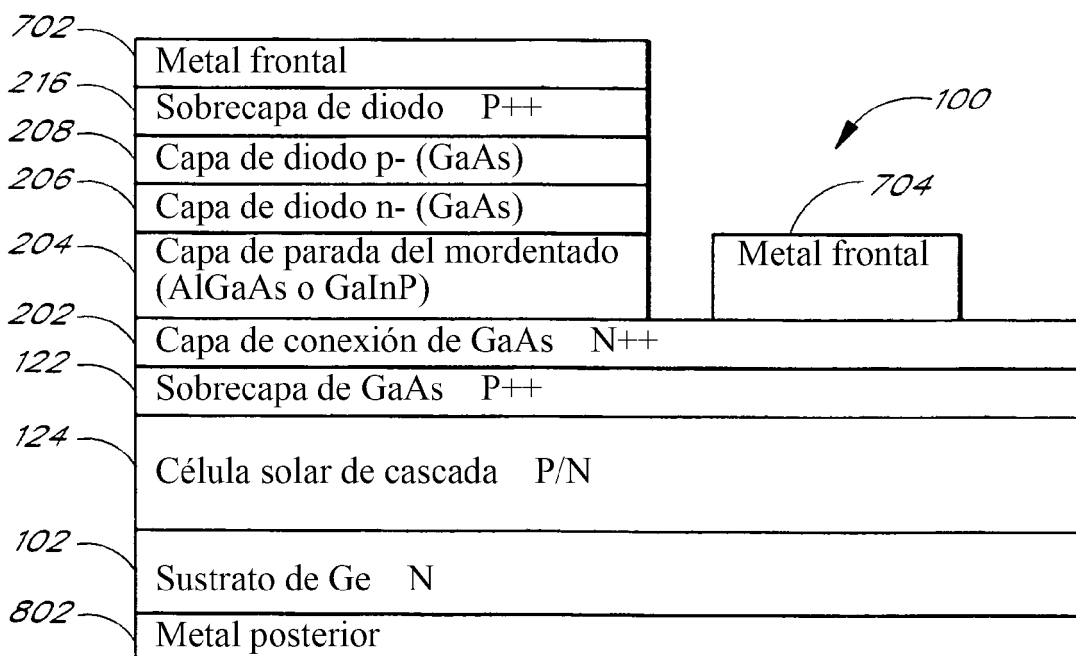


FIG. 8

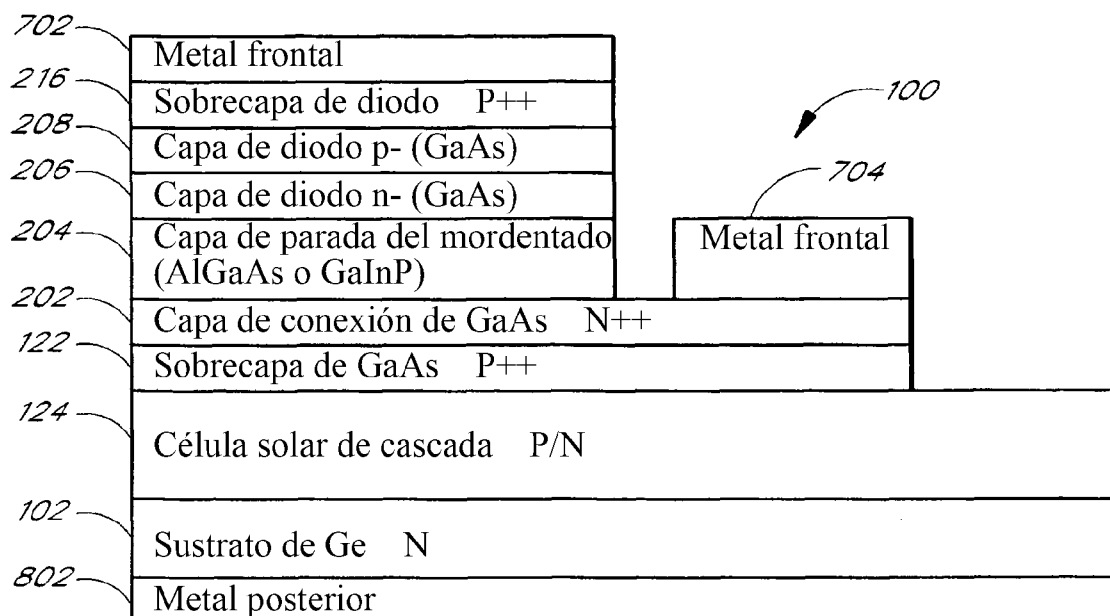


FIG. 9

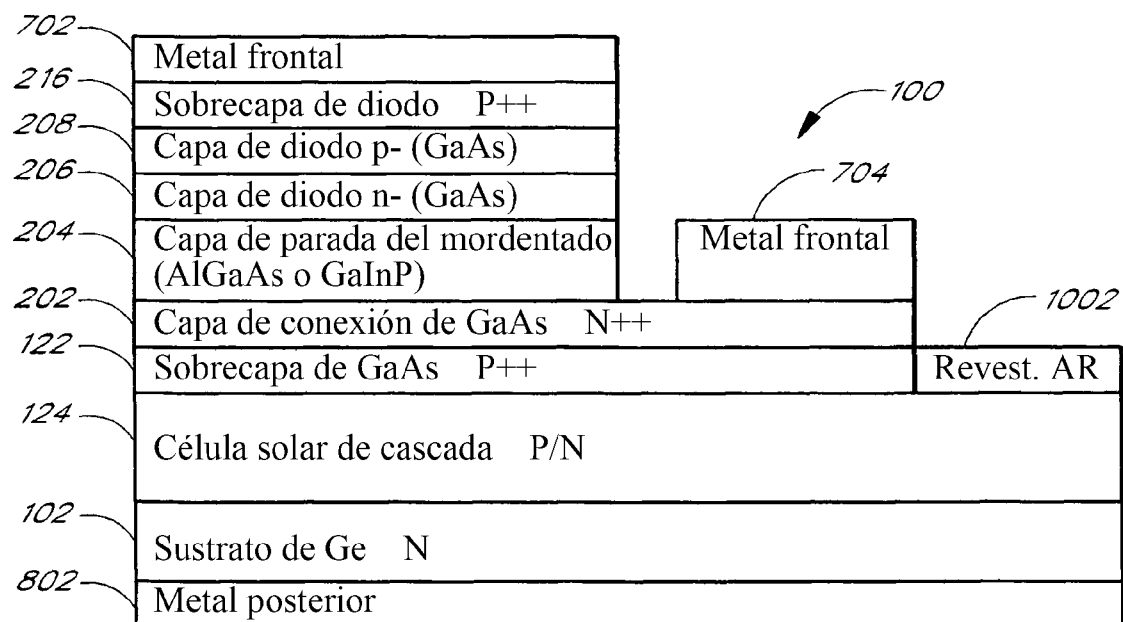


FIG. 10

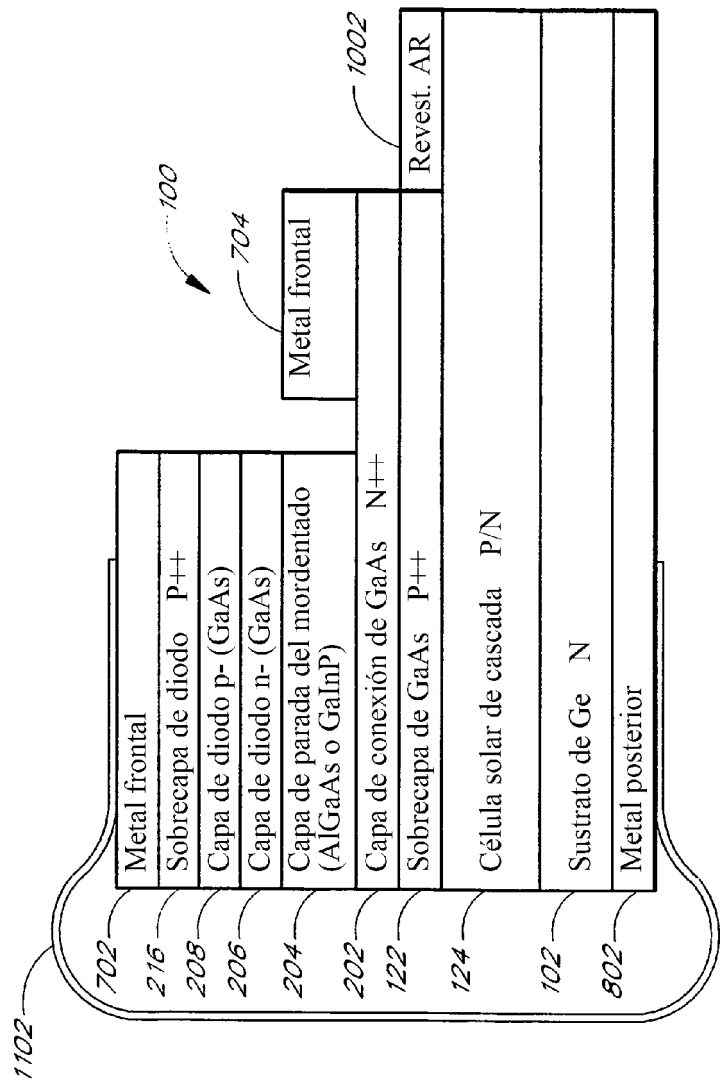


FIG. 11

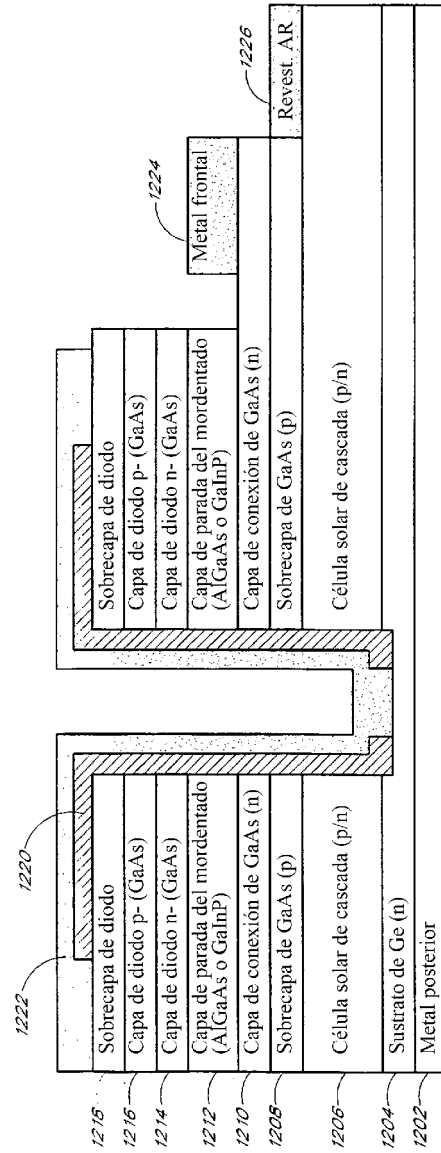
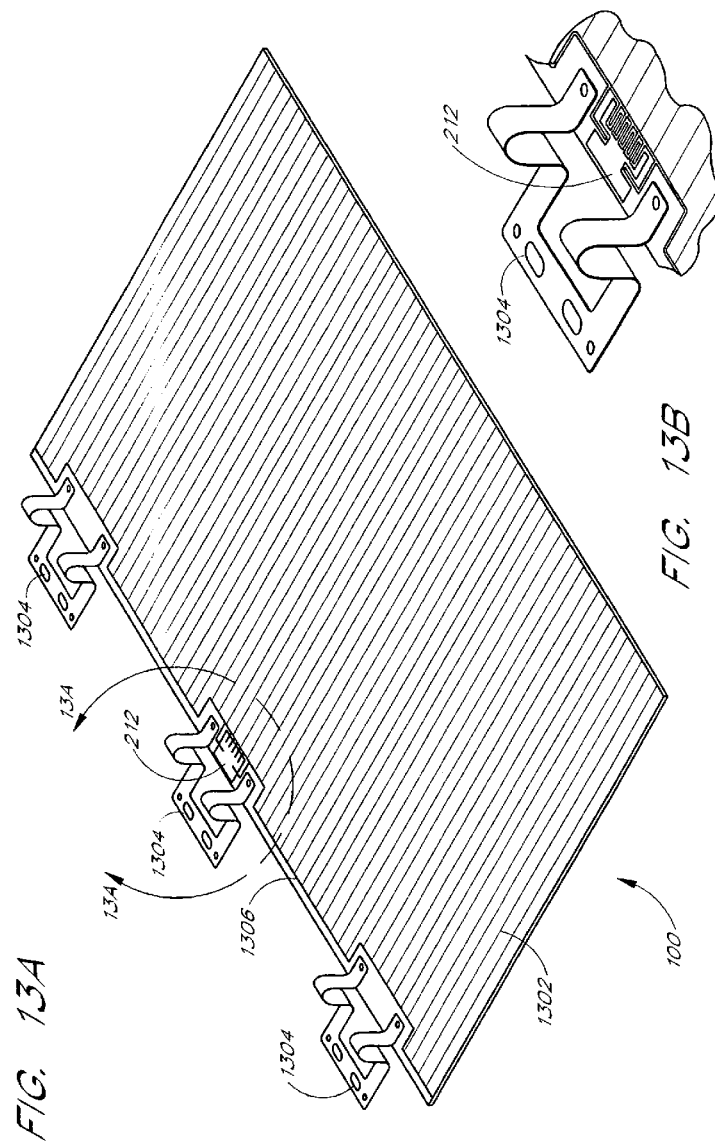


FIG. 12

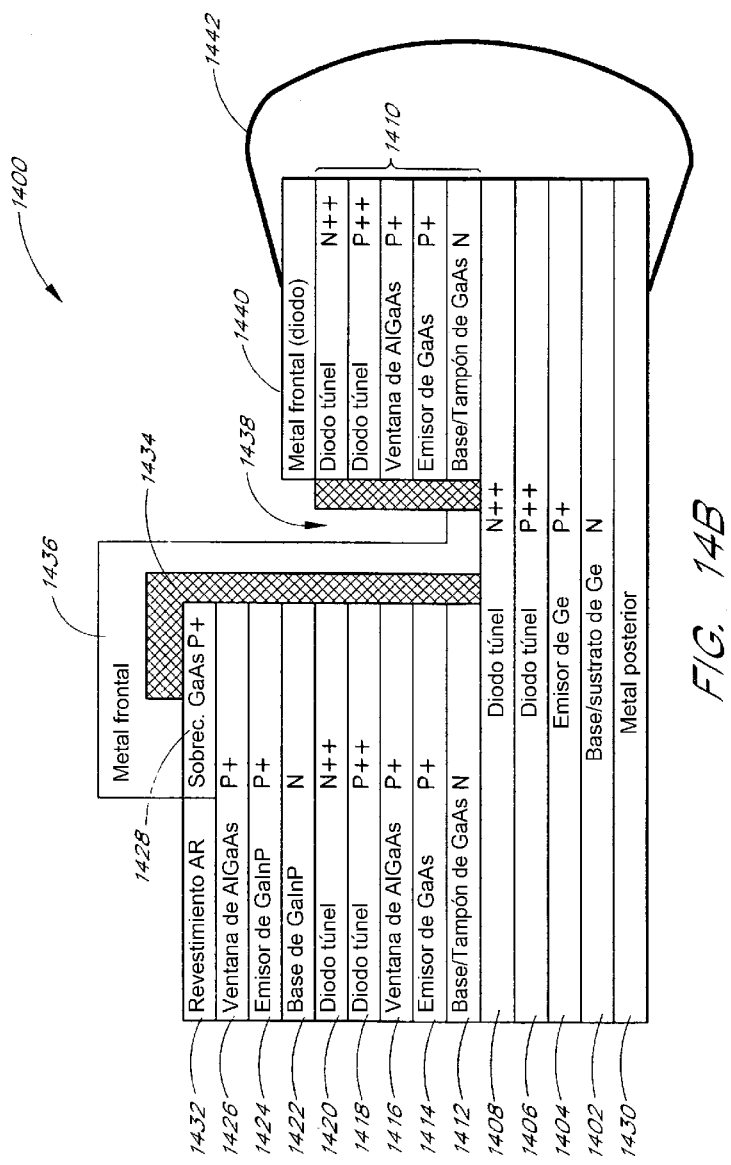


1400

1428	Sobrecapa de GaAs	P+
1426	Ventana de AlGaAs	P+
1424	Emisor de GaInP	P+
1422	Base de GaInP	N
1420	Diodo túnel	N++
1418	Diodo túnel	P++
1416	Ventana de AlGaAs	P+
1414	Emisor de GaAs	P+
1412	Base/Tampón de GaAs	N
1408	Diodo túnel	N++
1406	Diodo túnel	P++
1404	Emisor de Ge	P+
1402	Base/sustrato de Ge	N

1410

FIG. 14A



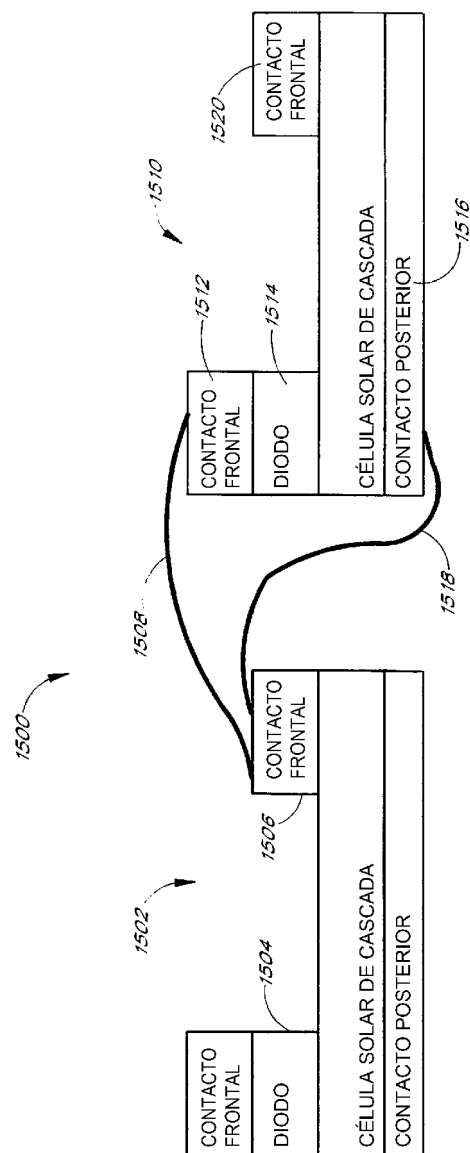


FIG. 15A

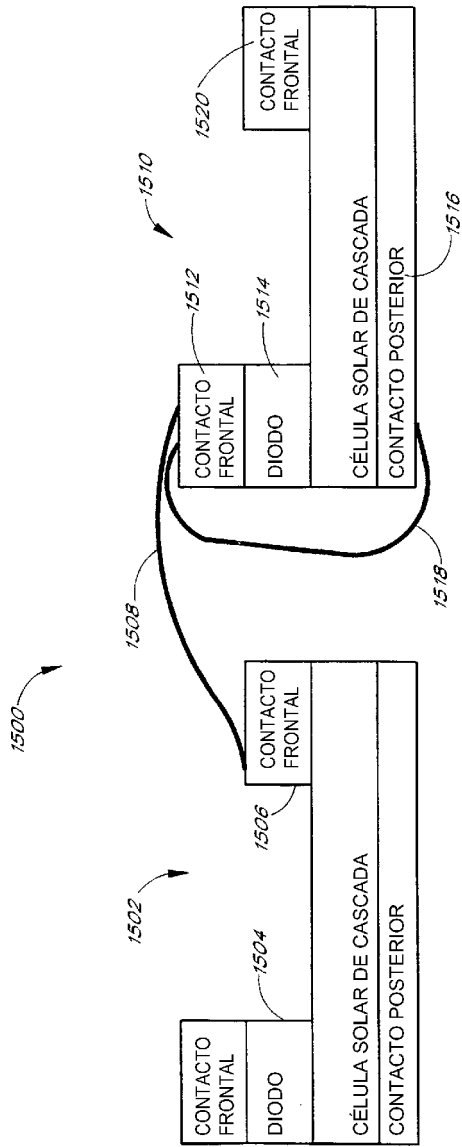


FIG. 15B