

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 185**

51 Int. Cl.:  
**H01L 29/745** (2006.01)  
**H01L 29/749** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10167819 .1**  
96 Fecha de presentación: **30.06.2010**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2402997**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.01.2012**

54 Título: **Dispositivo semiconductor de potencia**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**06.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**06.06.2012**

73 Titular/es:  
**ABB Research Ltd.**  
**Affolternstrasse 44**  
**8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:  
**Bauer, Friedhelm**

74 Agente/Representante:  
**Ungría López, Javier**

ES 2 382 185 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

Dispositivo semiconductor de potencia

5 **Campo de la técnica**

La invención se refiere al campo de la electrónica de potencia y, más particularmente, a un dispositivo semiconductor de potencia de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

10 **Antecedentes de la técnica**

En el documento "A dual gate emitter switched thyristor (DTG-EST) with dual trenched gate electrode and different gate oxide thickness" de D. Kim y col., Microelectronic Engineering 70 (2003), 50-57 se describe un tiristor conmutado por emisor (EST) de la técnica anterior con una estructura de puerta en trinchera. Un EST de este tipo es un dispositivo semiconductor de potencia bipolar 1' con un electrodo de emisor 11 sobre un lado de emisor 12 de una oblea y un electrodo de colector 15 sobre un lado de colector 16 de la oblea, que se encuentra opuesto al lado de emisor 12. El EST comprende una zona de fuente de dopado n 3 y una capa de base de dopado p sobre el lado de emisor 12. El electrodo de puerta en trinchera 2 se dispone en el mismo plano que la capa de base 4 y éste se aísla eléctricamente con respecto a la zona de fuente 3 y la capa de base 4 mediante una capa de aislamiento 25. Una capa de enriquecimiento de dopado n 5, una capa de pozo de dopado p 6 y una capa de arrastre 7 se disponen en sucesión sobre la capa de base 4. Una capa de colector de dopado p 8 se dispone sobre la capa de arrastre 7 hacia el lado de colector 16 y está en contacto con el electrodo de colector 15.

Las capas se disponen en planos paralelos al lado de emisor 12 y cada capa comprende un fondo, que es la máxima distancia hasta la que se extiende la capa desde el lado de emisor 12. La capa de pozo de dopado p 6 comprende un fondo de capa de pozo 611, que se encuentra más cerca del lado de emisor 12 que el fondo de puerta 211.

La capa de enriquecimiento de dopado n 5 es flotante, mientras que la capa de base 4 y la capa de pozo 6 se conectan en una tercera dimensión y están de este modo en cortocircuito.

El EST tiene un MOSFET de paso a estado de conducción entre la capa de enriquecimiento 5, la capa de pozo 6 y la capa de arrastre 7. Un MOSFET de paso a estado de corte se forma entre la zona de fuente 3, la capa de base 4 y la capa de enriquecimiento flotante 5.

Los diseños de EST en trinchera tal como se muestran en la figura 1 se basan en la introducción de una capa de enriquecimiento de tipo n 5 en la célula de MOS para permitir un funcionamiento de tiristor con la caída de voltaje de estado de conducción más baja posible; en el presente caso, la capa de enriquecimiento actúa como una capa de emisor de tipo n flotante con un dopado hasta y superior a  $1.018 \text{ cm}^{-3}$ . Un dopado más débil de la capa de enriquecimiento da lugar a que el EST en trinchera funcione en su modo de IGBT caracterizado por un aumento del voltaje en estado de conducción y la aparición gradual de la saturación de corriente de colector. En el presente caso de diseño, la capa de enriquecimiento actúa para mejorar la difusión de portadores y para aumentar el efecto PIN. Para obtener saturación de corriente en un EST en trinchera hasta altos voltajes colector-emisor y una gran área de funcionamiento seguro (SOA), el dopado de la capa de enriquecimiento ha de limitarse a unos niveles cerca de  $1.016 \text{ cm}^{-3}$ ; esto limita el rendimiento de EST en trinchera a un nivel comparable con los transistores bipolares de puerta aislada en trinchera (IGBT) de la técnica anterior, que emplean capas de enriquecimiento de tipo n. En un IGBT en trinchera, la capa de enriquecimiento 5 introduce un campo eléctrico de pico cerca de la unión, limitando de este modo la capacidad de avalancha del dispositivo.

50 **Divulgación de la invención**

Un objeto de la invención es la provisión de un dispositivo semiconductor de potencia bipolar que supere las limitaciones tanto de los EST en trinchera como de los IGBT en trinchera con respecto a la compensación entre el voltaje en estado de conducción y la saturación de corriente de colector (a la que se hace referencia también como capacidad de cortocircuito). En otras palabras, es un objeto la provisión de un dispositivo con bajo voltaje en estado de conducción y, al mismo tiempo, saturación de corriente.

El presente objeto se consigue mediante un dispositivo semiconductor bipolar de potencia de acuerdo con la reivindicación 1.

El dispositivo semiconductor de potencia bipolar de la invención comprende un electrodo de emisor y un electrodo de puerta sobre un lado de emisor y un electrodo de colector sobre un lado de colector, que se encuentra opuesto al lado de emisor. El dispositivo tiene una estructura con una pluralidad de capas de diferentes tipos de conductividad. El electrodo de puerta en trinchera y las capas se disponen en planos paralelos al lado de emisor, comprendiendo cada uno un fondo, que se dispone en una máxima distancia, hasta la que se extiende la capa, desde el lado de emisor. El dispositivo comprende las siguientes capas:

- al menos una zona de fuente de un primer tipo de conductividad, que se dispone sobre el lado de emisor y que está en contacto con el electrodo de emisor,
- 5 - una capa de base de un segundo tipo de conductividad, que se dispone sobre el lado de emisor, rodea la al menos una zona de fuente y está en contacto con el electrodo de emisor y la al menos una zona de fuente,
- una capa de colector del segundo tipo de conductividad, que se dispone sobre el lado de colector y que está en contacto con el electrodo de colector,
- 10 - una capa de arrastre del primer tipo de conductividad que se dispone entre la capa de base y la capa de colector,
- un electrodo de puerta en trinchera, que se dispone en el mismo plano que la capa de base y comprende un fondo de puerta, electrodo de puerta en trinchera que se aísla eléctricamente con respecto a la zona de fuente, la capa de base y la capa de arrastre mediante una capa de aislamiento,
- 15 - una capa de enriquecimiento del primer tipo de conductividad y una capa de pozo del segundo tipo de conductividad, que se disponen entre la capa de base y la capa de arrastre, en el que la capa de enriquecimiento es una capa flotante, que es contigua a la capa de base hacia el lado de colector, en el que la capa de pozo es contigua a la capa de enriquecimiento hacia el lado de colector,
- 20 - una capa de pozo adicional, que es contigua a la capa de arrastre hacia el lado de emisor,
- una capa de enriquecimiento adicional, que es contigua a la capa de pozo adicional hacia el lado de emisor y que comprende un fondo de capa de enriquecimiento adicional, y
- 25 - en el que el fondo de puerta se encuentra más cerca del lado de colector que el fondo de capa de enriquecimiento adicional.

30 La porción principal del semiconductor entre dos paredes en trinchera verticales vecinas se llena de una pila dispuesta en horizontal de capas dopadas de forma alternativa. Esta pila puede considerarse como un sistema de superunión horizontal (SJ), mientras que su funcionalidad en el dispositivo de la invención se desvía del funcionamiento de los dispositivos de potencia de SJ convencionales. Obsérvese que el flujo de corriente principal es perpendicular con respecto a la orientación de la multitud de uniones PN. De acuerdo con los principios de las capas de arrastre de SJ, los dopados de las capas alternas del primer y el segundo tipo de conductividad (todos de pozo y de enriquecimiento) puede aumentarse por encima del nivel de  $1.017 \text{ cm}^{-3}$  sin incurrir en el peligro de ruptura prematura. Esto es de una importancia particular a lo largo de los canales verticales del electrodo en trinchera en los que una capa de empobrecimiento de MOS se forma repetidamente durante el funcionamiento del dispositivo. El diseño de la pila de capas horizontales de acuerdo con (o cerca de) las reglas de diseño de SJ (equilibrio de cargas a través de la totalidad de capas dopadas de forma alterna) permite acoplar el estrangulamiento de canal de MOS desde la capa de base 4 hasta el empobrecimiento en la unión entre la capa de pozo y la capa de arrastre. Una característica de diseño de este tipo permite la saturación de corriente de colector hasta unos voltajes colector-emisor muy altos. Por otro lado, una polarización de puerta positiva en el estado de conducción coloca la pila de capas horizontales en un estado de baja resistencia, lo que añade baja resistividad óhmica (obtenida con un alto dopado de capa) y una interacción bipolar de bajo nivel (plasma, exceso de carga de base) entre las capas (el mismo principio que en un tiristor en conducción, superando no obstante la limitación común de cuatro capas). En conclusión, la característica principal del dispositivo de la invención permite una distribución de corriente muy uniforme y homogénea en la zona de meseta entre dos trincheras a una mínima caída de voltaje y con mínima estimulación por un plasma bipolar. El dispositivo de la invención con capa de pozo y enriquecimiento adicional muestra con las mismas propiedades geométricas y las mismas tecnología (por ejemplo, capa amortiguadora) que un IGBT de la técnica anterior un voltaje en estado de conducción ventajoso, que es menos de 1 V, en comparación con el dispositivo de la técnica anterior con aproximadamente 1,9 V, es decir, una mejora de aproximadamente un 50 %. La capa de pozo, así como la capa de pozo adicional más cerca de la capa de colector del dispositivo, pueden usarse ventajosamente para convertir la pila de capas de SJ horizontales en una capa de arrastre de SJ vertical. Con la presente opción, las pérdidas de paso a estado de corte del dispositivo de la invención pueden reducirse por un factor de hasta tres.

60 Las capas de superunión apiladas en horizontal en forma de capa(s) de pozo y capa(s) de enriquecimiento apiladas en la célula de MOS esquivan el campo eléctrico de pico cerca de la unión. Mediante la introducción repetitiva de capa de enriquecimiento adicional y pozo adicional, la concentración de dopado para cada capa puede enriquecerse de tal modo que se potencia la conductividad óhmica y de este modo unas mejores propiedades de difusión de portadores que superan las posibilidades de la capa de enriquecimiento de tipo n convencional por debajo de la capa de base p de IGBT en trinchera. Por lo tanto, las pérdidas en estado de conducción se reducen.

65 Teniendo una alta concentración de dopado de las capas de enriquecimiento adicionales, el plasma se difunde (se consigue una difusión de plasma múltiple). Incluso en la parte de capa de base y zona de fuente del dispositivo e

incluso estas capas se forman como una estructura de tipo meseta la corriente fluye principalmente en una dirección perpendicular al lado de emisor, es decir, en una dirección unidimensional.

5 Adicionalmente, el dispositivo puede comprender uno o más conjunto(s) de capa(s) de enriquecimiento más adicional(es) y capa(s) de pozo más adicional(es), que se apilan entre la capa de pozo y la capa de enriquecimiento adicional. Estas capas potencian adicionalmente los efectos que se mencionan anteriormente.

10 La conductividad total de las células de MOS de la invención es una mezcla de conducción óhmica y bipolar con una cuota de participación muy alta de la parte óhmica; Esto permite una rápida dinámica debido a la baja cantidad de modulación de portadores bipolar de lado de emisor.

15 La característica de la(s) capa(s) de enriquecimiento adicional(es) y capa(s) de pozo adicional(es) puede combinarse con una estructura de superunión, en la que la capa de pozo adicional comprende un fondo de capa de pozo adicional, que se dispone más cerca del lado de colector que el fondo de puerta. Teniendo un fondo de capa de pozo adicional cerca del fondo de puerta o incluso más cerca del lado de colector que el fondo de puerta, se reducen o incluso se evitan los altos campos eléctricos de pico en la esquina en trinchera, lo que reduce adicionalmente de este modo las pérdidas de conmutación del dispositivo.

20 La disposición de las capas de enriquecimiento y de pozo apiladas da como resultado un acoplamiento del empobrecimiento en la unión PN de arriba con el empobrecimiento de la capa de arrastre n (base de superunión vertical); el dispositivo puede diseñarse, por lo tanto, para proporcionar una capacidad de saturación de corriente y de cortocircuito.

### 25 **Breve descripción de los dibujos**

La materia objeto de la invención se explicará en más detalle en el siguiente texto, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 30 la figura 1 muestra un tiristor conmutado por emisor en trinchera de la técnica anterior;
- la figura 2 muestra una primera realización de un dispositivo bipolar de la invención;
- la figura 3 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención con un conjunto de una capa de enriquecimiento más adicional y una capa de pozo más adicional;
- la figura 4 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención con dos conjuntos de una capa de enriquecimiento más adicional y una capa de pozo más adicional;
- 35 la figura 5 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención con más conjuntos de una capa de enriquecimiento más adicional y una capa de pozo más adicional;
- la figura 6 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención con un fondo de capa de pozo adicional, que se encuentra más cerca del lado de colector que el fondo de puerta;
- 40 la figura 7 y 8 muestran unas realizaciones adicionales de dispositivos bipolares de la invención con un fondo de capa de pozo adicional, que se encuentra más cerca del lado de colector que el fondo de puerta y la capa de pozo adicional extendiéndose hasta una zona entre el electrodo de puerta y la capa de arrastre;
- la figura 9 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención con un fondo de capa de pozo adicional, que se encuentra más cerca del lado de colector que el fondo de puerta y una
- 45 capa de conexión dispuesta de forma lateral con respecto al electrodo de puerta en trinchera y que es contigua al electrodo de puerta en trinchera;
- la figura 10 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención con un fondo de capa de pozo adicional, que se encuentra más cerca del lado de colector que el fondo de puerta y un conjunto de una capa de enriquecimiento más adicional y una capa de pozo más adicional;
- 50 la figura 11 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención con un fondo de capa de pozo adicional, que se encuentra más cerca del lado de colector que el fondo de puerta y una pluralidad de conjuntos de una capa de enriquecimiento más adicional y una capa de pozo más adicional;
- la figura 12 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención sin una capa amortiguadora; y la figura 13 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención con una capa de ánodo que se dispone a continuación de la capa de colector; y
- 55 la figura 14 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención con un fondo de capa de pozo, que se encuentra más cerca del lado de colector que el fondo de puerta; y
- la figura 15 muestra una realización adicional de un dispositivo bipolar de la invención con una disposición repetitiva de electrodos de puerta en trinchera con capas de pozo y capas de enriquecimiento
- 60 entre las mismas.

Los símbolos de referencia que se usan en las figuras y su significado se resumen en la lista de símbolos de referencia. En general, se dan los mismos símbolos de referencia a partes similares o de funcionamiento similar. SE pretende que las realizaciones descritas sean ejemplos y no han de limitar la invención.

**Modos para llevar a cabo la invención**

La figura 2 muestra un dispositivo semiconductor de potencia bipolar 1 de la invención con un electrodo de emisor 11 que se dispone sobre un lado de emisor 12 y un electrodo de colector 15 que se dispone sobre un lado de colector 16, que se encuentra opuesto al lado de emisor 12.

El dispositivo tiene un electrodo de puerta en trinchera 2 y una estructura con una pluralidad de capas de diferentes tipos de conductividad, electrodo de puerta en trinchera 2 y capas que se disponen en planos paralelos al lado de emisor 12, comprendiendo cada uno un fondo en un plano paralelo al lado de emisor 12, que se dispone a una máxima distancia con respecto al lado de emisor 12, hasta la que se extiende la capa o puerta.

El dispositivo comprende:

- al menos una zona de fuente de dopado n 3, que se dispone sobre el lado de emisor 12 y que está en contacto con el electrodo de emisor 11,
- una capa de base de dopado p 4, que se dispone sobre el lado de emisor 12, rodea la al menos una zona de fuente 3 y está en contacto con el electrodo de emisor 11 y la al menos una zona de fuente 3,
- una capa de colector de dopado p 8, que se dispone sobre el lado de colector 16 y que está en contacto con el electrodo de colector 15,
- una capa de arrastre de dopado n 7 que se dispone entre la capa de base 4 y la capa de colector 8,
- el electrodo de puerta en trinchera 2, que se dispone en el mismo plano que la capa de base y comprende un fondo de puerta 211, electrodo de puerta en trinchera 2 que se aísla eléctricamente con respecto a la zona de fuente 3, la capa de base 4 y la capa de arrastre 7 mediante una capa de aislamiento 25,
- una capa de enriquecimiento de dopado n 5 y una capa de pozo de dopado p 6, que se disponen entre la capa de base 4 y la capa de arrastre 7, en el que la capa de enriquecimiento 5 es contigua a la capa de base 4 hacia el lado de colector 16, en el que la capa de pozo 6 es contigua a la capa de enriquecimiento 5 hacia el lado de colector 16,
- una capa de pozo adicional de dopado p 62, que es contigua a la capa de arrastre 7 hacia el lado de emisor 12,
- y una capa de enriquecimiento adicional de dopado n 52, que es contigua a la capa de pozo adicional 62 hacia el lado de emisor 12 y que comprende un fondo de capa de enriquecimiento adicional 531, que es la máxima distancia con respecto al lado de emisor 12, hasta la que la capa de enriquecimiento adicional 52 se extiende en una profundidad de capa de enriquecimiento adicional 53

en el que el fondo de puerta 211 se encuentra más cerca del lado de colector 16 que el fondo de capa de enriquecimiento adicional 531.

El dispositivo 1 comprende además una capa amortiguadora de dopado n 75, que se dispone entre la capa de arrastre 7 y la capa de colector 8. La capa amortiguadora 75 tiene una concentración de dopado más elevada que la capa de arrastre 7.

Con "mismo plano" se pretende indicar que existen unos planos superpuestos (paralelos al lado de emisor), en los que, por ejemplo, se disponen el electrodo de puerta en trinchera 2 y la capa de base 4, pero no es necesario que la capa y puerta tengan el mismo espesor.

La capa de enriquecimiento 5 y la capa de enriquecimiento adicional 52 son capas flotantes, que no están conectadas entre sí en la tercera dimensión. La tercera dimensión será un plano perpendicular al lado de emisor 12.

La figura 15 muestra una disposición repetitiva de electrodos de puerta en trinchera 2 con las capas de pozo 6, 62 y capas de enriquecimiento 5, 52 de la invención entre las mismas. La estructura, tal como se muestra en la figura 2 o cualquiera de las figuras 3 a 14, puede repetirse sobre una oblea de tal modo que el dispositivo comprende una pluralidad de dos o más electrodos de puerta en trinchera 2 con capas de enriquecimiento (es decir, la capa de enriquecimiento 5, la capa de enriquecimiento adicional 52, y, de estar presente(s), las capa(s) de enriquecimiento más adicional(es) 55, 55') así como las capas de pozo (es decir, la capa de pozo 6, la capa de pozo adicional 62, y, de estar presente(s), las capa(s) de pozo más adicional(es) 65, 65').

La figura 3 muestra otra realización de un dispositivo de la invención, que comprende además un conjunto de una capa de enriquecimiento más adicional 55 y una capa de pozo más adicional 65. La capa de enriquecimiento más adicional 55 y la capa de pozo más adicional 65 se apilan entre la capa de pozo 6 y la capa de enriquecimiento adicional 52. La capa de enriquecimiento más adicional 55 se dispone más cerca del lado de emisor 12 que la capa

de pozo más adicional 65.

5 Tal como se muestra en la figura 4 el dispositivo de la invención puede comprender también dos o, tal como se muestra en la figura 5, más conjuntos 56' de capas de enriquecimiento más adicionales 55 y capas de pozo más adicionales 65. Para cada conjunto 56, 56' la capa de enriquecimiento más adicional 55 se dispone más cerca del lado de emisor 12 que la capa de pozo más adicional 65. Para todos los casos, una capa de dopado n se dispone entre el electrodo de puerta en trinchera 2 y la capa de colector 8 y separa de este modo la capa de colector 8 con respecto al electrodo de puerta 2.

10 La capa de enriquecimiento 5, la capa de enriquecimiento adicional 52 y en el caso de la presencia de una capa de enriquecimiento más adicional 55 o unas capas de enriquecimiento más adicionales 55', tales capas tienen una concentración de dopado más elevada que la capa de arrastre 7.

15 La figura 6 muestra otra realización de un dispositivo de la invención, en el que la capa de pozo adicional 62 comprende un fondo de capa de pozo adicional 631, que se dispone más cerca del lado de colector 16 que el fondo de puerta 211. El fondo de capa de pozo adicional 631 es la máxima distancia con respecto al lado de emisor 12, hasta la que se extiende la capa de pozo adicional 62 en una profundidad de capa de pozo adicional 63.

20 Teniendo una capa de pozo adicional profunda 62 de este tipo, existe un espacio entre la capa de aislamiento 25 en la del fondo de puerta en trinchera 211 y la capa de arrastre 7. El fondo de puerta 211 se encuentra en una profundidad de puerta 21. De este modo, se prevé un espacio entre el electrodo de puerta en trinchera 2 y la capa de arrastre 7. En este espacio, que se encuentra en una proyección ortogonal del electrodo de puerta hacia el lado de colector 16, es decir, entre el electrodo de puerta 2 y la capa de arrastre 7, se dispone una capa de conexión 58 del primer tipo de conductividad de tal modo que ésta es contigua a la capa de aislamiento 25 y la capa de arrastre 7 de tal modo que se forma un canal n entre el electrodo de puerta en trinchera 2 y la capa de arrastre 7. Mediante una capa de pozo adicional profunda 52 de este tipo, las pérdidas de conmutación se reducen sin tener influencia sobre las pérdidas en estado de conducción.

30 En la figura 6, la capa de conexión 58 se dispone en el mismo plano que la capa de pozo adicional 62 dentro de un área entre el electrodo de puerta 2 y la capa de arrastre 7. En la figura 6 la capa de conexión 58 tiene la misma anchura que la capa de aislamiento 25 en los lados laterales del electrodo de puerta en trinchera 2, de tal modo que la capa de pozo adicional 62 se limita a un área lateral a la capa de aislamiento 25. Alternativamente, la capa de conexión 58 puede tener una anchura más pequeña, tal como se muestra en la figura 7, de tal modo que la capa de pozo adicional 62 se extiende al interior del área entre el fondo de puerta 211 del electrodo de puerta en trinchera 2 y la capa de arrastre 7. Por supuesto, la capa de conexión 58 puede tener también una anchura más grande, de tal modo que la capa de conexión 58 se extiende lateralmente con respecto al electrodo de puerta en trinchera 2.

40 En otra realización, el dispositivo comprende una combinación del fondo de capa de pozo adicional 631 que se dispone más cerca del lado de colector 16 que el fondo de puerta 211 y un conjunto de capa de enriquecimiento más adicional 55' y una capa de pozo más adicional 65', tal como se muestra en la figura 10. De nuevo, tal como se muestra en la figura 11, el espacio en los lados laterales del electrodo de puerta en trinchera 2 puede llenarse completamente con conjuntos de capas de enriquecimiento más adicionales 55' y capas de pozo más adicionales 65'.

45 Alternativamente a la disposición de la capa de conexión 58 por debajo del electrodo de puerta en trinchera 2, la capa de conexión 58 puede disponerse de forma lateral con respecto al electrodo de puerta en trinchera, pero de forma contigua a la capa de aislamiento 25 en un lugar tal que ésta se dispone en un lado lateral del electrodo de puerta en trinchera 2 (figura 9). También en el presente caso, la capa de conexión 58 forma un canal n entre el electrodo de puerta en trinchera 2 y la capa de arrastre 7.

50 En el dispositivo que se muestra en la figura 12, la capa de arrastre 7 es contigua a la capa de colector 8, de tal modo que no está presente capa amortiguadora 75 alguna.

55 El dispositivo 1 puede diseñarse también como dispositivo bipolar de conducción inversa con una capa de ánodo de dopado n 85, que se dispone en el mismo plano y a continuación de la capa de colector 8 y tiene una concentración de dopado más elevada que la capa de arrastre 7 (figura 13). La capa de ánodo 85 puede comprender una pluralidad de regiones de dopado n, entre las que se dispone la capa de colector 8 con una pluralidad de regiones de dopado p. Las regiones de dopado n y las regiones de dopado p, respectivamente, o bien pueden comprender unas regiones interconectadas o bien las regiones están separadas entre sí por la capa del otro tipo de conductividad. El área total de la capa de ánodo 85 en un plano paralelo al lado de colector 16 es típicamente menos de un 25 %, menos de un 10 % del área total o incluso menos de un 5 %. El área total es la suma del área de la capa de ánodo 85 y la capa de colector 8.

65 Todas las capas de enriquecimiento (es decir, la capa de enriquecimiento 5, la capa de enriquecimiento adicional 52 y, de estar presente(s), la(s) capa(s) de enriquecimiento más adicional(es) 55, 55') así como todas las capas de pozo (es decir, la capa de pozo 6, la capa de pozo adicional 62 y, de estar presente(s), la capa(s) de pozo más

adicional(es) 65, 65') pueden tener el mismo espesor. El espesor de la capa de pozo adicional 64 se mide entre el fondo de capa de enriquecimiento adicional 531 y como máximo hasta el fondo de puerta 211. Esto quiere decir que, si la capa de pozo adicional 62 tiene un fondo 631, que está más lejos con respecto al lado de colector 16 que el fondo de puerta 211, la distancia entre el fondo de capa de enriquecimiento adicional 531 y el fondo de capa de pozo adicional 631 se toma como la capa de pozo adicional espesor 64.

Si la capa de pozo adicional 62 tiene un fondo 631, que se encuentra más cerca del lado de colector 16 que el fondo de puerta 211, entonces la diferencia entre el fondo de capa de enriquecimiento adicional 531 y el fondo de puerta 211 se toma como la capa de pozo adicional espesor 64.

En otra realización, todas las capas de enriquecimiento 5, 52, 55, 55' y todas las capas de pozo 6, 62, 65, 65' tienen la misma concentración de dopado. También en el presente caso, la concentración de dopado de la capa de pozo adicional 62 se mide entre el fondo de capa de enriquecimiento adicional 531 y como máximo hasta el plano, en el que se dispone el fondo de puerta 211. Esto quiere decir que, si la capa de pozo adicional 62 tiene un fondo, que está más lejos con respecto al lado de colector 16 que el fondo de puerta 211, la concentración de dopado se mide entre el fondo de capa de enriquecimiento adicional 531 y el fondo de capa de pozo adicional 641. La concentración de dopado de cada capa de enriquecimiento/ pozo puede tener un valor de hasta, o incluso mayor que,  $1.017 \text{ cm}^{-3}$ .

Si la capa de pozo adicional 62 tiene un fondo, que se encuentra más cerca del lado de colector 16 que el fondo de puerta 211, entonces la concentración de dopado se mide entre el fondo de capa de enriquecimiento adicional 531 y el fondo de puerta 211.

En una realización adicional la suma de todos los productos del espesor  $t_{ni}$  de las capas de enriquecimiento 5, 52, 55, 55' multiplicada por su concentración de dopado  $N_{ni}$  es la misma por un factor  $k$  que la suma de todos los productos del espesor  $t_{pi}$  de las capas de pozo 6, 62, 65, 65' multiplicada por su concentración de dopado  $N_{pi}$ . Con el índice "i" para el espesor y concentración de dopado se indica que se suma el producto espesor-concentración de dopado de todas las capas de enriquecimiento, o las capas de pozo respectivamente.

El espesor y la concentración de dopado de la capa de pozo adicional 64 se mide entre el fondo de capa de enriquecimiento adicional 531 y como máximo hasta el plano, en el que se dispone el fondo de puerta 211, tal como ya se ha explicado anteriormente.

$$\sum N_{pi} t_{pi} = k \sum N_{ni} t_{ni}$$

$k$  es un factor entre 0,5 y 2. Para conseguir una equivalencia más elevada entre los dopantes de las capas de enriquecimiento 5, 52, 55, 55' y las capas de pozo 6, 62, 65, 65', el factor  $k$  puede tener un valor entre 0,67 y 1,5.

En la figura 14, se muestra otro dispositivo de la invención que comprende una capa de enriquecimiento 5 y una capa de pozo 6. La capa de enriquecimiento 5 es contigua a la capa de base 4 hacia el lado de colector 16 y la capa de pozo 6 es contigua a la capa de enriquecimiento 5 hacia el lado de colector 16. En el presente caso, la capa de pozo 6 es directamente contigua a la capa de arrastre 7. La capa de pozo 6 tiene un fondo 611, que es la máxima distancia con respecto al lado de emisor 12, hasta la que se extiende la capa de pozo 6 en una profundidad de capa de pozo 61. El fondo de capa de pozo 611 se encuentra más cerca del lado de colector 16 que el fondo de puerta 211. Teniendo el fondo de capa de pozo 611 más cerca del lado de colector 16 que el fondo de puerta 211, se reducen o incluso se evitan los altos campos eléctricos de pico en la esquina en trinchera, lo que reduce de este modo las pérdidas de conmutación del dispositivo. Si se añade al dispositivo una capa de enriquecimiento adicional 52 y una capa de pozo 62, esto da como resultado un dispositivo tal como se muestra en la figura 6. La capa de conexión 58 puede diseñarse de acuerdo con las explicaciones dadas anteriormente (en particular para las figuras 6 a 9).

Los dispositivos de la invención se fabrican a modo de ejemplo sobre una base de una oblea de silicio o GaN o SiC. Para fabricar un dispositivo bipolar de la invención, se prevé una oblea fabricada a modo de ejemplo de silicio o GaN o SiC. En, o respectivamente sobre, una oblea de este tipo, las capas se forman típicamente por deposición, implantación o crecimiento epitaxial de partículas, seguido por difusión. Para formar el electrodo de puerta en trinchera 2, las capas de enriquecimiento apiladas 5, 52, 55, 55' y las capas de pozo 6, 62, 65, 65' se retiran a continuación localmente para formar huecos, en los que posteriormente se crea el electrodo de puerta en trinchera.

En otra realización, los tipos de conductividad de las capas se conmutan, es decir, todas las capas del primer tipo de conductividad son de tipo p (por ejemplo, la zona de fuente) y todas las capas del segundo tipo de conductividad son de tipo n (por ejemplo, la zona de base).

#### Lista de referencias

- 1 dispositivo semiconductor bipolar
- 1' dispositivo semiconductor bipolar de la técnica anterior

## ES 2 382 185 T3

	11	electrodo de emisor
	12	lado de emisor
	15	electrodo de colector
	16	lado de colector
5	2	electrodo de puerta en trinchera
	21	profundidad de puerta
	211	fondo de puerta
	25	capa de aislamiento
	28	capa de aislamiento más
10	3	zona de fuente
	4	capa de base
	5	capa de enriquecimiento
	52	capa de enriquecimiento adicional
	53	profundidad de capa de enriquecimiento adicional
15	55, 55'	capa de enriquecimiento más adicional
	56, 56'	conjunto
	58	capa de conexión
	6	capa de pozo
	61	profundidad de capa de pozo
20	611	fondo de capa de pozo
	62	capa de pozo adicional
	63	profundidad de capa de pozo adicional
	631	fondo de capa de pozo adicional
	64	espesor de la capa de pozo adicional
25	65, 65'	capa de pozo más adicional
	7	capa de arrastre
	75	capa amortiguadora
	8	capa de colector
	85	capa de ánodo
30		

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo semiconductor de potencia bipolar (1) con un electrodo de emisor (11) que se dispone sobre un lado de emisor (12) y un electrodo de colector (15) que se dispone sobre un lado de colector (16), que se encuentra opuesto al lado de emisor (12),  
 5 teniendo dicho dispositivo un electrodo de puerta en trinchera (2) y una estructura con una pluralidad de capas de diferentes tipos de conductividad, electrodo de puerta en trinchera (2) y capas que se disponen en planos paralelos al lado de emisor (12), comprendiendo cada uno un fondo, que se dispone a una máxima distancia con respecto al lado de emisor (12), hasta la que se extiende el electrodo de puerta (2) o la capa, que comprende:  
 10
- al menos una zona de fuente (3) de un primer tipo de conductividad, que se dispone sobre el lado de emisor (12) y que está en contacto con el electrodo de emisor (11),
  - una capa de base (4) de un segundo tipo de conductividad, que se dispone sobre el lado de emisor (12), rodea la al menos una zona de fuente (3) y está en contacto con el electrodo de emisor (11) y la al menos una zona de fuente (3),
  - 15 - una capa de colector (8) del segundo tipo de conductividad, que se dispone sobre el lado de colector (16) y que está en contacto con el electrodo de colector (15),
  - una capa de arrastre (7) del primer tipo de conductividad que se dispone entre la capa de base (4) y la capa de colector (8),
  - 20 - el electrodo de puerta en trinchera (2), que se dispone en el mismo plano que la capa de base (4), electrodo de puerta en trinchera (2) que se aísla eléctricamente con respecto a la zona de fuente (3), la capa de base (4) y la capa de arrastre (7) mediante una capa de aislamiento (25) y electrodo de puerta en trinchera (2) que comprende un fondo de puerta (211),
  - una capa de enriquecimiento (5) del primer tipo de conductividad y una capa de pozo (6) del segundo tipo de conductividad, que se disponen entre la capa de base (4) y la capa de arrastre (7),
  - 25 en el que la capa de enriquecimiento (5) es contigua a la capa de base (4) hacia el lado de colector (16) y en el que la capa de pozo (6) es contigua a la capa de enriquecimiento (5) hacia el lado de colector (16),
- caracterizado por que**  
 30 el dispositivo (1) comprende además
- una capa de pozo adicional (62) del segundo tipo de conductividad, que es contigua a la capa de arrastre (7) hacia el lado de emisor (12), y
  - 35 - una capa de enriquecimiento adicional (52) del primer tipo de conductividad, que es contigua a la capa de pozo adicional (62) hacia el lado de emisor (12) y que se extiende hasta un fondo de capa de enriquecimiento adicional (531), y **por que**
- el fondo de puerta (211) se encuentra más cerca del lado de colector (16) que el fondo de capa de enriquecimiento adicional (531).  
 40
2. Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el dispositivo (1) comprende además al menos un conjunto de una capa de enriquecimiento más adicional (55, 55') y una capa de pozo más adicional (65, 65'), en el que la al menos una capa de enriquecimiento más adicional (55, 55') y la al menos una capa de pozo más adicional (65, 65') se apilan entre la capa de pozo (6) y la capa de enriquecimiento adicional (52),  
 45 en el que, para cada conjunto, la capa de enriquecimiento más adicional (55, 55') se dispone más cerca del lado de emisor (12) que la capa de pozo más adicional (65, 65').
3. Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** al menos una capa de enriquecimiento más adicional (55, 55') tiene una concentración de dopado más elevada que la capa de arrastre (7).  
 50
4. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** al menos una de la capa de enriquecimiento (5) y la capa de enriquecimiento adicional (52) tienen una concentración de dopado más elevada que la capa de arrastre (7).
- 55 5. Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la capa de pozo adicional (62) se extiende hasta un fondo de capa de pozo adicional (631), en el que el fondo de capa de pozo adicional (631) se dispone más cerca del lado de colector (16) que el fondo de puerta (211), y **por que** una capa de conexión (58) del primer tipo de conductividad se dispone de tal modo que ésta es contigua a, y de este modo conecta, la capa de aislamiento (25) y la capa de arrastre (7).  
 60
6. Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** la capa de conexión (58) se dispone en el mismo plano que la capa de pozo adicional (62) dentro de un área entre el electrodo de puerta (2) y la capa de arrastre (7).
- 65 7. Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** la capa de pozo adicional (62) se extiende al interior de un área entre el electrodo de puerta (2) y la capa de arrastre (7) o la capa de pozo adicional

(62) se limita a un área lateral a la capa de aislamiento (25) y que es contigua a la capa de aislamiento (25).

5 8. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** el dispositivo (1) comprende además una capa de ánodo (85) del primer tipo de conductividad, que tiene una concentración de dopado más elevada que la capa de arrastre (7), y capa de ánodo (85) que se dispone en el mismo plano y a continuación de la capa de colector (8).

10 9. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el dispositivo (1) comprende además una capa amortiguadora (75) del primer tipo de conductividad, que se dispone entre la capa de arrastre (7) y la capa de colector (8).

15 10. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** el espesor de la capa de pozo adicional (64) se mide entre el fondo de capa de enriquecimiento adicional (531) y como máximo hasta el fondo de puerta (211), y **por que** todas las capas de enriquecimiento (5, 52, 55, 55') y todas las capas de pozo (6, 62, 65, 65') tienen el mismo espesor.

20 11. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que una concentración** de dopado de la capa de pozo adicional (64) se mide entre el fondo de capa de enriquecimiento adicional (531) y como máximo hasta el fondo de puerta (211), y **por que** todas las capas de enriquecimiento (5, 52, 55, 55') y todas las capas de pozo (6, 62, 65, 65') tienen la misma concentración de dopado.

12. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por que**

25 
$$\sum N_{pi} t_{pi} = k \sum N_{ni} t_{ni}$$

en la que  $N_{ni}$  es una concentración de dopado de una capa de enriquecimiento (5, 52, 55, 55'); en la que  $N_{pi}$  es la concentración de dopado de una capa de pozo (6, 62, 65, 65');

30  $t_{pi}$ ,  $t_{ni}$  es el espesor de dichas capas;

k es un factor entre 0,5 y 2 o entre 0,67 y 1,5;

en el que el espesor y la concentración de dopado de la capa de pozo adicional (64) se mide entre el fondo de capa de enriquecimiento adicional (531) y como máximo hasta el fondo de puerta (211).

35 13. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por que** el dispositivo se fabrica sobre una base de una oblea fabricada de silicio o GaN o SiC.

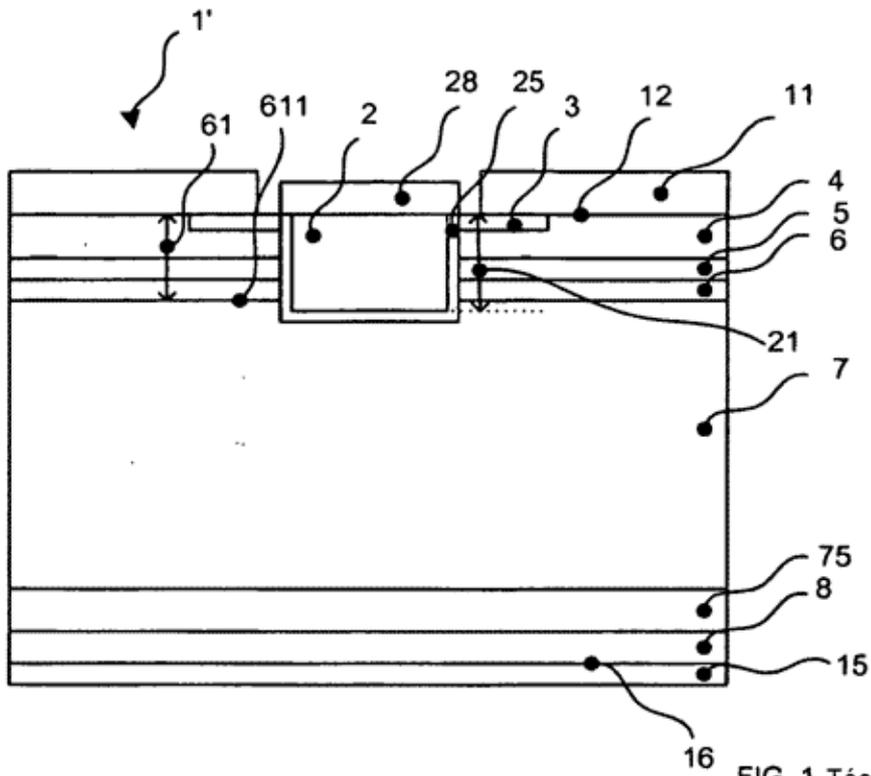


FIG. 1 Técnica anterior

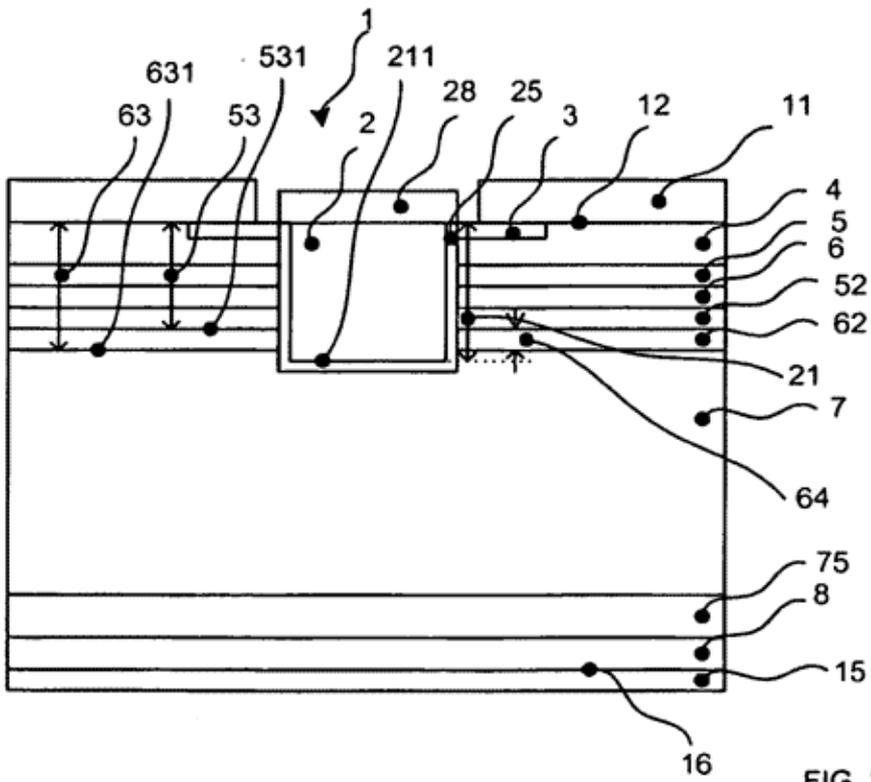


FIG. 2

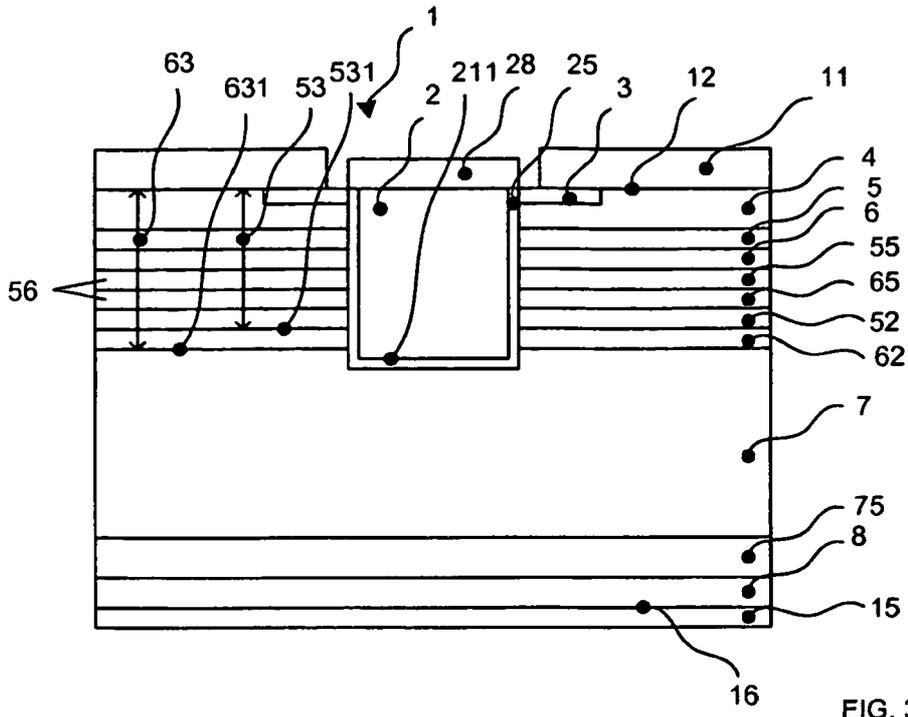


FIG. 3

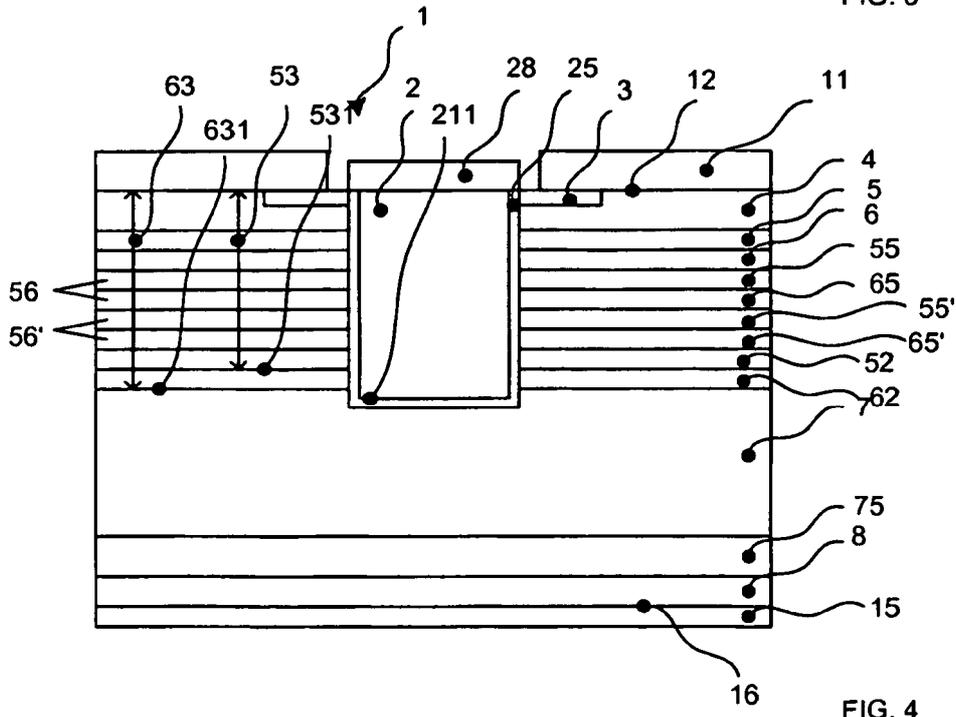


FIG. 4

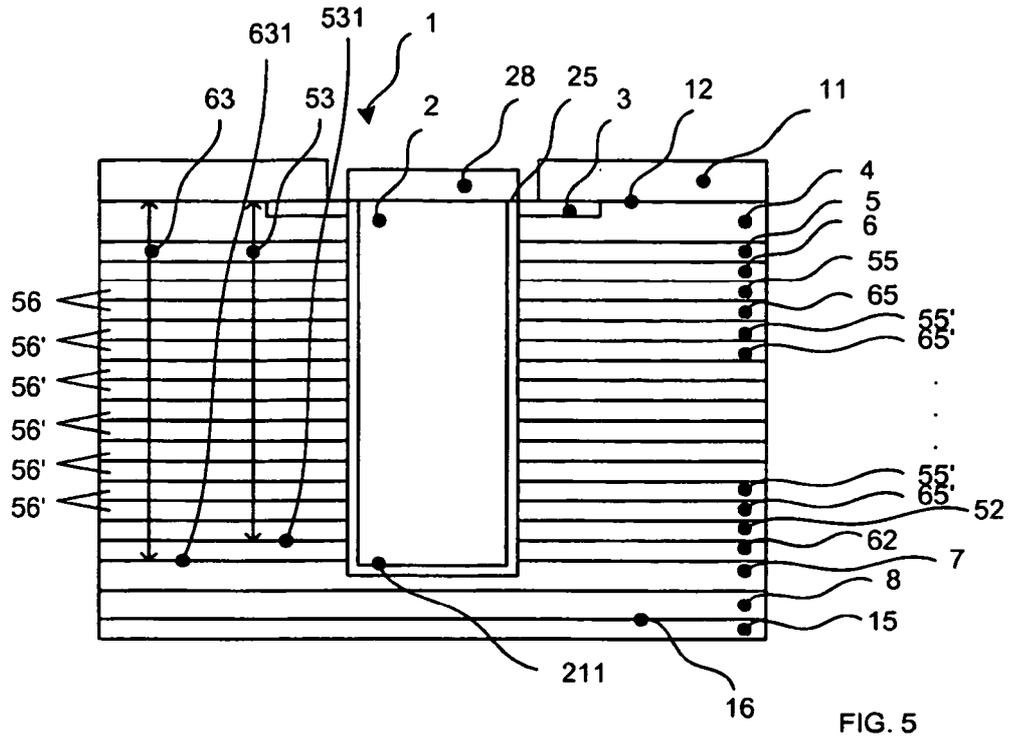


FIG. 5

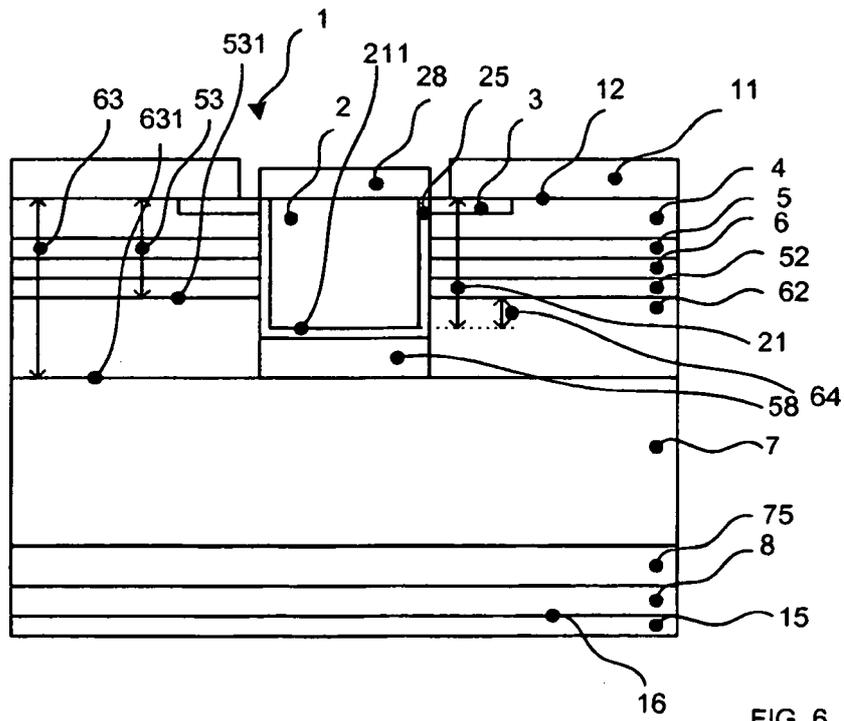


FIG. 6

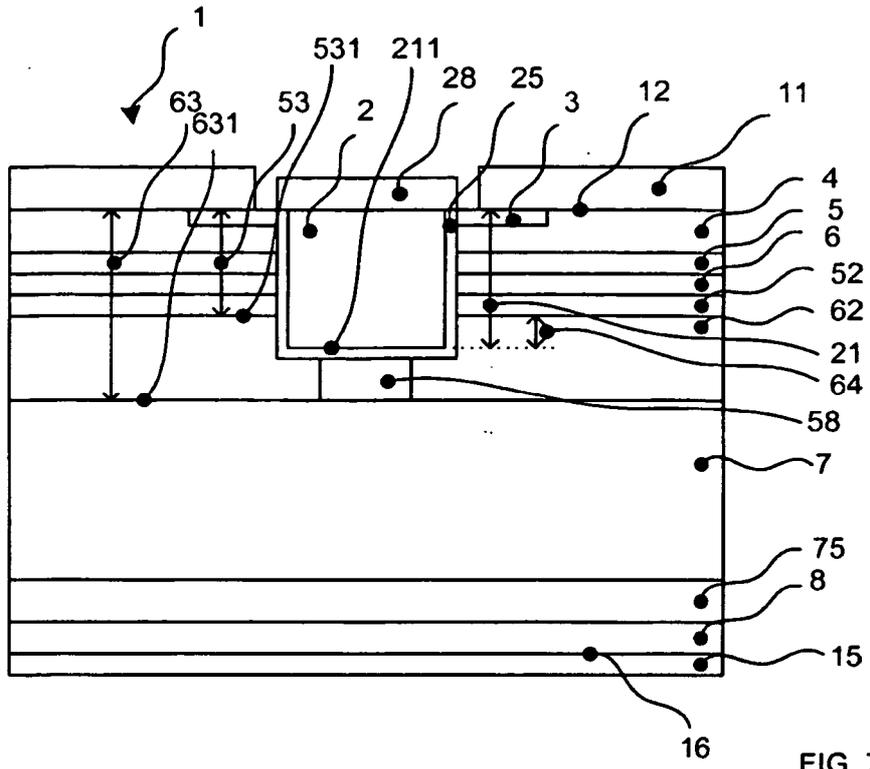


FIG. 7

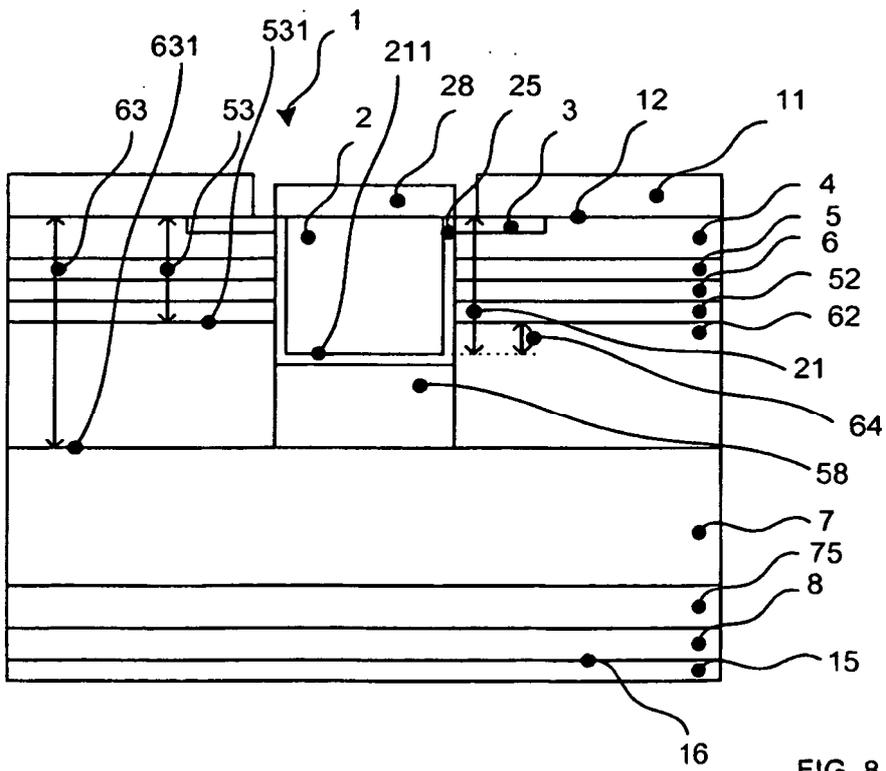


FIG. 8

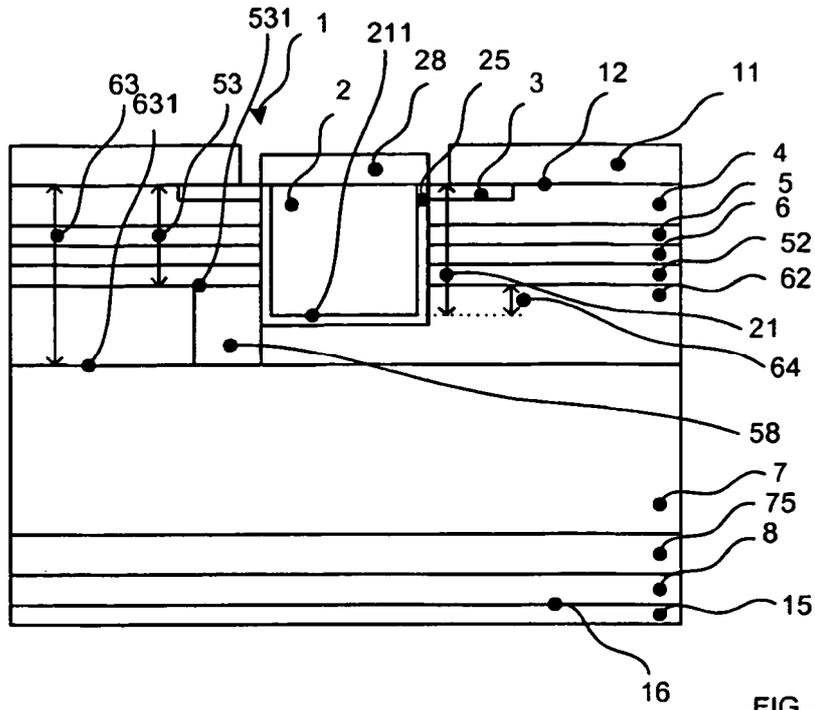


FIG. 9

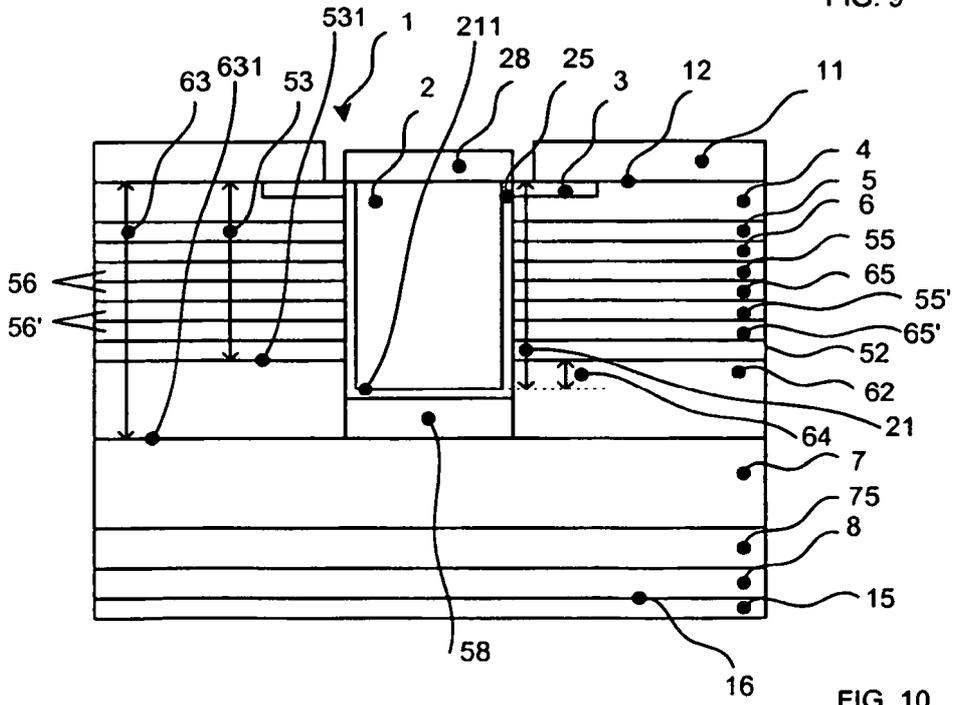


FIG. 10

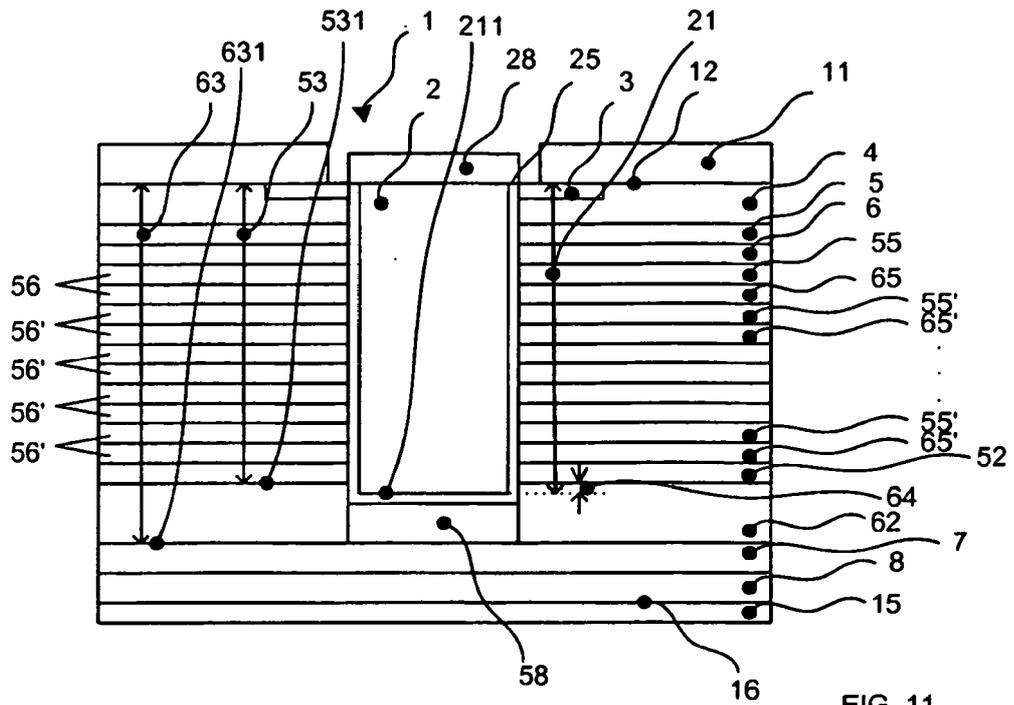


FIG. 11

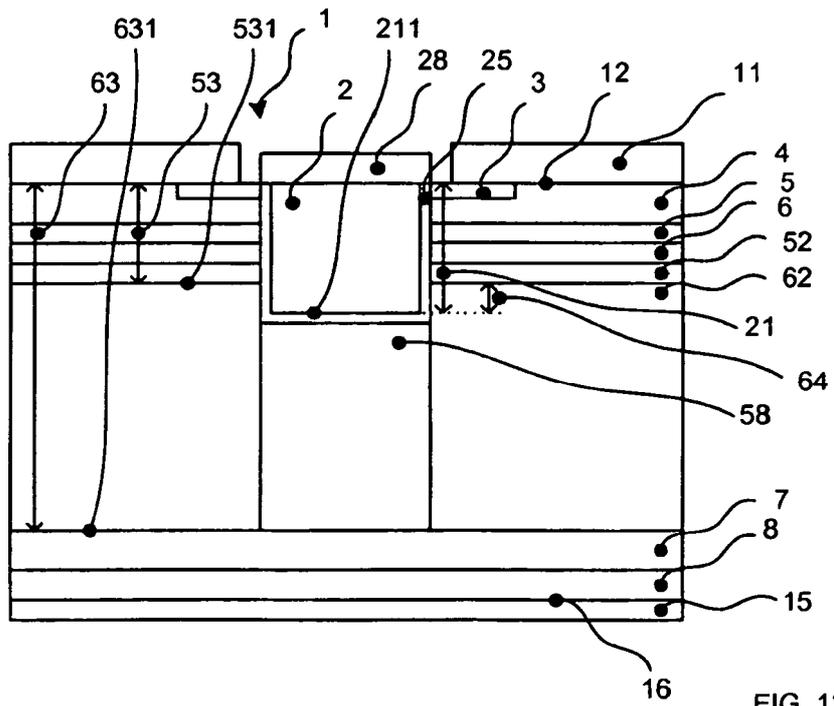


FIG. 12

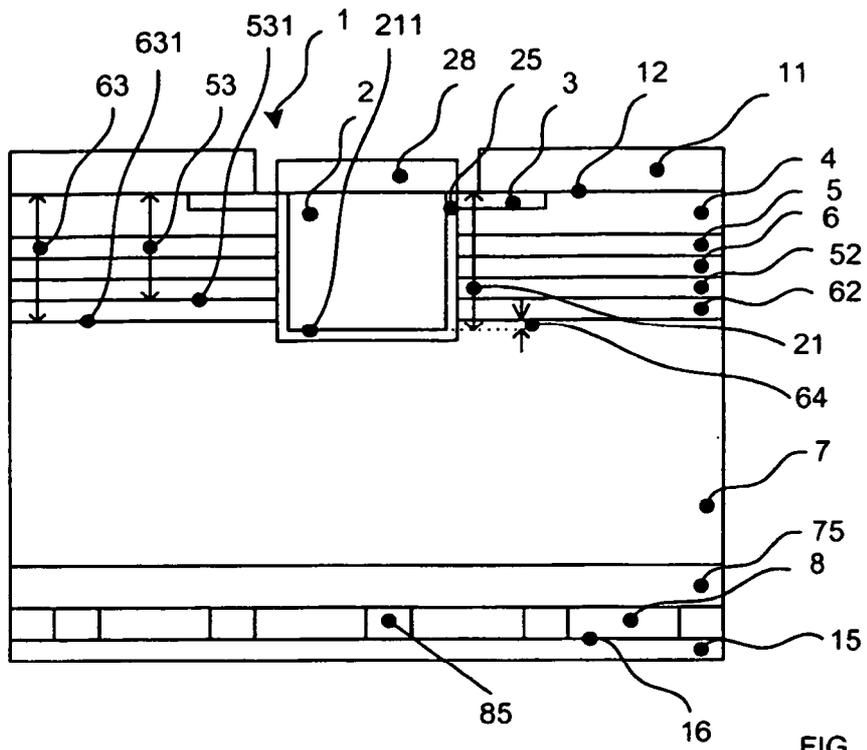


FIG. 13

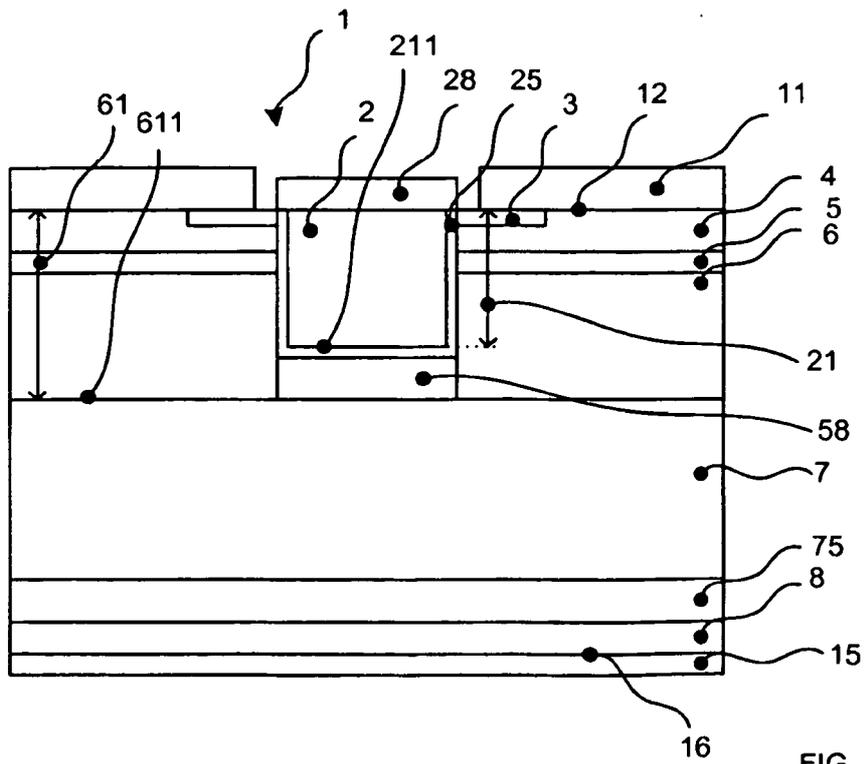


FIG. 14

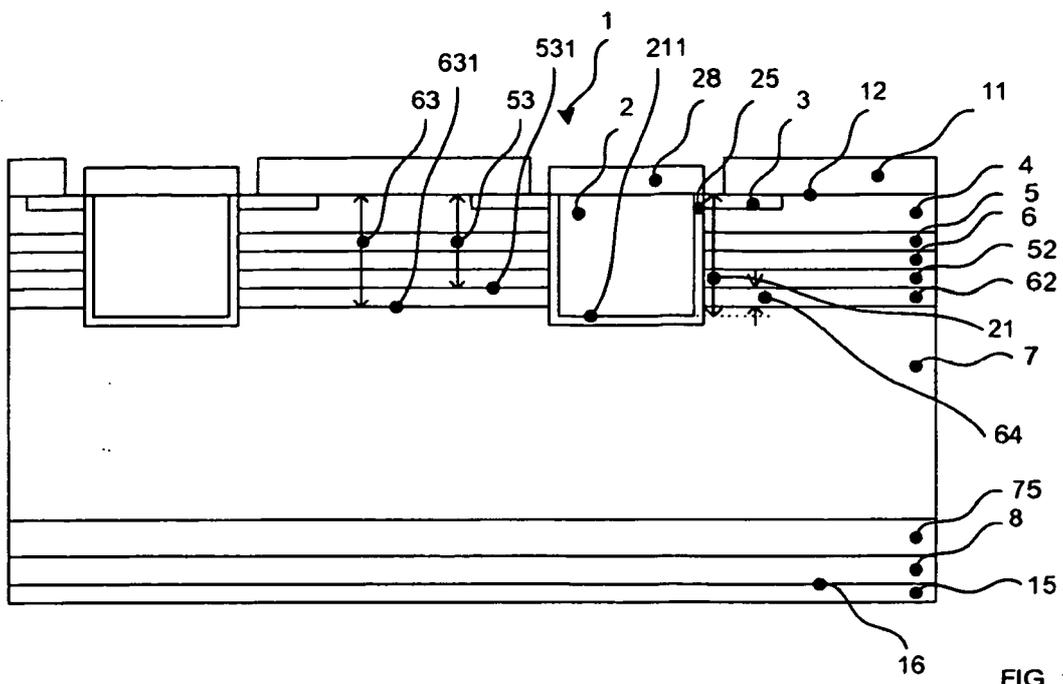


FIG. 15