



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 282 999**

51 Int. Cl.:
H01L 31/18 (2006.01)
H01L 31/068 (2006.01)
H01L 31/0288 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **96904750 .5**
86 Fecha de presentación : **07.03.1996**
87 Número de publicación de la solicitud: **0813753**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **29.12.1997**

54 Título: **Célula solar con campo de superficie trasera y procedimiento para su fabricación.**

30 Prioridad: **10.03.1995 DE 195 08 712**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.10.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.10.2007

73 Titular/es: **Shell Solar GmbH**
Otto Hahn Ring 6
81739 München, DE

72 Inventor/es: **Schlosser, Reinhold y**
Münzer, Adolf

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 282 999 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

Célula solar con campo de superficie trasera y procedimiento para su fabricación.

5 En el intento de reducir el grosor de células solares de silicio se observa una disminución del rendimiento de la célula solar. Por un lado, esto se debe a que una absorción de la luz solar ya no es completa cuando la longitud de absorción es más corta. Por otro lado se generan de forma aumentada portadores de carga en la proximidad del lado trasero, pudiendo los portadores de carga minoritarios alcanzar por difusión el electrodo trasero y reducir de esta manera la corriente generada por los portadores de carga mayoritarios.

10 Mediante una capa con alto dopado en el lado trasero es posible generar un campo que actúa en contra de la difusión de los portadores de carga minoritarios, un llamado campo de superficie trasera. En una estructura de una célula solar con un cuerpo de célula solar con dopado p y un emisor con dopado n⁺ en el lado de incidencia de luz o lado frontal de la célula solar se requiere para este fin un dopado p⁺ en el lado trasero. Para realizar la misma se propone frecuentemente aluminio que puede aplicarse como capa delgada en el lado trasero por ejemplo mediante metalización por evaporización y puede introducirse o alearse mediante una etapa de tratamiento térmico. También es posible generar el dopado p⁺ mediante la aplicación de contactos traseros con contenido de aluminio y la introducción correspondiente del aluminio. Igualmente es posible difundir en el sustrato de la célula solar aluminio procedente de una fuente de difusión de sustancia sólida. No obstante, esto tiene la desventaja de que en ambos lados del sustrato de la célula solar tiene lugar un dopado con aluminio, generándose de esta manera una estructura p⁺pp⁺.

20 También el boro es apropiado para generar un dopado p. Un campo de superficie trasera puede generarse mediante una difusión de fase gaseosa de un compuesto de boro volátil o gaseoso, mediante aplicación de una capa de silicio con contenido de boro en el lado trasero, o mediante aplicación de una solución líquida con contenido de un agente impurificador. No obstante, a las altas temperaturas requeridas para introducir el dopado se observa siempre una difusión en todos los lados, debida a la elevada volatilidad de los compuestos de boro, que debe impedirse mediante recubrimiento de las zonas de la célula solar que no deben doparse.

25 El dopado p⁺ con aluminio, que puede realizarse con un procedimiento relativamente sencillo, tiene la desventaja de una mayor susceptibilidad a la corrosión. En el transcurso del tiempo es posible que se descompongan y se desprendan zonas de capas con contenido de aluminio, lo que conlleva daños en los contactos en el lado trasero y puede causar una reducción de la potencia de la célula solar.

30 Del 11th E. C. PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY CONFERENCE, 12. - 16.10.1992, Montreux, Suiza, páginas 164 a 167 se conoce un procedimiento para la fabricación de una célula solar de silicio en la que una capa de óxido con dopado con boro se aplica en el lado trasero de una oblea de silicio y el boro se difunde a continuación en el silicio a una temperatura de 940°C. Seguidamente se genera una capa emisora mediante difusión de fósforo y, finalmente, los contactos se realizan mediante decapado.

40 Del documento WO-A-9119323 se conoce un procedimiento para la fabricación de una célula solar de silicio dirigido en particular a la fabricación de zonas dopadas. Según este procedimiento se aplica en una parte de la superficie de un sustrato semiconductor una capa de máscara, que forma óxidos y contiene un agente impurificador, y el sustrato se calienta a continuación a una temperatura suficiente para la difusión de una parte del agente impurificador desde la capa de máscara al sustrato semiconductor, teniendo lugar también un autodopado de la superficie descubierta del sustrato semiconductor. Las zonas autodopadas del semiconductor se eliminan mediante decapado mientras que la capa de máscara forma una capa protectora para las zonas dopadas debajo de la capa de máscara.

45 El objetivo de la presente invención consiste en especificar un procedimiento para generar un campo de superficie trasera en una célula solar de silicio que pueda integrarse sin muchos gastos en un procedimiento de fabricación convencional de células solares, que pueda ponerse en práctica de manera sencilla y segura y que dé como resultado una célula solar estable a largo plazo con una sensibilidad reducida respecto a la corrosión. Mediante el procedimiento debe ser posible ahorrar silicio con ayuda de células solares más delgadas y, no obstante, conseguir un rendimiento más alto de la célula solar.

50 Este objetivo se consigue conforme a la invención con un procedimiento según la reivindicación 1. Una célula solar fabricada de esta manera se desprende de la reivindicación 9, mientras que otras configuraciones de la invención se desprenden de las reivindicaciones dependientes. La idea básica de la invención consiste en realizar el dopado p⁺ para el campo de superficie trasera mediante la expulsión de boro de una capa de fuente de difusión con contenido de boro. El dopado no deseado en los bordes y el lado delantero de la oblea se impide por el hecho de que la expulsión se lleva a cabo en una atmósfera con contenido de oxígeno a altas temperaturas de 900°C a 1.200°C. Bajo estas condiciones se forma en los bordes y en el lado delantero de la oblea inmediatamente una capa de óxido que sirve como máscara e impide el dopado no deseado en estas zonas. Después de la introducción es posible eliminar tanto la capa de óxido como la capa de fuente de difusión mediante un sencillo paso de decapado.

55 La generación del campo de superficie trasera (BSF) se lleva a cabo por lo tanto antes de realizar la unión semiconductor, es decir, antes de la difusión de fósforo en el lado delantero de la célula solar. Las altas temperaturas elegidas garantizan una introducción profunda de el dopado de boro. Esta se mantiene estable en todas las etapas posteriores de fabricación de la célula solar que se llevan a cabo a temperaturas claramente inferiores.

ES 2 282 999 T3

Otra ventaja de la invención se obtiene en la fabricación de la unión semiconductora mediante difusión de fósforo. Esta puede llevarse a cabo en todos los lados, es decir, en ambos lados y en los bordes de la oblea. Por lo tanto, tampoco para la difusión de fósforo se necesita una máscara o un recubrimiento de zonas de capas para impedir un dopado no deseado de determinadas zonas. El dopado BSF profundamente introducido sólo se sobrecompensa superficialmente con fósforo.

Mediante el material con contenido de aluminio del contacto en el lado trasero se consigue durante el cocido del mismo establecer un contacto con la capa p^+ y compensar la capa n^+ en la zona del contacto en el lado trasero. Es posible aplicar este contacto de forma estructurada o en toda la superficie.

La capa de fuente de difusión es una capa con contenido de boro de la que es posible expulsar el boro térmicamente. Preferentemente, la capa de fuente de difusión se aplica con ayuda de un barniz de dopado de boro. Este contiene además de boro o de compuestos de boro también SiO_2 en polvo en suspensión. Este barniz de dopado sirve normalmente para realizar altos dopados en semiconductores de potencia. El barniz puede aplicarse de forma líquida por ejemplo mediante centrifugado.

Preferentemente, el lado trasero de la célula solar está configurado de forma hidrófuga y libre de óxidos. El barniz de dopado se aplica en esta superficie en una capa lo más delgada posible y se seca. De esta manera se impide que la capa de fuente de difusión forme grietas durante la introducción o incluso se desprenda. Con una capa de fuente de difusión homogénea y no dañada se consigue un dopado homogéneo del lado trasero.

La introducción del boro desde la capa de fuente de difusión en la célula solar se lleva a cabo a una temperatura de $900^\circ C$ a $1.200^\circ C$, preferentemente de $1.000^\circ C$ a $1.100^\circ C$. Este intervalo se encuentra por debajo de la temperatura de $1.280^\circ C$ que el fabricante del barniz de dopado propone para la aplicación. No obstante, la temperatura de introducción es más alta que la empleada en células solares hasta la actualidad.

El fabricante del barniz de dopado de boro ha propuesto hasta la actualidad recubrir los componentes u obleas en un lado con el barniz y colocar las mismas de tal manera en una pila que se encuentren una sobre otra las superficies a dopar o las superficies que no se deben dopar, respectivamente. De esta manera debe impedirse un dopado de las respectivas superficies opuestas sin tener que emplear máscaras para este fin. No obstante, este procedimiento propuesto tiene la desventaja de que los componentes u obleas se pegan entre sí a las altas temperaturas requeridas para la introducción, por lo que deben separarse a continuación de forma mecánica o química.

Según el procedimiento conforme a la invención no se necesitan máscaras ni un recubrimiento mediante apilado de las zonas que no se deben dopar. Durante la introducción del dopado, las células solares (obleas) están dispuestas de forma distanciada entre sí, por lo que no pueden pegarse una con otra.

Durante la introducción del dopado se requiere una atmósfera con contenido de oxígeno. Preferentemente se trabaja con una atmósfera de oxígeno puro. Para que la capa de óxido pueda formarse inmediatamente, las células solares se cargan directamente en un horno precalentado a la temperatura de introducción. Después de la formación rápida del óxido es posible sustituir la atmósfera de oxígeno por otros gases como por ejemplo nitrógeno.

Otra ventaja del procedimiento conforme a la invención resulta de la elevada afinidad de una capa de óxido con boro que es superior a la afinidad de silicio con boro. Esto tiene como consecuencia que la capa de óxido absorbe el boro volátil que eventualmente escapa a la atmósfera durante la introducción del dopado y sólo puede penetrar en escasa medida en las zonas de superficie a excluir del dopado con boro.

Después del enfriamiento se eliminan tanto la capa de fuente de difusión como la capa de óxido, por ejemplo mediante inmersión en HF.

La unión semiconductora requerida para la célula solar se realiza mediante difusión de fósforo. Esto puede llevarse a cabo mediante difusión por todos los lados, produciéndose además de la capa emisora con dopado n^+ en el lado delantero también una capa poco profunda con dopado n^+ en el lado trasero. Debido a que para la difusión del fósforo a aproximadamente $800^\circ C$ a $900^\circ C$ se ajusta una temperatura considerablemente más baja que durante la introducción de boro, en el lado trasero de la célula solar se mantiene el dopado p^+ mucho más profundo de $1\ \mu m$ a $5\ \mu m$ debajo del dopado n^+ con una profundidad de aproximadamente $0,2\ \mu m$.

Para obtener un elemento semiconductor capaz de funcionar es preciso separar el dopado n^+ en el borde de la célula solar.

De esta manera se evitan cortocircuitos y las correspondientes pérdidas de potencia de la célula solar. Para la separación es posible apilar las células solares una sobre otra y exponerlas durante un corto intervalo de tiempo por ejemplo a un plasma mordiente.

Para obtener en el lado trasero un contacto capaz de funcionar es preciso establecer contacto en el lado trasero de la capa p^+ a través de la capa n^+ . Esto se consigue con un contacto en el lado trasero que contiene aproximadamente un 1 a un 3 por ciento en peso de aluminio. Al cocer el contacto trasero, el aluminio penetra en el lado trasero de la célula solar y genera un dopado p^+ que sobrecompensa el dopado n^+ que se encuentra debajo del contacto trasero. De

ES 2 282 999 T3

esta manera se ha realizado una zona de conexión con baja resistencia debajo del contacto trasero que garantiza una buena conducción de la corriente en el servicio de la célula solar.

El contacto de derivación de corriente en el lado delantero (contacto en el lado delantero) que aún falta para una célula solar capaz de funcionar, puede fabricarse de manera de por sí conocida antes de realizar el contacto en el lado trasero, al mismo tiempo que el contacto en el lado trasero o después de haber cocido el contacto en el lado trasero.

La invención se explica a continuación más detalladamente en base a un ejemplo de realización y las siete figuras adjuntas. En estas se muestran:

Fig. 1 a 4 Diversas etapas de procedimiento en base a secciones transversales esquemáticas de una célula solar.

Fig. 5 y 6 Perfiles de dopado de una célula solar generados conforme a la invención.

Fig. 7 Una célula solar terminada en vista esquemática en corte transversal.

Figura 1: Para la célula solar se elige por ejemplo una oblea de silicio Cz con dopado p y una orientación $\langle 100 \rangle$. En esta oblea puede generarse una textura en la superficie mediante aplicación de corta duración de un mordiente alcalino siguiendo la orientación del cristal, lo que mejora la geometría de la incidencia de la luz para evitar reflexiones (no se representa en la figura 1).

En el lado trasero RS se aplica mediante centrifugado una capa 2 delgada de barniz de dopado (por ejemplo Siodop[®] de la empresa Merck) que se seca a continuación.

Figura 2: La oblea preparada de esta manera se coloca en un soporte y se introduce en un horno precalentado a una temperatura de 1.000°C a 1.100°C. En el horno se ha establecido una atmósfera de oxígeno puro, por lo que en todas las superficies de la oblea 1 no recubiertas por el barniz 2 de dopado de boro se forma inmediatamente una capa 4 de óxido. Al mismo tiempo se expulsa boro de la capa 2 de barniz de dopado que se difunde en el lado trasero RS de la oblea 1. En esta etapa se forma una zona 5 con dopado p⁺ y una profundidad de aproximadamente 1 μm a 5 μm.

Mediante inmersión en HF se eliminan de la oblea la capa 4 de óxido y la capa 2 de barniz de dopado.

Figura 3: Mediante difusión de fósforo (véanse las flechas 6) se genera ahora en todos los lados una zona 7 superficial poco profunda con dopado n⁺. Las condiciones se ajustan de tal manera que la zona 7 con dopado n⁺ alcance una profundidad de aproximadamente 1 μm, preferentemente de 0,2 μm.

Figura 4: Después de la separación de la zona 7 con dopado n⁺ en el borde de la oblea mediante decapado (por ejemplo con un plasma) se aplica un contacto 3 trasero. Esto se lleva a cabo por ejemplo mediante serigrafía con una pasta que contiene, además de aglutinantes y cargas oxídicas, partículas conductoras de plata así como de un 1 a un 3 por ciento en peso de aluminio. Después de la impresión, el contacto 3 trasero se cuece a aproximadamente 700°C a 800°C. En esta etapa se introduce adicionalmente el agente impurificador aluminio en el lado trasero de la célula solar, por lo que se garantiza mediante sobrecompensación del dopado n⁺ en la zona 8 de conexión un dopado p⁺ y de esta manera un buen contacto óhmico entre la zona p⁺ 5 y el contacto 3 trasero.

En la figura 5 se muestra esquemáticamente el perfil de dopado generado en la célula solar antes de cocer el contacto trasero. La concentración de dopado se indica a lo largo del grosor de la oblea entre el lado trasero RS y el lado delantero VS. La zona 1 representa el bajo dopado p inicial de la oblea. La zona 5 señala el dopado p⁺ introducido con una profundidad de aproximadamente 5 μm en el lado trasero RS de la oblea. El dopado n⁺ 7 generada mediante difusión de fósforo con baja profundidad de penetración de aproximadamente 0,2 μm forma el emisor en el lado delantero y genera en el lado trasero mediante sobrecompensación del dopado p⁺ también una zona con dopado n⁺.

En la figura 6 se muestra el perfil de dopado después de haber cocido el contacto trasero, encontrándose el contacto trasero en la zona del corte del plano de sección transversal representado. Con el aluminio se sobrecompensa en la zona de conexión el dopado n⁺ en el lado trasero, por lo que se consigue una zona 8 con dopado p⁺ continuo debajo del contacto trasero. De esta manera se garantiza un buen contacto óhmico entre el contacto trasero impreso y cocido y la célula solar.

En la figura 7 se muestra en vista esquemática en corte transversal una célula solar terminada mediante etapas de proceso de por sí conocidas. Esta presenta por lo menos un contacto 9 en el lado delantero, así como opcionalmente una capa antirreflectante 10 en el lado delantero que puede estar formada por ejemplo de un óxido o de nitruro de silicio, así como una capa 11 de pasivado del lado trasero, por ejemplo un óxido de pasivado. Estas dos capas pueden generarse opcionalmente antes de la aplicación del contacto delantero y/o del contacto trasero. Debido al alto dopado superficial, un óxido crece especialmente rápido, por lo que para el pasivado son suficientes temperaturas medianas y tiempos de proceso cortos.

ES 2 282 999 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la fabricación de una célula solar de silicio con un campo de superficie trasera, que comprende las siguientes etapas:
- a) aplicación de una capa (2) de fuente de difusión que contiene boro como agente impurificador en el lado trasero (RS) de una oblea (1) de silicio con dopado p,
 - 10 b) tratamiento de la oblea (1) en una atmósfera que contiene oxígeno a una temperatura de 900°C a 1.200°C para generar una capa (4) de óxido en los bordes y en el lado delantero y para introducir el agente impurificador,
 - c) eliminación de la capa (2) de fuente de difusión y de la capa (4) de óxido,
 - 15 d) difusión de fósforo en todos los lados para generar la capa (7) de emisor con dopado n⁺,
 - e) separación de la capa (7) con dopado n⁺ en el borde de la oblea,
 - 20 f) aplicación de un contacto trasero (3) que contiene aluminio,
 - g) cocción del contacto trasero (3),
 - h) realización de un contacto (9) en el lado delantero.
- 25 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 según el cual en la etapa a) se aplica como capa (2) de fuente de difusión una capa de barniz de dopado con boro.
- 30 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2 según el cual en la etapa b) la oblea (1) se expone a una temperatura de 1.000°C a 1.100°C.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3 según el cual en la etapa c) la capa (2) de fuente de difusión y la capa (4) de óxido se eliminan mediante decapado con una solución de HF.
- 35 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4 según el cual en la etapa e) se apilan varias obleas (1) una cerca de otra o una sobre otra y en el que la separación de la capa (7) con dopado n⁺ se lleva a cabo mediante decapado de los bordes exteriores de las obleas.
- 40 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5 según el cual el contacto trasero (3) se aplica mediante impresión de una pasta de plata para serigrafía con contenido de aluminio.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6 según el cual en la etapa f) se aplica un contacto trasero (3) que contiene de un 1 a un 3 por ciento en peso de aluminio.
- 45 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7 según el cual en la etapa b) el boro se introduce hasta una profundidad de 1 μm a 5 μm.
9. Célula solar de silicio con
- 50 - un cuerpo (1) de célula solar con dopado p⁻,
 - una zona de capa (5) con dopado p⁺ con boro y una profundidad de 1 μm a 5 μm en el lado trasero (RS),
 - una zona de capa (7) con dopado n⁺ por lo menos en el lado delantero,
 - 55 - un contacto (9) en el lado delantero,
 - un contacto trasero (3) cocido de plata que contiene aluminio y
 - 60 - una zona de conexión (8) con dopado de aluminio en la zona del contacto trasero (3).
10. Célula solar de silicio de acuerdo con la reivindicación 9 en la que el contacto trasero (3) no está aplicado en toda la superficie y en la que entre las zonas recubiertas por el contacto trasero el dopado (5) de boro está sobrecompensado mediante una dopado n⁺ (7) menos profundo.
- 65 11. Célula solar de silicio de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10 que comprende una capa antirreflectante (10) en el lado delantero (VS) y una capa de óxido (11) como capa de pasivado en el lado trasero (RS).

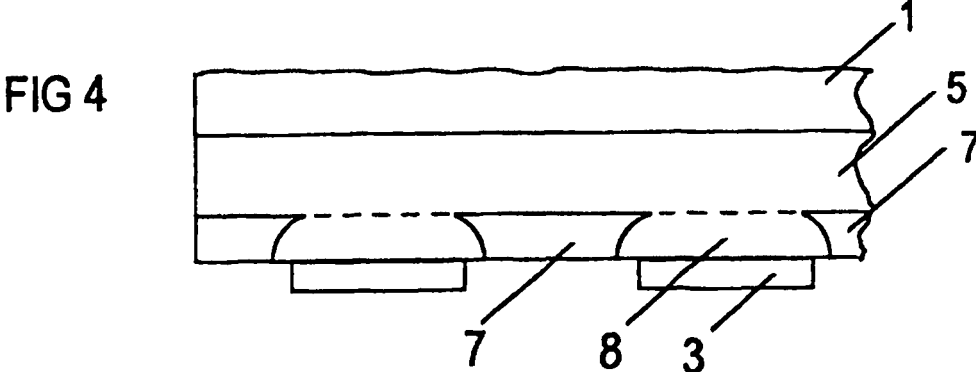
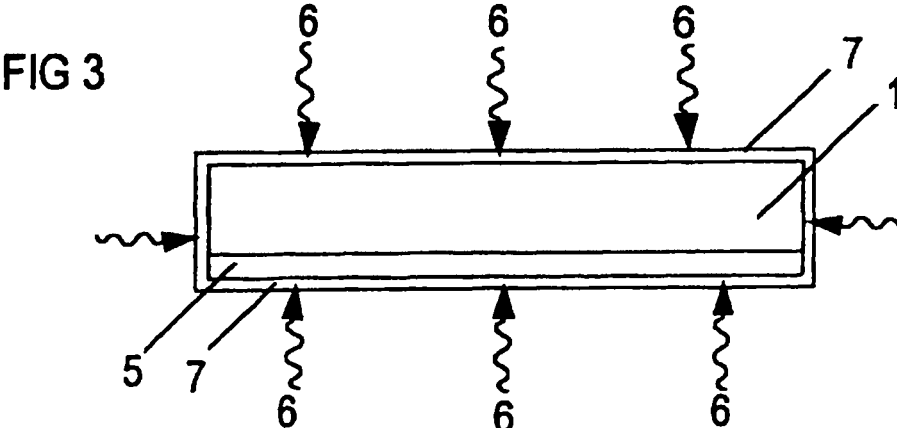
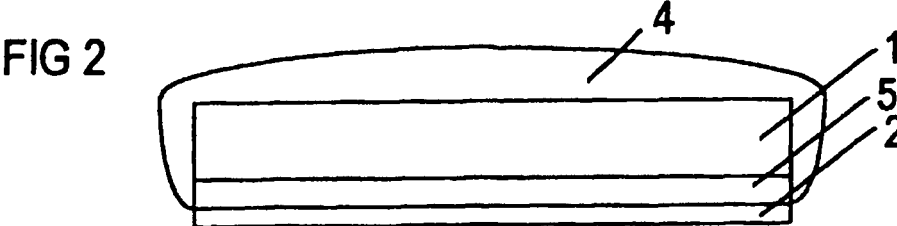
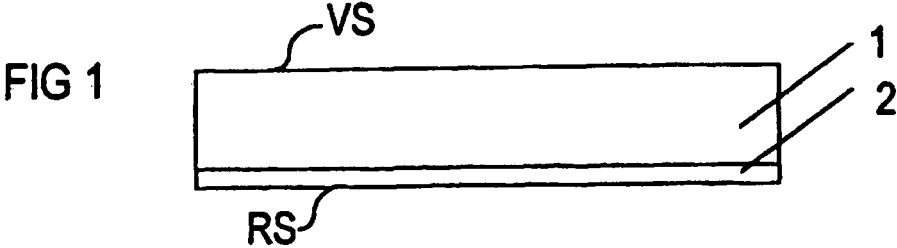


FIG 5

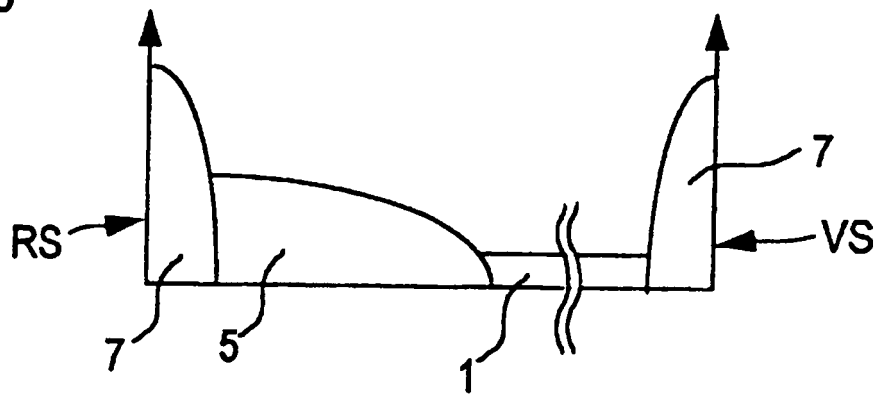


FIG 6

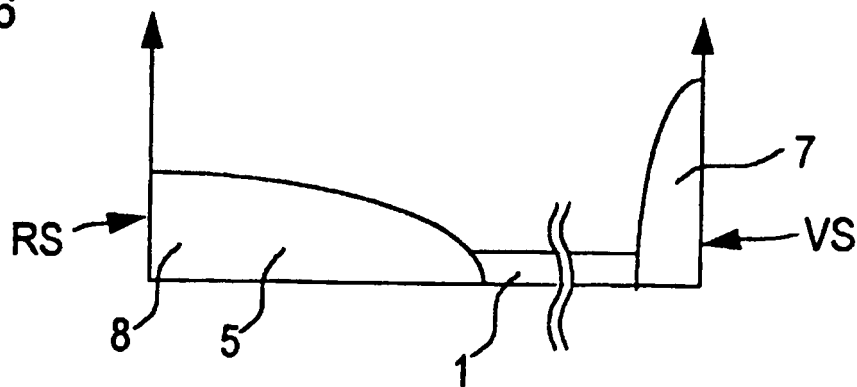


FIG 7

