



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 480**

51 Int. Cl.:
C04B 35/584 (2006.01)
C04B 35/591 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01985334 .0**
96 Fecha de presentación : **22.11.2001**
97 Número de publicación de la solicitud: **1341737**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.09.2003**

54 Título: **Utilización de un sustrato basado en nitruro de silicio para la producción de componentes semiconductores.**

30 Prioridad: **04.12.2000 DE 100 60 221**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.07.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.07.2011

73 Titular/es:
H.C. STARCK CERAMICS GmbH & Co. KG.
Lorenz-Hutschenreuther-Strasse 81
95100 Selb, DE

72 Inventor/es: **Wötting, Gerhard;**
Woditsch, Peter;
Hässler, Christian y
Stollwerck, Günther

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

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

Utilización de un sustrato basado en nitruro de silicio para la producción de componentes semiconductores

- 5 La invención se refiere a la utilización de un sustrato basado en nitruro de silicio para componentes semiconductores, y a componentes semiconductores que contienen el sustrato.
- Bajo sustrato se entiende una pieza plana, lisa o estructurada con un espesor preferiblemente inferior a 3 mm.
- 10 La industria fotovoltaica está dominada actualmente por la tecnología del silicio cristalino. Grandes bloques de silicio policristalino con pesos superiores a 200 kg se dividen en este contexto en discos individuales que tienen, para un espesor de aprox. 300 μm , superficies de 10 x 10 cm^2 hasta 15 x 15 cm^2 . A partir de estos discos se pueden fabricar pilas solares. Por una cristalización bien controlada y procesos adaptados para la producción de pilas solares, se alcanzan hoy en día rendimientos de hasta 15% para pilas solares, que se producen en gran escala industrial.
- 15 Un inconveniente de este tipo de pilas solares es, sin embargo, que durante la división de los bloques de silicio policristalino se producen grandes pérdidas de silicio cristalino caro. Adicionalmente, por motivos de estabilidad, los discos de silicio deben tener un espesor comparativamente grande, lo que condiciona de nuevo un alto consumo de silicio cristalino. En el empeño de proporcionar alternativas económicas para este tipo de pilas solares, se han desarrollado técnicas de capa fina, en las cuales se emplean en la mayoría de los casos capas de semiconductores de sólo unos cuantos micrómetros de espesor. La tecnología de capa fina ofrece adicionalmente la ventaja de que ya pueden separarse pilas solares conectadas monolíticamente y con ello resulta innecesaria una soldadura ulterior de las pilas individuales.
- 20 Los inconvenientes de las tecnologías de capa fina se encuentran prioritariamente en la actualidad en el campo de los rendimientos alcanzables para grandes superficies relevantes para módulos fotovoltaicos, en el campo del m^2 .
- 25 En cuanto a los sistemas de materiales empleados para las pilas solares de capa fina se trata particularmente de diseleniuro de cobre e indio (CuInSe_2 , CIS), telururo de cadmio (CdTe), silicio amorfo (a-Si), arseniuro de galio (GaAs) y silicio cristalino en capa fina.
- 30 La utilización de GaAs hace posible la producción de pilas solares de rendimiento máximo (>30%) pero, debido a la tecnología y los materiales empleados, es muy intensiva en costes, por lo que este tipo de pila solar está limitado a aplicaciones especiales (p.ej. el espacio interplanetario). Para los sistemas de materiales CdTe y CIS se han demostrado asimismo altos rendimientos (hasta 18%) en superficies pequeñas, tropezando hasta ahora con dificultades la consecución de estos rendimientos para grandes superficies de 0,1-1 m^2 . Debido a las heterogeneidades de capa, el rendimiento disminuye en este caso para rendimientos reducidos correspondientes a 10-12%. Inconvenientes del sistema CdTe y CIS pueden considerarse adicionalmente la disponibilidad esencialmente reducida de los materiales en comparación con el silicio y la no aclarada contaminación ambiental en el caso del empleo masivo de estos tipos de pila solar.
- 35 Como los sistemas materiales con la mayor disponibilidad y compatibilidad con el medio ambiente se mantienen por tanto las capas finas de silicio amorfo y cristalino. Debido a la estructura rica en defectos del silicio amorfo, con las pilas solares de capa fina con una capa de silicio amorfo se alcanzan hasta ahora solamente rendimientos de 8% (en la producción industrial sobre superficies grandes). En el caso de las pilas solares de capa fina con una capa delgada más pobre en defectos de silicio cristalino pueden por el contrario asociarse las ventajas del sistema material de silicio con el potencial para rendimientos satisfactorios.
- 40 Así, por ejemplo, en Spektrum der Wissenschaft, febrero de 1999, 10-12, se describe una pila solar de capa fina con un rendimiento de 19,2%. La capa de silicio cristalino fotovoltaica activa se depositaba en un proceso complejo sobre un sustrato de silicio pretratado. A continuación se obtenía sobre la superficie un patrón de pirámides invertidas. En el caso de la pila solar de capa fina descrita se trata sin embargo sólo de un tipo optimizado de laboratorio. La producción en escala industrial de pilas solares de capa fina de este tipo no se ha conseguido hasta ahora. Se indica explícitamente que la construcción de una pila solar de capa fina basada en silicio cristalino plantea una serie de problemas difíciles que hasta ahora sólo han podido resolverse en parte y únicamente en condiciones de laboratorio.
- 45 El problema principal en cuanto al desarrollo de pilas solares de capa fina de silicio cristalino reside en la resolución de la cuestión del sustrato. Por lo que respecta al material sustrato se establecen en este contexto los requisitos principales siguientes:
- estabilidad térmica hasta al menos 1100°C (temperatura de deposición), preferiblemente hasta aprox 1400°C (punto de fusión del silicio).
 - Coeficiente de dilatación térmica desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de deposición análogo al del silicio, a fin de reprimir las tensiones térmicas y asegurar con ello la adherencia de la capa fina de silicio.
 - Incorporación mínima de impurezas procedentes del material sustrato en la capa de silicio, en lo que respecta particularmente a metales de transición. El rendimiento de las pilas solares basadas en silicio disminuye ya en presencia de impurezas metálicas en el campo de las ppba.
- 50
- 55
- 60
- 65

- En resumen, resulta la exigencia de la susceptibilidad de deposición de capas de silicio con pocos defectos para la producción de pilas solares de alto rendimiento, que junto con el requerimiento asimismo importante de una facilidad de producción económica con alta superficie y de una facilidad de empleo directa de los sustratos sin postratamiento intensivo en costes hasta ahora sólo ha podido resolverse insuficientemente. Se han investigado hasta ahora materiales sustrato p.ej. de silicio propiamente dicho, grafito y materiales cerámicos como mullita, Al_2O_3 , SiC , Si_3N_4 (Spektrum der Wissenschaft, febrero 1999, 10-12; Proc. of European Photovoltaic Solar Energy Conference, Glasgow, mayo de 2000).
- En EP 831077 A1 se publica un disco de soporte para una pila solar, que contiene una capa sustrato cerámica basada en carburo de silicio unido por reacción, una capa de recubrimiento de silicio cristalino y opcionalmente una capa de barrera dispuesta entre estas capas. Esto constituye sin embargo una limitación en cuanto a materiales a la materia prima SiC con propiedades normalmente semiconductoras. Asimismo, para la producción del disco de soporte tiene que realizarse la unión por reacción y la configuración de la capa de recubrimiento de silicio en un paso individual de tratamiento térmico, lo que limita acusadamente la posibilidad de ajustar de modo controlado las propiedades del material del disco de soporte. Adicionalmente no se indican medidas de ningún tipo para el ajuste controlado del coeficiente de dilatación térmica (WAK) o de la conductividad eléctrica, y no se hace afirmación alguna acerca de la calidad de las pilas solares de capa fina, que se producen a partir de este disco de soporte.
- EP 536682 A2 describe un componente semiconductor, por ejemplo una pila solar de capa fina, que contiene un soporte, contactos, así como al menos una capa semiconductor presente entre éstos y una capa de formación de núcleos de cristalización dispuesta entre la capa semiconductor y el soporte. El soporte puede estar constituido por cualquier material, preferiblemente con un coeficiente de dilatación térmica como el del silicio. Como soporte apropiado se cita a modo de ejemplo grafito. Sobre el soporte debe aplicarse primeramente una capa intermedia conductora, a continuación una capa de formación de núcleos de cristalización y finalmente la capa fotovoltaica apropiada. Un inconveniente de la utilización de un soporte convencional es que el soporte está sellado sobre la cara orientada hacia la capa de formación de núcleos de cristalización o tiene que aplicarse entre el soporte y la capa de formación de núcleos de cristalización una capa selladora intermedia. Por otra parte, no se hace indicación alguna adicional del rendimiento que pueda alcanzarse con las pilas solares de capa fina construidas de acuerdo con ello.
- La finalidad de la presente invención consistió en proporcionar la utilización de un sustrato para componentes semiconductores, particularmente para pilas solares de capa fina, sobre el cual pueden depositarse capas de silicio con pocos defectos para la producción de pilas solares de alto rendimiento, que tiene gran superficie y es económico y puede emplearse directamente sin post-tratamiento intensivo en costes.
- En el empeño de proporcionar un sustrato que satisfaga las exigencias mencionadas y permita por modificación de la formulación y/o el proceso de producción posibilidades de adaptación muy amplias y de exigencias variadas y/o adicionales, se encontró sorprendentemente, que un material basado en Si_3N_4 , que exhibe en su producción una contracción $< 5\%$ y una porosidad abierta residual $< 15\%$ en volumen, y que está constituido por las fases cristalinas principales Si_3N_4 , SiC y $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$, es extraordinariamente apropiado como sustrato para componentes semiconductores. La pequeña contracción hace posible en este caso obtener sustratos lisos o estructurados de modo controlado sin deformación descontrolada y/u otros deterioros tales como formación de grietas, rechazos, etc.
- Objeto de la invención es por consiguiente la utilización de un sustrato basado en nitruro de silicio para componentes semiconductores, caracterizado porque el sustrato contiene como fases cristalinas nitruro de silicio (Si_3N_4), carburo de silicio (SiC), y oxinitruro de silicio ($\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$) y el contenido de silicio cristalino es $\leq 5\%$, referido a la totalidad de las fases cristalinas presentes, la contracción durante la producción es $< 5\%$ y la porosidad abierta del sustrato es $< 15\%$ en volumen.
- Preferiblemente el contenido de silicio cristalino es $\leq 3\%$.
- Bajo fases cristalinas y silicio cristalino se entienden tales fases y tal silicio que se determinan por medio de difracción de rayos X.
- El sustrato correspondiente a la invención puede producirse a temperaturas comparativamente bajas. De este modo es posible añadir un amplio espectro de aditivos para influir en o ajustar de manera controlada propiedades muy específicas.
- Materiales activos basados en Si_3N_4 , SiC y $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$ con contenidos residuales opcionalmente pequeños de silicio son conocidos ya en sí mismos. Así, WO 00/32537 A2 describe un agente activo que se produce por mezcla de polvos de silicio y Si_3N_4 con adición de un compuesto de silicio orgánico, conformación de esta mezcla y tratamiento térmico del cuerpo conformado resultante. El tratamiento térmico debe realizarse en este caso de tal modo que la existencia de fase de silicio sea $< 1\%$, la contracción lineal $< 5\%$ y la porosidad abierta residual $\leq 13\%$ en volumen. La formulación de la materia prima y la realización del proceso está orientada en este caso a proporcionar materiales activos y componentes estables a temperatura elevada y resistentes a la oxidación, por ejemplo para turbinas, cámaras de combustión o para la elaboración de masas fundidas metálicas. No se encuentra aquí indicación alguna de que este material pudiera ser apropiado o incluso ventajoso como sustrato para componentes semiconductores.

5 Los materiales activos son sin embargo excelentes como sustrato para componentes semiconductores, particularmente dado que por elección apropiada del proceso de fabricación es posible obtener de manera sencilla sustratos de gran superficie. Esto conduce a ventajas técnicas y económicas esenciales, dado que el postratamiento a menudo necesario del sustrato se acorta claramente o incluso se hace totalmente innecesario.

En una forma de realización particular de los sustratos, éstos contienen, en una concentración total < 20% en peso, aditivos sinterizados que, durante la producción, forman una fase líquida y se encuentran en el sustrato como fase secundaria amorfa o como subfases cristalinas más complejas.

10 En principio son apropiados todos los aditivos sinterizados que se añaden habitualmente a materiales cerámicos basados en nitruro de silicio. Preferiblemente se trata en este caso de los aditivos sinterizados de SiO_2 , óxidos alcalinotérreos, óxidos del grupo IIIB y IVB del Sistema Periódico, con inclusión de los óxidos de tierras raras, óxido de V, Nb, Ta, Cr, Fe, Co y/o Ni, pudiendo emplearse los óxidos mencionados aisladamente o en mezcla y/o en combinación con B_2O_3 , Al_2O_3 y/o TiO_2 .

15 Es posible también que el sustrato contenga carburos, nitruros, carbonitruros, oxinitruros, siliciuros y/o boruros de los elementos Si, Al, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Fe, Ca y/o Ni en concentraciones < 10% en peso calculadas como el compuesto respectivo, donde la proporción total de estos constituyentes no sobrepasa 10% en peso, preferiblemente 5% en peso.

20 En una forma de realización adicional, el sustrato puede contener carburos, nitruros, carbonitruros, siliciuros y/o boruros de los elementos Si, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, y/o Fe como otras fases cristalinas principales en una concentración mayor o igual que 30% en volumen, preferiblemente mayor o igual que 35% en volumen, donde el sustrato exhibe una conductividad eléctrica mayor o igual 0,1 S/m.

25 Los carburos, nitruros, carbonitruros, oxinitruros, siliciuros y/o boruros mencionados pueden encontrarse en el sustrato en su forma aplicada o como subfases cristalinas más complejas. Por estas adiciones puede influirse por ejemplo en la adherencia de las capas aplicadas al sustrato. Asimismo, el WAK de las pilas solares de capa fina, que se producen a partir del sustrato correspondiente a la invención, la absorción de los rayos luminosos visibles, infrarrojos y ultravioletas en dichas pilas solares de capa fina y la conductividad eléctrica puede verse influida por estos aditivos.

30 Los carburos, nitruros, carbonitruros, oxinitruros, siliciuros y/o boruros mencionados pueden por ejemplo incorporarse como fibras inorgánicas, cristales filiformes, laminillas o partículas y/o encontrarse en el sustrato en esta forma.

35 Es asimismo posible que el sustrato contenga fibras de carbono, que se encuentran en el sustrato como tales que han reaccionado parcial o totalmente para formar compuestos más complejos.

40 El sustrato se produce en un proceso, en el cual la mezcla de partida se mezcla intensivamente, por prensado, colada en barbotina, prensado en caliente, extrusión o colada en lámina, se reticula en atmósfera inerte y se piroliza y se nitrura a continuación.

Opcionalmente, después de la nitruración puede realizarse una sinterización para compactación ulterior.

45 En el caso de la mezcla de partida se trata por ejemplo de una mezcla de silicio, nitruro de silicio y un polímero orgánico de silicio, donde la proporción de los componentes individuales de la mezcla puede variar dentro de un marco comparativamente amplio. Así, la mezcla de partida puede contener 15-90% en peso de silicio, 5 a 60% en peso de nitruro de silicio y 5 a 60% en peso del polímero orgánico de silicio, preferiblemente polisiloxano y/o policarbosilano y/o copolímeros de estos compuestos. Contenidos de Si inferiores a 15% en peso y contenidos de Si_3N_4 superiores a 60% en peso conducen a que ya no sea suficiente la disminución de la porosidad, resultante de la nitruración del Si a Si_3N_4 , para obtener una materia prima con una porosidad abierta < 15% en volumen. Esto repercute negativamente en las propiedades mecánicas de la materia prima. Contenidos de Si > 90% en peso permiten solamente pequeñas concentraciones de polvo de Si_3N_4 y polímero orgánico de silicio, con lo cual ya no se consigue la estabilidad de fase pretendida, que es responsable de las propiedades positivas de la materia prima. Esto justifica también los límites inferiores especificados $\geq$ 5% en peso para el polvo de Si_2N_4 y el compuesto orgánico de silicio. El límite superior para el polímero orgánico de silicio está establecido en 60% en peso. Contenidos aún más altos conducirían durante la pirólisis a valores de contracción elevados y a una porosidad abierta indeseablemente alta.

60 Los polímeros orgánicos de silicio empleados pueden contener adicionalmente heteroátomos, como por ejemplo B, Ti, Zr y/o Al, que reaccionan después de la pirólisis del polímero orgánico de silicio con los constituyentes de la matriz o la atmósfera gaseosa para dar los óxidos, carburos, nitruros y/o carbonitruros respectivos. Los aumentos de volumen asociados en la mayoría de los casos con estas reacciones favorecen la obtención de la pequeña porosidad abierta de la materia prima correspondiente a la invención < 15% en volumen. Por otra parte, estas neoformaciones hacen posible el ajuste de propiedades muy específicas, p.ej. en lo que concierne a las propiedades eléctricas y/o tribológicas y/o del comportamiento de humectación frente a los líquidos, como p.ej. lubricantes o masas fundidas (metálicas).

65

Para el ajuste de propiedades específicas, es posible también añadir ya materiales inertes convenientes, como p.ej. BN, TiN, TiB₂ o MoSi₂, a la mezcla de partida. A este fin son imaginables una multiplicidad de materiales, con tal que los mismos sean termodinámicamente estables en las condiciones de reacción en presencia de los materiales básicos y no perjudiquen la obtención de la estabilidad de fases pretendida ni pierdan por reacción sus propiedades específicas.

En las mezclas de materias primas pueden incorporarse adicionalmente de modo ventajoso componentes, particularmente carburos, nitruros, carbonitruros, oxinitruros, siliciuros y/o boruros, que en forma de fibras, como fibras cortas o largas, cristales filiformes, laminillas o partículas producen un refuerzo de los materiales activos. A fin de conseguir la pequeña porosidad abierta ventajosa de acuerdo con la invención, < 15% en volumen, pueden ser necesarias en este contexto infiltraciones posteriores con el compuesto orgánico de silicio y pasos de pirólisis adicionales.

Preferiblemente, las fases de partida se encuentran en forma de polvo. Como polvo de silicio se emplean ventajosamente en este contexto calidades de polvo con granulometrías medias < 20 µm. Como polvo de nitruro de silicio son ventajosas calidades de polvo con granulometrías medias < 3 µm.

Como polímero orgánico de silicio pueden emplearse ventajosamente polisiloxanos, polisilazanos o policarbosilanos o copolímeros de estos compuestos. Además de silicio, estos compuestos pueden contener carbono, nitrógeno, hidrógeno y/u oxígeno, así como otros heteroátomos como p.ej. boro, titanio, circonio o aluminio.

Los polímeros orgánicos de silicio utilizados poseen por una parte la función de un aglomerante. Con ello es posible conformar la mezcla de partida, sin adición de otros aditivos orgánicos, por ejemplo por colada en lámina, directamente en sustratos planos. Por otra parte, aquéllos se degradan por pirólisis en atmósfera inerte para dar fases cerámicas y sustancias reaccionantes, y como consecuencia se incorporan en la configuración de la estructura de la materia prima.

Por consiguiente, durante el proceso se pirolizan los polímeros orgánicos de silicio, y en el paso subsiguiente de la nitruración se forma por un transcurso de reacción complejo, que por una parte conduce a la nitruración del polvo de silicio y por otra comprende la reacción de los productos de pirólisis del compuesto orgánico de silicio, una materia prima polifásica, que contiene como fases cristalinas roentgenográficamente detectables nitruro de silicio (Si₃N₄), carburo de silicio (SiC) y oxinitruro de silicio (Si₂N₂O), y opcionalmente Si residual sin reaccionar.

La mezcladura intensiva y la conformación de la mezcla de partida para dar los sustratos pueden realizarse según métodos diferentes. La forma de realización más sencilla consiste en este contexto en mezclar intensivamente en seco las materias primas polvo de Si, polvo de Si₃N₄ y el polímero orgánico de silicio presente a la temperatura ambiente en forma sólida, opcionalmente con adición de un Pressöl orgánico anhidro, tamizar la mezcla p.ej. sobre un tamiz con abertura de malla de 150 µm y conformar en una prensa mecánica el sustrato deseado. Asimismo, son posibles otros procesos de conformación descritos más adelante después de esta mezcladura en seco.

Puede conseguirse una mejor homogeneidad del sustrato resultante, cuando la mezcladura se realiza como molienda húmeda con utilización de un disolvente orgánico anhidro en el cual está disuelto el polímero orgánico de silicio. Esta suspensión se seca con procesos apropiados conocidos en sí mismos, como por ejemplo evaporadores rotativos, secadores de pulverización, etc., se tamiza de nuevo hasta un tamaño < 150 µm y después del proceso de prensado arriba descrito o uno de los procesos de conformación descritos más adelante se conforma para dar la pieza de sustrato en bruto.

Una posibilidad adicional de la producción de la mezcla de partida está representada por el amasado en caliente. En este caso, las materias primas sólidas se calientan en un equipo de mezcla apropiado, por ejemplo un amasador mecánico susceptible de calentamiento con movimiento constante a una temperatura superior al punto de fusión del componente orgánico de silicio, con lo cual se ajusta una consistencia pastosa. Una vez alcanzada la consistencia pastosa, se da por terminado el calentamiento continuando el procedimiento de amasado, con lo cual la mezcla bruta pastosa se transforma en un estado pulverulento, y después de tamizado sobre un tamiz por ejemplo con abertura de malla de 150 µm puede emplearse para la conformación subsiguiente del sustrato.

Para la transformación de las mezclas de partida obtenidas en el sustrato conformado pueden emplearse además del prensado en seco mencionado, por ejemplo, los procesos adicionales siguientes:

- el prensado en caliente, en el cual la mezcla de partida se introduce en una matriz de prensa, que puede calentarse por sí misma o indirectamente. Por calentamiento, el granulado de materia prima se calienta a una temperatura superior al punto de fusión del polímero orgánico de silicio y, después de ello, se aplica la presión de conformación necesaria o se conduce la compresión de tal modo que se obtiene el espesor deseado de la pieza moldeada (controlado por el recorrido). Después de la conformación, se enfría el sistema total, con lo cual se produce una compactación del sustrato conformado y puede retirarse éste de la prensa sin deformación.

- la extrusión, en la cual el granulado de materias primas seco se calienta en una máquina de conformación conocida en sí misma, por ejemplo un extrusor de tornillo sin fin con mezcladura a una temperatura superior al punto de fusión del polímero orgánico de silicio y se conduce al mismo tiempo hacia una tobera en forma de rendija, que tiene la anchura y el espesor deseados del sustrato. Después de la salida de la tobera, el material conformado se deposita sobre una cinta lisa sincronizada con respecto a la velocidad de extrusión, en la cual se enfría el material sustrato y se consolida de tal modo que el mismo puede cortarse y retirarse a continuación.

- 5 - la colada en lámina, en la cual se emplean preferiblemente suspensiones orgánicas de los materiales de partida silicio, nitruro de silicio y el polímero orgánico de silicio, siendo el polímero orgánico de silicio soluble en el disolvente orgánico. Por esta técnica, la suspensión fluye continuamente desde un depósito de reserva pasando por un sistema de cuchillas y en un espesor controlado sobre un banco liso o una cinta transportadora lisa. La cinta transportadora recorre dispositivos de secado que llevan a cabo la vaporización del disolvente y con ello el secado y la consolidación de la suspensión, de tal modo que el material sustrato enfriado puede finalmente cortarse y retirarse.
- Preferiblemente, la conformación de la mezcla de partida se realiza por colada en lámina.
- 10 En el caso de la conformación por colada en lámina es posible también por ejemplo que la suspensión de sólidos contenga además del polímero orgánico de silicio otros aditivos orgánicos, como los que son habituales para la colada en lámina. Por ejemplo, pueden mencionarse metiletilcetona, polivinilbutiral y ftalato de dibutilo.
- 15 El proceso de la colada en lámina es conocido en sí mismo en la industria cerámica para la producción de sustratos de Al_2O_3 , AlN y otros, donde sin embargo para la consolidación de las suspensiones se añaden selectivamente polímeros orgánicos y a continuación tienen que separarse por completo, dado que los mismos pueden sufrir pirólisis por regla general produciendo compuestos distintos de la materia prima. Un proceso de este tipo describe p.ej. Y.W. Kim (Mater. Res. Soc. Symp. Proc., 1993, vol. 287, p. 265-270) para una materia prima de Si_3N_4 con Y_2O_3 y Al_2O_3 como adyuvantes sinterizados. En este caso se disuelve un polímero orgánico en un disolvente orgánico, que produce la dispersión de los materiales activos y su consolidación para dar un sustrato manejable como resultado de la evaporación del disolvente. Antes del tratamiento adicional, en este caso por sinterización, este polímero tiene que quemarse totalmente sin dejar residuo.
- 20 En contraposición a lo anterior, en el caso de la producción de los sustratos por colada en lámina, el polímero orgánico de silicio utilizado no tiene que ser expulsado. Sus productos de descomposición reaccionan para dar Si_3N_4 , SiC y/o $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$, que son constituyentes integrales del sustrato correspondiente a la invención. Sorprendentemente, se ha observado que una mezcla de disolvente orgánico, polímero orgánico de silicio y sólido pulverizado (silicio, nitruro de silicio y opcionalmente aditivos deseados) solos u opcionalmente después de adición de los aditivos orgánicos adicionales mencionados anteriormente por homogeneización suficiente pueden ajustarse a una viscosidad que permite la elaboración de la mezcla por medio de colada en lámina. La fuerza de adhesión del polímero orgánico de silicio después de evaporación del disolvente orgánico es suficiente para obtener un sustrato bruto manejable y conducir éste a la transformación ulterior.
- 25 Resulta sorprendente que una mezcla de disolvente orgánico, polímero orgánico de silicio y sólido en polvo (silicio, nitruro de silicio y opcionalmente aditivos deseados) incluso sin adición alguna de polímeros orgánicos adicionales pueda transformarse por colada en lámina en sustratos planos de la formulación correspondiente a la invención. Las ventajas técnicas del proceso, que van asociadas a ello, han sido ya descritas anteriormente.
- 30 Después del proceso de conformación, los sustratos conformados pueden reticularse por ejemplo a temperaturas $\leq 250^\circ\text{C}$ para hacer infusible el polímero orgánico de silicio, pirolizarse a temperaturas $\leq 1200^\circ\text{C}$ y nitrurarse a continuación a temperaturas $\leq 1500^\circ\text{C}$.
- 35 La nitruración se realiza en una atmósfera gaseosa que contiene nitrógeno. Además de nitrógeno, el gas de reacción puede contener adicionalmente hidrógeno y/o amoníaco gaseoso. La reacción de nitruración puede realizarse tanto a la presión normal como bajo una presión de gas elevada, preferiblemente de 1 a 100 bar. Las temperaturas máximas para esta reacción de nitruración están comprendidas ventajosamente entre 1300 y 1600°C . La evolución temperatura-tiempo para la reacción de nitruración debe ajustarse a las condiciones específicas respectivas, como p.ej. dimensiones del horno y volumen del componente.
- 40 Una forma de realización especial de la nitruración es la operación del proceso bajo presión elevada de N_2 . De este modo, la velocidad de reacción puede acelerarse, aumentarse el grado de conversión del silicio en Ni_3N_4 y acortarse los tiempos totales de proceso, con lo cual se obtienen ventajas económicas claras.
- 45 Preferiblemente, la nitruración se realiza a temperaturas $< 1500^\circ\text{C}$ bajo presión normal de N_2 , en una realización especial a presiones de N_2 comprendidas entre 1 y 100 bar.
- 50 Durante la reticulación, la pirólisis y la nitruración se seleccionan ventajosamente velocidades de calentamiento ≤ 100 K/h.
- 55 Estos pasos de proceso tienen lugar preferiblemente en atmósfera inerte, por ejemplo en presencia de nitrógeno.
- Otra forma de realización específica contempla una sinterización después de la nitruración, que puede realizarse a temperaturas $\leq 1800^\circ\text{C}$ bajo 1-100 bar de N_2 o a temperaturas $> 1800^\circ\text{C}$ a presión elevada de N_2 de 10 a 2000 bar.

Los pasos de proceso reticulación, pirólisis, nitruración y opcionalmente sinterización pueden realizarse en un horno individual apropiado, pero es ventajosa sin embargo la utilización de diferentes plantas de hornos optimizadas en cada caso para el campo de temperatura correspondiente.

5 Los sustratos pueden emplearse de diversas maneras. Los mismos se utilizan para la producción de componentes semiconductores. Los sustratos correspondientes a la invención son particularmente apropiados para la producción de pilas solares de capa fina.

10 A este fin se depositan por ejemplo en primer lugar una o varias capas de silicio sobre el sustrato. A continuación, el sustrato revestido puede procesarse ulteriormente por pasos de proceso subsiguientes (p.ej. difusión, implantación, oxidación) o la aplicación de pistas conductoras a los componentes semiconductores, preferiblemente para pilas solares de capa fina.

15 No obstante, es posible también emplear los sustratos para aplicaciones específicas en electrónica, óptica y construcción de máquinas y aparatos generales.

Objeto de la invención son adicionalmente componentes semiconductores, que contienen un sustrato correspondiente a la invención. Preferiblemente se trata en este caso del componente semiconductor para una pila solar de capa fina.

20 Para la producción de los componentes semiconductores correspondientes a la invención puede procederse por ejemplo de tal manera que se depositan sobre el sustrato una o más capas de silicio cristalinas por medio de deposición química en fase gaseosa (CVD) o epitaxia en fase líquida (LPE). Las temperaturas del sustrato durante la deposición por CVD están comprendidas por ejemplo entre 900°C y 1300°C, preferiblemente entre 1100°C y 1200°C. En un reactor CVD se hace pasar de manera conocida sobre el sustrato una mezcla de triclorosilano o silano con un gas impurificador que contiene por ejemplo diborano, borano, compuestos organometálicos que contienen aluminio y/o que contienen galio diluidos en hidrógeno. La velocidad de crecimiento de las capas es 1-10 µm/min.

25 Las temperaturas de deposición de la LPE están comprendidas por ejemplo entre 500°C y 1000°C, preferiblemente entre 800°C y 1000°C. En este caso, una masa metálica fundida se enriquece con silicio y los metales de impurificación deseados se aplican sobre el sustrato y se realiza un crecimiento de capas de silicio a partir de la masa fundida. En ambos procesos de deposición, la granulometría es habitualmente sólo de pocas decenas de µm.

30 Dado que de este modo una capa de silicio finamente cristalina no es apropiada para pilas solares, la granulometría tiene que aumentarse. Ello se realiza habitualmente con un proceso de fusión por zonas en fase líquida. A este fin, la capa de núcleos de cristalización se funde por ejemplo a aprox. 1420°C en una pequeña tira hasta la superficie cerámica y la zona líquida se extiende uniformemente sobre la sonda. Después de la formación de los gérmenes cristalinos por nucleación espontánea tiene lugar así un recrecimiento lateral de la capa amorfa intermedia. A partir de la capa cristalina fina se forma una capa con granos gruesos de varios milímetros de anchura y varios centímetros de longitud.

35 Es posible también que entre el sustrato y las capas de silicio se apliquen una o más capas adicionales denominadas capas de barrera. Preferiblemente, en el caso de las capas adicionales se trata de capas de nitruro de silicio, óxido de silicio o carburo de silicio, o una combinación de dichas capas. La aplicación de estas capas adicionales tiene lugar de una manera conocida en y por sí misma. Ello puede realizarse por ejemplo por deposición química en fase gaseosa ayudada por plasma. La temperatura del sustrato está comprendida en este caso por ejemplo entre 200°C y 800°C, preferiblemente entre 300°C y 400°C. Para la producción de una capa de nitruro de silicio se hacen pasar silano y nitrógeno en el plasma sobre la sonda, y para la producción de óxido de silicio silano y gas hilarante.

40 La aplicación de las capas intermedias sirve por una parte para impedir que las impurezas del sustrato pasen a la capa fotovoltaica activa, y por otra parte permite adaptar mejor las propiedades del sustrato a las propiedades de las capas de silicio depositadas, por ejemplo conductividad, adherencia, y barrera de difusión. Sin embargo, por el empleo de los sustratos correspondientes a la invención puede realizarse también muy sencillamente la adaptación de las propiedades del sustrato a las propiedades de las capas de silicio por ajuste de las propiedades del sustrato propiamente dichas, dado que por variación de la composición del sustrato y la adición selectiva de materiales apropiados, pueden modificarse las propiedades del sustrato dentro de amplios límites.

45 A partir del sustrato revestido pueden producirse luego de modo conocido componentes semiconductores, particularmente pilas solares de capa fina. Por ejemplo, en este caso se procede de tal manera que se difunde fósforo en la capa de silicio impurificada con boro. Ello se realiza habitualmente a una temperatura de difusión de 700°C a 1000°C, preferiblemente a 800°C hasta 850°C en una corriente de gas POCl₃ en un horno tubular de difusión. Después de la difusión, el vidrio de fósforo formado tiene que separarse con una mezcla de ataque que contiene ácido fluorhídrico. Después de ello se aplica una capa antirreflectante constituida por dióxido de titanio y/o fluoruro de magnesio o nitruro de silicio en una planta de metalización a vacío o una deposición química en fase gaseosa ayudada por plasma. Son también posibles otros métodos de aplicación como atomización, aplicación con rasqueta o métodos análogos.

50 A continuación se aplican los contactos. Si se utiliza un sustrato cerámico aislante, los contactos se aplican sobre la cara anterior del sustrato revestido, y si se utiliza un sustrato cerámico conductor, sobre las caras anterior y posterior.

Para la aplicación de los contactos se estampan pastas que contienen metal o se aplican metales por metalización a vacío, de tal modo que se forma sobre la cara anterior una rejilla de contactos en forma de peine mientras que la cara posterior puede estamparse en toda su superficie o en forma de rejilla. Los contactos se tratan a continuación térmicamente a una temperatura de por ejemplo 500°C a 1000°C, preferiblemente de 650°C a 750°C, a fin de hacer posible una transición de baja resistencia óhmica entre semiconductor y metal o cerámica y metal.

La estructura de una pila solar de capa fina basada en un sustrato cerámico aislante se reproduce esquemáticamente en la Figura 1. Sobre el sustrato cerámico aislante (5) se encuentra una capa de barrera (4). Sigue una capa impurificada con boro (3), una capa impurificada con fósforo (2) y finalmente una capa antirreflectante (1). Los contactos están formados como contactos en la cara anterior (6), con lo que se realiza no sólo una puesta en contacto de la capa impurificada con boro (3), sino también de la capa impurificada con fósforo (2).

La configuración de una pila solar de capa fina basada en un sustrato cerámico conductor se reproduce esquemáticamente en la Figura 2. Sobre el sustrato cerámico conductor (50) se aplica una capa de barrera perforada (40). Sigue una capa impurificada con boro (3), una capa impurificada con fósforo (2) y finalmente una capa antirreflectante (1). Los contactos están formados como contactos en la cara anterior (6) y contactos en la cara posterior (7), estando aplicados los contactos de la cara anterior (6) sobre la capa impurificada con fósforo (2).

Las pilas solares de capa fina producidas a base del sustrato correspondiente a la invención se caracterizan por rendimientos de por ejemplo 9,4%. Adicionalmente, las pilas solares de capa fina pueden producirse también económicamente en escala industrial, dado que los sustratos correspondientes a la invención, particularmente por la colada en lámina pueden obtenerse muy fácilmente en la forma plana necesaria de tamaño apropiado.

La invención se ilustra adicionalmente con ayuda de los ejemplos que siguen. Los ejemplos reproducen sin embargo exclusivamente formas de realización individuales y no deben entenderse como limitación de la idea subyacente de la invención.

Ejemplos

Ejemplo 1 (ejemplo comparativo)

1000 g de polvo de silicio de tamaño de partícula medio 3 µm, p.ej. HCST Grado A10 de la firma H.C. Starck GmbH & Co KG y 500 g de un metilpolisiloxano, p.ej. NH2100 de la firma Nünchritz, se mezclaron en isopropanol con ajuste de un contenido de sólidos de 30% en peso en un tambor de molienda con bolas de molienda de Si₃N₄ sobre un caballete de rodillos durante 10 horas, se retiraron las bolas de molienda y se eliminó por destilación el disolvente isopropanol. El material secado resultante se secó en un armario de secado con aire a 80°C como máximo y se pulverizó de nuevo en un tambor de molienda con bolas de molienda de Si₃N₄ sobre un caballete de rodillos. Se produjo un material pulverulento, que se tamizó sobre un tamiz con abertura de malla 100 µm. El tamizado se prensó en una prensa axial con matriz de acero con presiones de apriete ≥ 10 kN/cm² para dar sustratos de 100 x 100 mm de superficie y aprox. 2 mm de espesor. Estos sustratos se reticularon por calentamiento con hasta 3 K/min a aprox. 250°C bajo purga con N₂, se pirolizaron por calentamiento ulterior a 900°C bajo 1 bar de N₂ y se nitruraron por continuación de este calentamiento hasta 1400°C en N₂ a 1 bar.

En los sustratos así producidos y compactados se determinaron las variaciones de peso y dimensiones, la densidad (principio de Arquímedes después de saturación con H₂O), la porosidad abierta (y la distribución de tamaños de poro) por porosimetría con Hg a presión, y la estabilidad de fases cristalinas por flexión Röntgen.

Los valores característicos determinados en este sustrato se recopilan en la Tabla 1. Mientras que la contracción y las fases cristalinas principales corresponden a los criterios de la invención, la porosidad abierta es claramente superior al valor límite de 15% en volumen y la estabilidad de fase de silicio cristalino es superior a 5%.

Se realizaron experimentos de revestimiento para la producción de pilas solares de capa fina. En este caso se aplicó como se describe en el Ejemplo 7 una capa de barrera SiO₂-Si₃N₄-SiO₂ sobre el sustrato. A continuación se aplicó una capa de gérmenes de cristalización de silicio con CVD. En las masas fundidas de las zonas de fase líquida subsiguientes se produjeron reacciones entre las sustancias de revestimiento y el material sustrato y, debido a ello, se produjo una adherencia deteriorada y/o se ocasionaron daños en el revestimiento. Por consiguiente, los sustratos producidos según el Ejemplo 1 no son adecuados para la producción de componentes semiconductores.

Ejemplo 2a

900 g de polvo de silicio de tamaño de partícula medio 3 µm, p.ej. HCST Grado A10 de la firma H.C. Starck GmbH & Co KG, 500 g de un metilpolisiloxano, p.ej. NH2100 de la firma Nünchritz, y 600 g de polvo de Si₃N₄ con un tamaño de partícula medio de 0,7 µm y un contenido de N de > 38% en peso, p.ej. HCST-M11, se trataron como se describe en el Ejemplo 1. La conformación para producir tamaños iguales de sustrato se realizó sin embargo por prensado en caliente a 160°C. La transformación ulterior se realizó análogamente al Ejemplo 1. Los valores característicos resultantes se recopilan en la Tabla 1.

Se realizaron experimentos de revestimiento análogamente al Ejemplo 1. La adherencia y la integridad de las capas aplicadas por metalización a vacío era buena, y el material era por tanto apropiado para la producción de componentes semiconductores.

Ejemplo 2b

La misma mezcla de partida del Ejemplo 2a se conformó en condiciones idénticas a las del Ejemplo 2a por prensado en caliente para dar sustratos, se reticuló con purga de N_2 y se pirolizó. A diferencia del procedimiento según el Ejemplo 1 y el Ejemplo 2a, la nitruración se realizó por calentamiento a $1370^\circ C$ bajo 25 bar de N_2 . La densidad y la porosidad abierta (véase Tabla 1) se modifican en el caso del sustrato nitrurado de esta forma de realización sólo en un grado insignificante frente al Ejemplo 2a; el contenido residual de silicio libre desciende sin embargo ya después de sólo aprox. el 50% del tiempo de reacción frente al Ejemplo 2a por debajo del límite de detección roentgenográfico.

Se realizaron experimentos de revestimiento análogamente al Ejemplo 1. La adherencia y la integridad de las capas aplicadas por metalización a vacío era buena, y el material era apropiado por consiguiente para la producción de componentes semiconductores.

Ejemplo 3

La misma mezcla de partida del Ejemplo 2a se trató, no como se describe en el Ejemplo 1 en isopropanol, sino en hexano, siendo el contenido de sólidos referido a los constituyentes insolubles del polvo 60% en peso. La homogeneización se realizó como se describe en el Ejemplo 1. A continuación no se concentró por evaporación sino que la suspensión se tamizó directamente sobre un tamiz con abertura de malla de $50\ \mu m$, se desgasificó en el desecador con agitación, se calentó a $60^\circ C$ y se transformó en una planta de colada en lámina de laboratorio. En este caso se obtuvieron sustratos muy uniformes en lo que respecta a espesor y calidad de las superficies que se trataron posteriormente conforme al Ejemplo 1.

Los valores característicos resultantes se recopilan en la Tabla 1, correspondiendo a los criterios de acuerdo con la invención.

Se realizaron experimentos de revestimiento análogamente al Ejemplo 1. La adherencia y la integridad de las capas aplicadas por metalización a vacío era satisfactoria, y el material era apropiado por tanto para la producción de componentes semiconductores.

Ejemplo 4

900 g de polvo de silicio, 500 g de metilsiloxano y 500 g de polvo de Si_3N_4 de acuerdo con el Ejemplo 2a, y adicionalmente 100 g de Y_2O_3 , 50 g de Al_2O_3 y 70 g de $MgAl_2O_4$, donde los aditivos tenían finuras con granulometrías medias inferiores a $1\ \mu m$ y purezas $\geq 98\%$, se trataron análogamente al Ejemplo 1, y se transformaron análogamente al Ejemplo 2a para dar sustratos. Estas piezas compactadas por nitruración se sinterizaron adicionalmente a $1750^\circ C$ bajo 2 bar de N_2 , con lo cual el material se consolidó ulteriormente y ya no pudo detectarse porosidad abierta alguna (Tabla 1).

Los valores característicos resultantes se recopilan en la Tabla 1, correspondiendo a los criterios de acuerdo con la invención.

Se realizaron experimentos de revestimiento análogamente al Ejemplo 1. La adherencia y la integridad de las capas aplicadas por metalización a vacío eran satisfactorias, siendo el material apropiado por tanto para la producción de componentes semiconductores.

Ejemplo 5

A una mezcla de partida idéntica a la del Ejemplo 2a se añadieron adicionalmente 40 g de polvo WC con un tamaño de partícula medio de $< 2\ \mu m$ y una pureza $\geq 96\%$, se trataron los materiales como se describe en el Ejemplo 1 y se conformaron y acabaron como se expone en el Ejemplo 2a. Se comprobó que el WC reaccionaba durante la nitruración para dar WSi_2 y el sustrato adquiría un color negro intenso.

Los valores característicos resultantes se recopilan en la Tabla 1, correspondiendo a los criterios de acuerdo con la invención.

Se realizaron experimentos de revestimiento análogamente al Ejemplo 1. La adherencia y la integridad de las capas aplicadas por metalización a vacío era buena, y el material era apropiado por tanto para la producción de componentes semiconductores.

Ejemplo 6

- 5 A una mezcla de partida idéntica a la del Ejemplo 2a se añadieron adicionalmente 700 g de polvo de TiN con un tamaño de partícula medio $< 2 \mu\text{m}$ y un contenido de N de $> 20\%$ en peso, p.ej. HCST-Grado C. Estos materiales de partida se trataron como se describe en el Ejemplo 1 y se conformaron y acabaron como se realizó en el Ejemplo 2a, seleccionando como temperatura de nitruración, a diferencia de los ejemplos mencionados, 1380°C bajo 1 bar de N_2 . El TiN formaba en el material nitrurado una estructura de percolación, que causaba una conductividad eléctrica de $> 1 \text{ S/m}$. adicionalmente, se realizó la nitruración. Incluso en el caso de la temperatura más baja en comparación con los Ejemplos 1 y 2a durante la nitruración, ya no era detectable roentgenográficamente en los sustratos silicio libre alguno.
- 10 Los valores característicos resultantes se recopilan en la Tabla 1, correspondiendo a los criterios de acuerdo con la invención.
- 15 Se realizaron experimentos de revestimiento análogamente al Ejemplo 1. La adherencia y la integridad de las capas aplicadas por metalización a vacío era satisfactoria, y el material era por tanto apropiado para la fabricación de componentes semiconductores.

Tabla 1

Ejemplo:	1	2a	2b	3	4	5	6
Formulación de partida	Polvo de Si, MPS*	Polvo de Si, Polvo de SN, MPS*	Polvo de Si, Polvo de SN, MPS*	Polvo de Si, Polvo de SN, MPS*	Polvo de Si, Polvo de SN, MPS*, Y ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , MgAl ₂ O ₄	Polvo de Si, Polvo de SN, MPS*, WC	Polvo de Si, Polvo de SN, MPS*, TiN
Conformación	Prensado en seco	Prensado en caliente	Prensado en caliente	Colada en lámina	Prensado en caliente	Prensado en caliente	Prensado en caliente
Contracción	% 0,8	1,5	1,5	2,5	4,8	1,8	3,4
Densidad	g/cm ³ 2,25	2,55	2,60	2,48	3,04	2,58	2,78
Porosidad abierta	% vol. 22	11	9	13	0	11	12
Estabilidad de fases:	Si ₃ N ₄ SiC Si ₂ N ₂ O otros	pres. ¹ pres. ¹ pres. ¹ --	pres. ¹ pres. ¹ pres. ¹ --	pres. ¹ pres. ¹ pres. ¹ --	pres. ¹ pres. ¹ pres. ¹ Fase amorfa n.det**	pres. ¹ pres. ¹ pres. ¹ Fases de WSi 2	pres. ¹ pres. ¹ pres. ¹ TiN n.det**
Si	6	2	n.det**	2			
Observaciones		Nitruración estándar	Nitruración a presión		Sinterizado		
De acuerdo con la inven-	no	sí	sí	sí	sí	sí	sí
	*: Metilpolisiloxa- no 1: presente		**n.det: no detectable				

Ejemplo 7 (producción de pilas solares)

- 5 Un sustrato de nitruro de silicio, que se preparó de acuerdo con el Ejemplo 4, se dotó a continuación con una capa de barrera de óxido de silicio/nitruro de silicio/óxido de silicio con los espesores de 1 μm , 0,1 μm y 1 μm . La deposición de la capa de barrera se realizó por deposición química en fase gaseosa ayudada por plasma. La temperatura del sustrato era en este caso 350°C. Para la producción de la capa de nitruro de silicio se hicieron pasar silano y nitrógeno en el plasma sobre la sonda, y para producción de las capas de óxido de silicio silano y gas hilarante.
- 10 El sustrato revestido se dotó luego por medio de una deposición química en fase gaseosa con una capa de silicio finamente cristalina de aproximadamente 10 μm de espesor (granulometría aproximada 30 μm) impurificada con boro. Para ello se calentó el sustrato revestido con la capa de barrera en un reactor CVD a 950°C y se trató con una mezcla gaseosa constituida por 10 l/min de hidrógeno, 10 g/min de triclorosilano y 0,1 l/min de diborano.
- 15 Se realizó luego un paso de recristalización en fase líquida para el engrosamiento de los granos. Para ello, la capa de silicio se fundió a 1420°C en una pequeña tira de algunos milímetros hasta la superficie cerámica y la zona líquida se prolongó uniformemente con aproximadamente 10 mm/min por encima de la sonda. En el borde del sustrato se formaron por nucleación espontánea gérmenes cristalinos, que condujeron luego a un recrecimiento lateral de la capa intermedia. Los granos tenían después de la refundición varios milímetros de anchura y varios centímetros de longitud. Esta
- 20 capa de silicio refundida impurificada con boro se reforzó luego con una segunda deposición por CVD a 1200°C y una mezcla gaseosa como anteriormente hasta aproximadamente 30 μm de espesor de capa.
- 25 A partir del sustrato así revestido se produjeron de manera conocida pilas solares de capa fina. En este caso se procedió de tal manera que en un horno tubular de difusión se difundió fósforo a 820°C en la capa de silicio impurificada con boro. Después de la difusión se separó el vidrio de fósforo formado con una mezcla de ataque que contenía ácido fluorhídrico. Se aplicó luego una capa antirreflectante constituida por dióxido de titanio y fluoruro de magnesio en una planta de metalización a vacío.
- 30 A continuación, se estableció la superficie de la pila solar en 1 cm^2 por medio de fotolitografía. Para ello, la pila solar se protegió por medio de una fotolaca, mientras que la superficie alrededor de la pila solar se atacaba en una profundidad de 5 μm , de tal modo que la capa impurificada con boro quedaba al descubierto.
- 35 En la cara anterior se aplicaron por metalización a vacío a continuación los contactos, de tal modo que se pusieron en contacto tanto la capa impurificada con fósforo como la capa impurificada con boro. Los contactos se trataron térmicamente a continuación a una temperatura de aproximadamente 650°C. La pila solar tenía un rendimiento de 9,4%.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Utilización de un sustrato basado en nitruro de silicio para la producción de componentes semiconductores o pilas solares de capa fina, donde el sustrato está constituido por una fase cristalina, que contiene nitruro de silicio (Si_3N_4), carburo de silicio (SiC) y oxinitruro de silicio ($\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$) y aditivos sinterizados en una concentración total de < 20% en peso, donde los aditivos sinterizados durante la producción forman una fase líquida y se encuentran en el sustrato como fase secundaria amorfa o como subfases cristalinas más complejas, y donde el contenido de silicio cristalino es $\leq 5\%$, referido a la totalidad de las fases cristalinas presentes, siendo la contracción durante la producción < 5% y la porosidad abierta < 15%.
- 10 2. Utilización según la reivindicación 1, en la cual en el caso de los aditivos sinterizados se trata de SiO_2 , óxidos alcalinotérreos, óxidos de grupo IIB y IVB del sistema periódico, con inclusión de los óxidos de tierras raras, óxido de V, Nb, Ta, Cr, Fe, Co y/o Ni solos o en combinación con B_2O_3 , Al_2O_3 y/o TiO_2 .
- 15 3. Utilización según la reivindicación 1 ó 2, en la cual el sustrato contiene carburos, nitruros, carbonitruros, oxinitruros, siliciuros y/o boruros de los elementos Si, Al, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Fe, Ca, y/o Ni en concentraciones < 10% en peso calculadas como el compuesto respectivo, y donde la proporción total de estos ingredientes no sobrepasa 10% en peso.
- 20 4. Utilización según al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, donde el sustrato contiene carburos, nitruros, carbonitruros, siliciuros y/o boruros de los elementos Si, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn y/o Fe en concentraciones $\geq 30\%$ en peso, y exhibe una conductividad eléctrica de $\geq 0,1 \text{ S/cm}$.
- 25 5. Utilización según la reivindicación 3 ó 4, en la cual los materiales mencionados se aplican como fibras inorgánicas, cristales filiformes, laminillas o partículas y/o se encuentran en el sustrato en esta forma.
6. Utilización según una o más de las reivindicaciones 1 a 5, en la cual el sustrato contiene fibras de carbono, que se encuentran en el sustrato como tales o han reaccionado total o parcialmente para formar compuestos más complejos.
- 30 7. Componente semiconductor o pila solar de capa fina que contiene un sustrato según una o más de las reivindicaciones 1 a 6.
8. Componente semiconductor o pila solar de capa fina según la reivindicación 7, en el que están depositadas sobre el sustrato una o más capas de silicio cristalinas.
- 35 9. Componente semiconductor o pila solar de capa fina según la reivindicación 8, en el que entre el sustrato y las capas de silicio están aplicadas una o más capas adicionales.
- 40 10. Componente semiconductor o pila solar de capa fina según la reivindicación 9, en el que en el caso de las capas adicionales se trata de capas de nitruro de silicio, óxido de silicio o carburo de silicio.

Figura 1

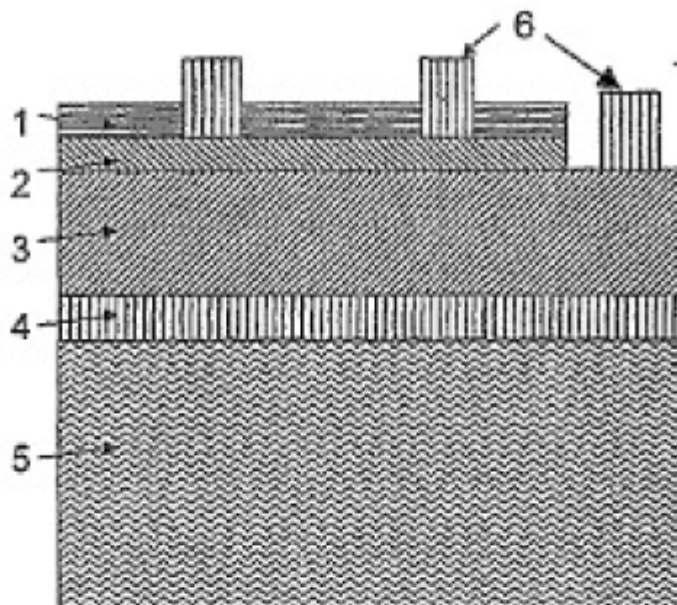


Figura 2

