

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 778 439**

51 Int. Cl.:

H01L 51/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.10.2007 PCT/DE2007/001772**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.04.2008 WO08040333**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2007 E 07817614 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 2078313**

54 Título: **Disposiciones fotovoltaicas con fibras como capas de soporte**

30 Prioridad:

02.10.2006 DE 102006047045

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

10.08.2020

73 Titular/es:

**UNIVERSITÄT PADERBORN (100.0%)
Warburger Strasse 100
33098 Paderborn, DE**

72 Inventor/es:

**GREULICH-WEBER, SIEGMUND;
FRIEDEL, BETTINA y
ZÖLLER, MARC**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 778 439 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

Disposiciones fotovoltaicas con fibras como capas de soporte

5 La invención se refiere a dispositivos fotovoltaicos según el preámbulo de las reivindicaciones 1 o 2, así como a un procedimiento de fabricación de fibras para capas de soporte con el fin de la formación de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 11 y a un procedimiento para la fabricación de una estructura de capas para un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 16.

10 En la generación de energía solar por medio de elementos fotovoltaicos, la tecnología que se utiliza hoy en día se basa por regla general en el uso de elementos fotovoltaicos basados en silicio, que se utilizan en forma de paneles rígidos. Habitualmente este tipo de paneles son construidos a partir de una serie de células individuales de monocristales fabricadas mediante procedimientos convencionales de la tecnología del silicio y son interconectados entre sí, de modo que las cargas formadas en cada célula individual se sumen. El problema de esto es que los
15 elementos fotovoltaicos individuales de un panel de este tipo son rígidos debido a las propiedades del silicio y, por tanto, solo de forma costosa pueden adaptarse a las peculiaridades existentes en cuanto a la construcción.

Una posibilidad para evitar los inconvenientes del silicio debido a sus propiedades mecánicas se puede ver en el uso de células solares orgánicas o poliméricas. Los efectos fotovoltaicos en materiales fotoconductores orgánicos son conocidos ya desde hace algunas décadas, pero a pesar de los costes de fabricación más bajos, apenas se han impuesto frente a las clásicas células solares de silicio hasta el día de hoy. Pero desde hace algunos años se han usado cada vez más polímeros fotoactivos para la fabricación de células solares de forma flexible. El principio de funcionamiento de las células solares de polímero se basa en la formación de excitones (pares electrón-hueco) en los llamados polímeros conjugados (plásticos de los grupos de los polifenilenos, polivinilfenilenos, politiofenos o polianilinas) por absorción de luz. Debido a la fuerte ligazón del electrón al polímero, el excitón tiene una longitud de difusión relativamente pequeña (distancia del electrón al hueco que queda en la cadena de polímero) de aproximadamente 100 nm y se recombina relativamente rápido. Sin embargo, dado que para las aplicaciones fotovoltaicas es ventajosa una duración lo más larga posible del estado fotoinducido es necesario un material aceptor que capte estos electrones en la zona de difusión del excitón y así impida la recombinación. En implementaciones conocidas esto se logra mediante un material compuesto hecho de polímeros conjugados y derivados del fullereno, como por ejemplo P3HT:PCBM o MDMO-PPV:PCBM, tiene así lugar una transferencia del electrón desde el polímero al fullereno, el hueco permanece en la cadena de polímero. Una célula solar de polímero convencional está compuesta de varias capas, un material de soporte transparente, un cátodo transparente (generalmente ITO), la capa de compuesto fotoactiva, generalmente una capa conductora tipo p adicional (para derivar los huecos de la cadena de polímero) y un ánodo reflectante (generalmente aluminio). Debido a la estructura complicada de las células solares poliméricas de este tipo, una parte de las posibles ventajas y propiedades por el lado del material se pierden nuevamente, en particular la flexibilidad y resistencia mecánicas, así como la eficiencia son insatisfactorias.

40 Por el documento EP 1 369 923 A y el documento US 7 063 994 B2 son conocidas células solares de estructura convencional que utilizan como materiales de recubrimiento para los electrodos los metales y materiales habituales de la tecnología de semiconductores orgánicos (oro, platino, Mg, Ca, Li, Al y una aleación de Mg:Ag o materiales conductores orgánicos como ITO). Como material para las fibras propiamente dichas se emplea película de plástico no conductora o fibras de vidrio o las fibras son fabricadas de metales conductores. En ambos documentos, las fibras en sí no están fabricadas de materiales semiconductores.

45 El documento US 7 063 994 B2 muestra un proceso de fabricación para nano-varillas de SiC, que se encuentran en un nanotubo o microtubo de SiO₂. También se podría hablar de un nanocable de SiC que posee una capa externa de SiO₂, esto es, SiC con una capa de óxido gruesa. La fabricación también se realiza concretamente a través de un proceso sol-gel, pero esencialmente para la fabricación de la nanoestructura de SiO₂ en la cual crecen posteriormente nanovarillas de SiC.

50 Por tanto, el objeto de la presente invención es perfeccionar una célula solar polimérica según el preámbulo, de tal manera que presente una flexibilidad mecánica incrementada con una capacidad de carga mecánica constante o aumentada.

55 La solución del objeto según la invención resulta de las propiedades que caracterizan las reivindicaciones 1 o 2 en cooperación con las características del preámbulo respectivo. Otras realizaciones ventajosas de la invención resultan de las reivindicaciones subordinadas.

60 La invención según la reivindicación 1 parte de un dispositivo fotovoltaico que presenta un material aceptor fotovoltaico y un material dador fotovoltaico. Un dispositivo fotovoltaico de este tipo es perfeccionado según la invención, de modo que el dispositivo fotovoltaico presenta al menos dos capas de soporte, de las cuales una capa de soporte presenta dadores de electrones dopados tipo n y la otra capa de soporte presenta material aceptor como aceptores de electrones dopados tipo p o no dopados, estando las capas de soporte dispuestas de modo que se tocan entre sí al menos por sectores y las capas de soporte están humedecidas o recubiertas con un material dador fotovoltaico de manera similar a una película. De esta manera se obtiene un dispositivo fotovoltaico que funciona de manera similar

a una célula solar de polímero, pero que presenta ventajas particulares por las posibles configuraciones mencionadas a continuación. La idea básica consiste en fabricar una estructura de dos capas del dispositivo fotovoltaico a partir de capas de soporte dopadas de manera diferente (conductores tipo n o p) e impregnar o humedecer estas con polímeros fotoactivos (por ejemplo P3HT, MDMO-PPV, MEH-PPV o PFB). Humedecer una estructura de capas como se mencionó anteriormente con un polímero conjugado tiene la ventaja de que por el dopaje tipo p o n de las capas de soporte, estas ya participan en el proceso fotovoltaico como aceptor o dador de electrones. Las capas de soporte hechas de materiales dopados tipo p y n son colocadas directamente una sobre otra y humedecidas o impregnadas con un material dador, como por ejemplo un polímero conjugado. Si se produce un excitón cuando se irradia luz en el material dador, entonces la transferencia de electrones tiene lugar en este caso directamente desde el polímero al material aceptor (dopado tipo p), de igual modo los huecos son liberados de la cadena de polímero sobre las fibras del dador (dopado tipo n). No son necesarios otros recubrimientos ni materiales de soporte.

En una primera realización preferida las capas de soporte pueden estar formadas a partir de fibras dispuestas en capas, presentando una capa de soporte solo fibras como aceptores de electrones dopados tipo p o no dopados y la otra capa de soporte solo fibras como dadores de electrones dopados tipo n. Una realización de este tipo de las capas de soporte a partir de fibras ofrece la posibilidad de introducir la flexibilidad mecánica y la deformabilidad de estas fibras, por ejemplo en un tejido o un no tejido formado a partir de las fibras, en el sentido de que las fibras después de su fabricación son procesadas en un material textil de este tipo o forman este material textil. Se obtiene así un tipo de tejido fotovoltaico que funciona de manera similar a una célula solar de polímero, pero es aún más flexible, robusto y, sobre todo, puede ser procesado como textil. También de este modo aumenta esencialmente la superficie fotovoltaicamente activa y se mejora la efectividad del dispositivo fotovoltaico. Tal tejido fotovoltaico, que genera corriente cuando se expone a la radiación del sol, pero es completamente flexible, muy robusto, ultraligero y se puede procesar como textiles, puede ser usado en muchas áreas, por ejemplo para ropa funcional, para tela de velas, sobre alas de aviones, sombrillas, etc.

En otra realización, las capas de soporte hechas de fibras están dispuestas en contacto entre sí al menos por sectores, estando las capas de soporte humedecidas con un material dador o las fibras de cada capa de soporte están recubiertas con el material dador y, por tanto, las fibras de la capa de soporte dopada tipo p o no dopada forman elementos fotovoltaicos en sus puntos de contacto con el material dador. Por el recubrimiento casi sobre toda la superficie de la capa de soporte o de las fibras, sobre las cuales el material dador y las capas de soporte o fibras dopadas tipo p o no dopadas se tocan entre sí, el material dador forma un elemento fotovoltaico, con lo cual debido a esta gran superficie de la capa de soporte o de las fibras la superficie fotoeléctricamente efectiva de un dispositivo fotovoltaico formado de esta manera se amplía significativamente en comparación con los dispositivos fotovoltaicos convencionales.

La invención según la reivindicación 2 parte de un dispositivo fotovoltaico que presenta un material aceptor fotovoltaico y un material dador fotovoltaico. Un dispositivo fotovoltaico de este tipo es perfeccionado según la invención de modo que el dispositivo fotovoltaico tiene una capa de soporte formada por un cierto número de elementos de soporte de tipo fibra extendidos longitudinalmente, que consisten en el material aceptor, preferiblemente un aceptor de electrones dopado tipo p o no dopado, y los elementos de soporte de la capa de soporte están humedecidos o recubiertos con el material dador fotovoltaico de una manera similar a una película, sobre la cual está aplicada otra capa de un dador de electrones preferiblemente dopado tipo n. Aquí, la estructura de capas del dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, que consta de dos capas de soporte, se realiza casi en una capa individual a partir de un cierto número de elementos de soporte de tipo fibra extendidos longitudinalmente, estando cada elemento de soporte recubierto con dos capas diferentes de espesor definido y, por tanto, la capa interior del material del aceptor y la capa exterior del dador de electrones, separadas por la capa del material dador fotovoltaico, forman la estructura de capas que se puede utilizar para la generación de corrientes fotovoltaicas. Por los espesores de capa que se pueden ajustar con mayor precisión que en la solución según la reivindicación 1 y que son independientes de la posición de las dos capas de soporte, como en la solución según la reivindicación 1, resultan distancias óptimas respectivas entre la capa del material aceptor y la capa del dador de electrones y, por tanto, se puede conseguir un grado de eficacia mayor.

Para este propósito, en una primera realización los elementos de soporte de tipo fibra extendidos longitudinalmente pueden estar dispuestos de una manera estructurada entre sí, por ejemplo como estera con fibras que se cruzan. Naturalmente también son concebibles otras formas de disposición de los elementos de soporte, por ejemplo como esterilla conformada de forma irregular o tejido o similar.

Es ventajoso que los elementos de soporte de la capa de soporte estén formados por carburo de silicio SiC, preferiblemente dopado con aluminio, y además la capa del material dador fotovoltaico envuelve por toda la superficie a los elementos de soporte de la capa de soporte. Por tanto, sobre un material aceptor adecuado con las propiedades que se describirán a continuación la distancia entre los elementos de soporte de la capa de soporte y la capa formada por el dador de electrones dopado tipo n puede ajustarse por la variación del espesor de capa de la capa del material dador fotovoltaico, de tal manera que puede ser optimizada la eficiencia del dispositivo fotovoltaico dependiendo de los materiales utilizados en cada caso. Para ello es ventajoso si la capa hecha de material dador fotovoltaico tiene un espesor de 100 nm.

En otra realización es concebible que la capa de un dador de electrones dopado tipo n sobre la capa de material dador fotovoltaico esté hecha de un material de electrodo orgánico transparente. Un material de electrodo orgánico transparente de este tipo será generalmente un material de electrodo de polímero translúcido o al menos conductor de la luz, preferiblemente hecho de polietilendioxitiofeno, como por ejemplo Baytron, que está aplicado sobre la capa hecha de material dador fotovoltaico. Esto puede hacerse por ejemplo a partir de una suspensión, por ejemplo por medio de recubrimiento por rotación, recubrimiento por inmersión o también por pulverización.

Para la configuración del dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 2 resultan esencialmente las mismas propiedades y ventajas que se describen con más detalle a continuación también para el dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1.

También es ventajoso que las fibras de las capas de soporte hechas de fibras puedan ser procesadas como textiles. Por tanto, para el procesamiento posterior de las fibras para la capa de soporte están disponibles todos los procedimientos de procesamiento conocidos del ramo de materiales textiles y mediante capas de soporte fabricadas de esta forma se puede formar una pluralidad de materiales textiles diferentes, cada uno con diferentes propiedades y que se pueden adaptar al uso previsto. Así es concebible por ejemplo que en una primera realización, la capa de soporte esté formada por fibras en forma de fibras cortas dispuestas a modo de tela no tejida, en particular de fibras con una longitud máxima de 5 mm. Tales no tejidos producen conexiones sueltas entre las fibras dispuestas más bien desestructuradas entre sí y forman capas ligeras, que por ejemplo pueden variar mucho en sus propiedades de resistencia. En otra realización también es concebible que la capa de soporte esté formada a partir de fibras en forma de fibras largas entretejidas, en particular de fibras con una longitud de más de 5 mm. Así, el dispositivo fotovoltaico se extiende por toda el área de fibras tejidas o unidas fijamente entre sí como textil que puede presentar mayores resistencias debido a la orientación de las fibras entre sí y a la pluralidad de conexiones de las fibras entre sí. Además, la capa de soporte también puede estar formada por fibras en forma de fibras reticuladas entre sí, cortas o largas, por ejemplo de modo que las fibras son reticuladas entre sí o fijadas una a otra química o térmicamente en los puntos de contacto mediante etapas de tratamiento posteriores y, por tanto, forman un conjunto fácilmente deformable, pero al mismo tiempo intrínsecamente estable.

Es ventajoso si, en otra realización, el diámetro de las fibras de las capas de soporte está entre 20 nm y 100 μm . Como resultado, la resistencia y la deformabilidad de las fibras, además de la resistencia inherente de las fibras debido a su material, pueden controlarse dentro de amplios límites, con lo cual las propiedades de resistencia de los tejidos fabricados a partir de ellas pueden verse influenciadas correspondientemente.

En otra realización también es concebible que las capas de soporte consistan en una capa delgada homogénea del dador de electrones dopado tipo n y una capa delgada homogénea del aceptor de electrones dopado tipo p o no dopado. Las capas homogéneas de este tipo, realizadas por ejemplo a modo de película, no presentan las ventajas de las estructuras textiles formadas a partir de fibras, pero tienen igualmente una cierta deformabilidad. Para aumentar la resistencia, las capas delgadas homogéneas pueden estar aplicadas sobre un material de soporte cargable mecánicamente, que el mismo presenta valores de resistencia más altos que las capas delgadas homogéneas.

En una realización alternativa también es concebible que las capas de soporte consistan en una estructura porosa delgada del dador de electrones dopado tipo n y una estructura porosa delgada del aceptor de electrones dopado tipo p o no dopado. Una estructura porosa ofrece igualmente la posibilidad de combinar una cierta flexibilidad mecánica con las propiedades ventajosas de la estructura de capas descrita.

Es ventajoso para el uso del dispositivo fotovoltaico que el contacto de las capas de la estructura de capas para la derivación de las cargas generadas pueda realizarse en cualquier lugar de las capas. De esta manera es posible, por ejemplo en el caso de un tejido, en un toldo o similar, implementar el contacto en el lugar más adecuado posible sin que por el contacto se causen desventajas con respecto al uso del tejido textil. Por ejemplo, es ventajoso si el contacto de las capas formadas a partir de fibras se realiza en costuras de materiales textiles formadas a partir de las capas, en las cuales de cualquier modo se llevan a cabo etapas de procesamiento correspondientes.

Además, es concebible que en las capas estén integrados componentes electrónicos, que por ejemplo pueden asumir tareas especiales en la generación del voltaje eléctrico del dispositivo fotovoltaico.

Con respecto a los materiales para el aceptor de electrones y el dador de electrones se puede usar una amplia variedad de materiales. Es ventajoso si como material para el aceptor de electrones dopado tipo p o no dopado se pueden usar materiales semiconductores transparentes, en particular materiales semiconductores orgánicos o inorgánicos, preferiblemente ZnO, TiO₂.

Ha resultado ser particularmente favorable si como material para la capa de soporte con el aceptor de electrones dopado tipo p o no dopado se usa carburo de silicio SiC. En otra realización, el carburo de silicio SiC también puede usarse como material para la capa de soporte con el dador de electrones dopado tipo n. Aquí, también es concebible utilizar carburo de silicio SiC como monocristal de carburo de silicio, preferiblemente como 3C-SiC cúbico monocristalino. En particular, las fibras de carburo de silicio monocristalino combinan las excelentes propiedades del mineral, entre otras: alta dureza, transparencia óptica, carácter semiconductor, alta conductividad térmica, solidez

química y térmica, con la flexibilidad de las fibras, como son necesarias para la fabricación de un tejido. El tejido de carburo de silicio también se puede usar para ropa protectora (frente a lesiones por puñaladas, cortes y por disparo), ropa o cubiertas protectoras en muchas áreas. Humedecer un tejido de fibras de carburo de silicio con un polímero conjugado ofrece varias ventajas. Por un lado, un tejido de SiC es un material de soporte muy flexible y duradero, por otro lado, ya participa en el proceso fotovoltaico como aceptor o dador de electrones debido al dopaje p o n de las fibras. Los tejidos de fibras de SiC dopadas tipo p y n son dispuestos directamente uno sobre otro y humedecidos/impregnados con un polímero conjugado. Si se produce un excitón cuando se irradia luz en el polímero conjugado, entonces la transferencia de electrones se realiza en este caso directamente desde el polímero hacia las fibras de aceptor dopado tipo p, de igual modo son liberados los huecos de la cadena del polímero sobre las fibras de dador dopado tipo n o no dopado. Se tiene un tejido ligero, fácil de procesar, que genera corriente y que puede usarse para telas de toldos, persianas, sombrillas, ropa, cortinas, toldos de cubierta, superficies de alas de aviones y mucho más. Un tejido de carburo de silicio de este tipo en sí mismo también es adecuado para ropa protectora (frente a puñaladas, cortes y lesiones por disparo), ropa o cubiertas protectoras en muchas áreas. Además de las excelentes propiedades electrónicas del carburo de silicio, este material también tiene otras ventajas, como una gran estabilidad química y térmica. Es el material más duro después del diamante y posee una alta conductividad térmica. Por tanto, también es mecánicamente muy resistente o puede usarse en un entorno agresivo o de alta temperatura.

Cuando se usa carburo de silicio 3C-SiC como material para las fibras de carburo de silicio SiC monocristalino, las fibras son formadas con una sección transversal completa y una forma circunferencial hexagonal. Esto garantiza una formación de fibras muy estable.

También es concebible que el carburo de silicio SiC pueda usarse como carburo de silicio poroso o como carburo de silicio policristalino.

En otra realización es concebible que se usen como material para la capa de soporte con el dador de electrones dopado tipo n materiales conductores transparentes, preferiblemente ITO, ATO, AZO o materiales conductores similares.

Es particularmente ventajoso si el material dador fotovoltaico es un polímero conjugado. Los polímeros conjugados de este tipo, por ejemplo P3HT (poli-(3-hexiltiofeno)), MDMO-PPV (poli(2-metoxi-5-(3',7'-dimetiloxiloxi)-1,4-fenilvinileno)), MEH-PPV (poli(2,5-dialcoxi-para-fenilvinileno)) y PFB (poli(9,9'-diocetilfluoreno-co-bis-N, N'-(4-butilfenil)-bis-N, N'-fenil-1,4-fenilendiamina)), tienen propiedades fotoeléctricas ventajosas y son conocidos, y por tanto en gran medida técnicamente controlables. Es importante sobre todo que el material dador fotovoltaico esté realizado como material dador que pueda aplicarse como película sobre la capa de soporte. Las propiedades fotoeléctricas pueden ser controladas e influenciadas en gran medida por la formación de película sobre las capas de soporte o sobre las fibras de las capas de soporte.

La invención se refiere además a un procedimiento para la fabricación de fibras para capas de soporte con el fin de la formación de un dispositivo fotovoltaico, en particular de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que en una primera etapa, los materiales a ser procesados en una síntesis sol-gel forman entre sí una mezcla en forma de gel, y en otra etapa en una reducción carbotérmica se produce el crecimiento de las fibras. El proceso sol-gel conocido en sí ofrece una posibilidad fácilmente controlable y ampliamente variable para la fabricación de una amplia variedad de materiales de partida para la fabricación de las capas de soporte según la invención o de sus materias primas. En otra realización, la síntesis sol-gel se lleva a cabo utilizando ortosilicato de tetraetil, etanol, ácido clorhídrico y sacarosa.

Es ventajoso si los materiales de dopaje se introducen en la parte química húmeda de la síntesis sol-gel, con lo cual los materiales de dopaje se incorporan a las fibras en crecimiento durante el tratamiento térmico. Los materiales de dopaje pueden agregarse como un compuesto soluble o agregarse en forma metálica. Alternativamente, sin embargo, también es concebible que el dopaje de las fibras que se forman se realice durante el tratamiento térmico a través de la fase gaseosa. Como materiales de dopaje pueden ser empleados preferiblemente fósforo P, nitrógeno N, boro B y/o aluminio Al o sus compuestos.

Con respecto a la influencia en el procedimiento y sus productos cuando se usa carburo de silicio SiC es ventajoso que la temperatura ajustada durante el tratamiento térmico influya en el tipo de cristalización de las fibras del carburo de silicio SiC. Por variación de la temperatura del tratamiento térmico de las fibras obtenidas del proceso sol-gel se puede lograr una variación en las estructuras cristalinas del carburo de silicio SiC que se forman.

Otra posibilidad para influir en las propiedades de una capa de soporte formada a partir de fibras resulta si las fibras formadas son reticuladas entre sí en un tratamiento posterior en un nuevo procedimiento sol-gel. Como resultado, a partir de las fibras individuales mediante la reticulación en la zona de los puntos de contacto de fibras individuales o de una pluralidad de fibras se forma un conjunto firme y sin embargo flexible de las fibras, sin que las fibras tengan que estar unidas entre sí mediante etapas de procesamiento textil.

Es una ventaja adicional que el material dador fotovoltaico pueda ser aplicado sobre las capas de soporte en una solución. En particular, si por el grado de dilución en la solución del material dador fotovoltaico puede ser controlado

el espesor de capa durante la deposición sobre la capa de soporte, es posible en términos de ingeniería de procesos influir fácilmente en las propiedades fotovoltaicas del dispositivo fotovoltaico formado a partir de las capas de soporte y el material dador.

5 Se puede lograr una mejora adicional si, en el caso de espesores de capa del material aceptor de más de 100 nm, se incorporan adicionalmente en el material aceptor fullerenos, nanotubos de carbono, nanocristales de TiO_2 o nanocristales de SiC, que además evitan en el material aceptor la recombinación de los excitones y ligan estos en sí.

10 La invención describe además un procedimiento para la fabricación de una estructura de capas para un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que al menos una de las dos capas de soporte es humedecida o impregnada con el material dador líquido y en el estado todavía líquido del material dador es puesta en contacto superficial con la otra capa de soporte al menos por sectores, de modo que por endurecimiento del material dador líquido, las dos capas de soporte que se tocan por sectores entre sí son fijadas permanentemente una a la otra. De esta manera, impregnando o humedeciendo las capas de soporte con el material dador, se puede lograr al mismo tiempo una conexión firme entre las al menos dos capas de soporte que están firmemente fijadas entre sí después del endurecimiento del material dador realizado ventajosamente como polímero conjugado.

El dibujo muestra una forma de realización particularmente preferida del dispositivo fotovoltaico según la invención.

20 Muestran:

Las Figuras 1a-1c: una representación esquemática de la secuencia de una fabricación de la estructura de capas de un dispositivo fotovoltaico según la invención,
 las Figuras 2a-2c: ampliaciones de detalles en la zona de contacto de dos fibras de las capas de soporte de un dispositivo fotovoltaico según la invención de acuerdo con la figura 1,
 25 las Figuras 3a-3d: procesos fotovoltaicos en un dispositivo fotovoltaico construido según la invención de acuerdo con la figura 1 cuando se irradia luz,
 la Figura 4: una representación a escala ampliada de una disposición de fibras de SiC como materia prima para una capa de soporte,
 la Figura 5: una representación a escala ampliada de una disposición de fibras de SiC tratada posteriormente con puntos de reticulación en los cruces de fibras, y
 30 la Figura 6: una representación esquemática de la sección transversal a través de una disposición de elementos de soporte de una capa de soporte formada a partir de fibras que se cruzan según la reivindicación 2.

35 En las figuras 1a a 1c se muestra en una representación esquemática el desarrollo de una fabricación de la estructura de capas de un dispositivo fotovoltaico 1 según la invención, el cual está formado por dos capas de soporte 2, 3 hechas de fibras de carburo de silicio (SiC) con diferentes dopajes. Para ello, como se explicará con más detalle a continuación, las capas de soporte 2, 3 son fabricadas a partir de fibras de SiC, de modo que las fibras están presentes por ejemplo como una estructura de tipo no tejido, en la que las fibras se tocan en una pluralidad de puntos y por tanto las capas de soporte 2, 3 presentan una resistencia correspondiente. Una de las capas de soporte 2 está realizada en este caso como aceptor de electrones, la otra capa de soporte 3 dopada tipo n o también no dopada está realizada como electrodo. El dopaje correspondiente lo reciben las fibras de SiC dentro de un proceso sol-gel, después del cual se forman las fibras a partir del gel con reducción térmica y durante el crecimiento de cristales de las fibras preferiblemente monocristalinas son incorporados los materiales de dopaje.

45 Por el diferente dopaje de las dos capas de soporte 2, 3, junto con un material dador 10 realizado aquí como polímero conjugado, puede ser construido un dispositivo fotovoltaico 1, para lo cual el material dador 10, envolviendo la capa de soporte 2 dopada tipo p, es llevado entre las dos capas de soporte 2, 3. Para este propósito, las capas de soporte 2, 3 dispuestas una sobre otra pueden ser impregnadas con el material dador 10, con lo que el material dador 10 se deposita en las fibras 6, 7 de las dos capas de soporte 2, 3 diferentes y, por tanto, en los puntos de contacto del material dador 10 y las fibras 7 dopadas tipo p o no dopadas se forma un elemento fotovoltaico. Otra forma de proceder consiste en humedecer cada una de las dos capas de soporte 2, 3 con el material dador 10, de modo que las fibras 6, 7 de las capas de soporte 2, 3 sean envueltas por el material dador 10. En el estado todavía húmedo del material dador 10 generalmente líquido, las capas de soporte 2, 3 se colocan una encima de la otra y se comprimen entre sí, con lo cual las fibras 6, 7 de las diferentes capas de soporte 2, 3 se encuentran una encima de la otra puntualmente con el material dador 10 entremedias. Después de que el material dador 10 se haya endurecido, las dos capas de soporte 2, 3 están fijadas permanentemente entre sí y pueden ser manejadas como una unidad.

Si ahora a las dos capas de soporte 2, 3 se conecta un contacto con el exterior, entonces puede ser tomado el voltaje formado en el dispositivo fotovoltaico 1.

60 En las figuras 2a a 2c están representadas, ahora en ampliaciones de detalle, los procesos que tienen lugar en los puntos de contacto de las fibras 6, 7 de las diferentes capas de soporte 2, 3. La figura 2a corresponde a la figura 1c y solo en aras de la claridad se reiteran. En la zona de contacto de las dos capas de soporte 2, 3 se produce un contacto individual de las fibras 6, 7 de las dos capas de soporte 2, 3, como está representado en la figura 2b. La fibra de SiC 7 de la capa de soporte superior 2 descansa aquí sobre la fibra de SiC 6 de la capa de soporte inferior 3, puntualmente o en superficies pequeñas, estando el material dador 10 dispuesto aquí en forma de un polímero conjugado entre las

dos fibras 6, 7 (figura 3a). Si ahora incide la luz 4 sobre la fibra de SiC no recubierta con el material dador 10 y dopada tipo p o no dopada, entonces en el polímero conjugado 10 se forman excitones (pares de electrón-hueco) por absorción de la luz 4 de una manera conocida en sí, como está representado de nuevo esquemáticamente en la figura 3b como un esquema de operaciones. Debido a la fuerte ligazón del electrón 8 al polímero 10, el excitón tiene una longitud de difusión relativamente pequeña (distancia del electrón 8 hasta el hueco 9 que queda en la cadena de polímero) de aproximadamente 100 nm y se recombina relativamente rápido. Sin embargo, dado que para las aplicaciones fotovoltaicas es ventajosa una duración lo más larga posible del estado fotoinducido, es necesario un material aceptor que capte estos electrones 8 en la región de difusión del excitón y evite así que se recombinen. Este material aceptor en forma de SiC dopado tipo p está dispuesto a una distancia respecto del lugar de formación del excitón, que el electrón 8 puede vencer y pasar así al material aceptor 7 (figura 3c). Para esto, el espesor de capa del material dador 10 debe estar coordinado con la longitud de difusión del excitón. El electrón 8 pasa al material de SiC 6 dopado tipo n o no dopado, con lo que resulta el circuito eléctrico 5 representado en la figura 3d.

Ejemplos para la estructura de una capa de soporte 2, 3 formada a partir de fibras de SiC 6, 7 en forma de una disposición de tipo no tejido de las fibras 6, 7 se pueden reconocer en las figuras 4 y 5. Así, en la figura 4 se puede reconocer en una vista a escala muy ampliada una estructura formada a partir de fibras cortas 6, 7, en la que las fibras 6, 7 como en un no tejido están orientadas en diferentes direcciones como una especie de monton, y por tanto están unidas entre sí de forma solo relativamente débil. Por procesos de tratamiento textil conocidos en sí las fibras 6, 7 de este tipo se pueden orientar y fijar mejor entre sí. De esta manera se pueden abarcar múltiples fines de uso de las capas de soporte 2, 3 de este tipo, ya que dondequiera que los tejidos o estructuras textiles estén expuestos a la luz 4, también puede estar previsto un dispositivo fotovoltaico 1 del tipo según la invención.

En la figura 5 se puede reconocer en otra representación a escala ampliada un tipo diferente de fijación de las fibras 6, 7 de las capas de soporte 2, 3 entre sí, en el que las fibras 6, 7 de una capa de soporte 2, 3 son reticuladas entre sí en sus puntos de contacto por medio de otro proceso sol-gel posterior y de este modo la estructura de las fibras 6, 7 está más firmemente unida entre sí. Como resultado, las posteriores operaciones de procesamiento textil de las fibras 6, 7 son total o parcialmente innecesarias.

En la figura 6 se muestra en una representación muy esquemática la sección transversal a través de una disposición de elementos de soporte de una capa de soporte (2) formada por fibras que se cruzan según la reivindicación 2, en la que la capa de soporte (2) consiste en un cierto número elementos de soporte de tipo fibra extendidos longitudinalmente del material aceptor (7) y los elementos de soporte de la capa de soporte (2) están humedecidos o recubiertos en forma de película con el material dador fotovoltaico (10). Sobre la capa con el material dador fotovoltaico (10) está aplicada otra capa de un dador de electrones, formando entonces estas tres capas para cada elemento de soporte por separado la disposición fotovoltaicamente activa ya descrita. Es ventajosa aquí en particular la capacidad de ajuste precisa de los respectivos espesores de capa, a través de la cual las propiedades fotovoltaicas de los elementos de soporte pueden ser fácilmente controladas y optimizadas e independientemente de la posición de las capas individuales de la realización de acuerdo con la figura 1. Los elementos de soporte pueden asumir aquí disposiciones que se cruzan como está representado en la figura 6, pero también es concebible cualquier otra disposición de los elementos de soporte uno respecto a otro.

Lista de referencias

- 1 - dispositivo fotovoltaico
- 2 - capa de soporte dopada tipo p o sin dopar
- 3 - capa de soporte dopada tipo n
- 4 - luz
- 5 - circuito eléctrico
- 6 - electrodo
- 7 - aceptor
- 8 - electrón
- 9 - hueco
- 10 - dador/polímero conjugado

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo fotovoltaico (1), que presenta un material aceptor fotovoltaico (7) y un material dador fotovoltaico (10), **caracterizado por que** el dispositivo fotovoltaico (1) presenta al menos dos capas de soporte (2, 3) hechas de fibras de materiales semiconductores, de las cuales una capa de soporte (3) presenta dadores de electrones dopados tipo n y la otra capa de soporte (2) presenta material aceptor como aceptores de electrones dopados de tipo p o no dopados, estando dispuestas las capas de soporte (2, 3) en contacto entre sí al menos por sectores y al menos una capa de soporte (2, 3) está humedecida o recubierta con un material dador fotovoltaico (10) a modo de película, en el que cuando el dispositivo fotovoltaico (1) es irradiado con luz en el material dador se producen excitones y la transferencia de los electrones se realiza directamente desde el material dador fotovoltaico (10) a la capa de soporte (2) formada por el aceptor de electrones dopado tipo p o no dopado y la transferencia de los huecos a la capa de soporte (3) formada por el dador de electrones dopado tipo n.
2. Dispositivo fotovoltaico (1), que presenta un material aceptor (7) fotovoltaico y un material dador (10) fotovoltaico, **caracterizado por que** el dispositivo fotovoltaico (1) presenta una capa de soporte (2) formada por un cierto número de elementos de soporte de materiales semiconductores de tipo fibra extendidos longitudinalmente, que consisten en el material aceptor (7) de un aceptor de electrones dopado tipo p o no dopado y los elementos de soporte de la capa de soporte (2) están humedecidos o recubiertos a modo de película con el material dador fotovoltaico (10), sobre la cual está aplicada otra capa (6) de un dador de electrones preferiblemente dopado tipo n, de modo que cuando el dispositivo fotovoltaico (1) es irradiado con luz en el material dador se producen excitones y la transferencia de los electrones se realiza directamente desde el material dador fotovoltaico (10) al material aceptor (7) de la capa de soporte (2) formada por el aceptor de electrones dopado tipo p o no dopado y la transferencia de los huecos se realiza a la capa (6) formada por un dador de electrones preferiblemente dopado tipo n.
3. Dispositivo fotovoltaico (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** las capas de soporte (2, 3) están formadas por fibras (6, 7) dispuestas a modo de capas, en el que una capa de soporte (7) presenta solo fibras (7) como aceptores de electrones dopados tipo p o no dopados y la otra capa de soporte (6) tiene solo fibras (6) como dadores de electrones dopados tipo n.
4. Dispositivo fotovoltaico (1) según la reivindicación 3, **caracterizado por que** las capas de soporte (2, 3) están hechas de fibras (6, 7) dispuestas en contacto entre sí al menos por sectores, de modo que las capas de soporte (2, 3) están humedecidas con un material dador (10) o las fibras (6, 7) de cada capa de soporte (2, 3) están recubiertas con el material dador (10).
5. Dispositivo fotovoltaico (1) según la reivindicación 2, **caracterizado por que** los elementos de soporte de tipo fibra extendidos longitudinalmente están dispuestos de manera estructurada entre sí, preferiblemente como estera con fibras que se cruzan.
6. Dispositivo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los elementos de soporte de la capa de soporte (2) están formados por carburo de silicio SiC, preferiblemente dopado con aluminio.
7. Dispositivo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las capas de soporte (2, 3) consisten en una estructura porosa delgada del dador de electrones dopado tipo n y una estructura porosa delgada del aceptor de electrones dopado tipo p o no dopado.
8. Dispositivo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado por que** las fibras (6, 7) de las capas de soporte (2, 3) hechas de fibras (6, 7) pueden experimentar un procesamiento textil, en particular en forma de fibras (6, 7) cortas dispuestas a modo de un no tejido, preferiblemente con una longitud máxima de 5 mm, o en forma de fibras largas (6, 7) entrelazadas entre sí, preferiblemente con una longitud de más de 5 mm.
9. Dispositivo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** como material para la capa de soporte (2) con el aceptor de electrones (7) dopado tipo p o no dopado puede usarse carburo de silicio SiC.
10. Dispositivo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** como material para la capa de soporte (3) con el dador de electrones dopado tipo n se puede utilizar carburo de silicio SiC.
11. Dispositivo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones 9 ó 10, **caracterizado por que** el carburo de silicio SiC puede usarse como monocristal de carburo de silicio, preferiblemente como 3C-SiC cúbico monocristalino.
12. Dispositivo fotovoltaico (1) según una de las reivindicaciones 9 ó 10, **caracterizado por que** el carburo de silicio SiC puede usarse como carburo de silicio poroso, en particular como carburo de silicio policristalino.
13. Procedimiento para la fabricación de fibras (6, 7) para capas de soporte (2, 3) para la formación de un dispositivo fotovoltaico (1), en particular de un dispositivo fotovoltaico (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que**

en una primera etapa los materiales a ser procesados forman una mezcla en forma de gel en una síntesis sol-gel entre sí, y en otra etapa en una reducción carbotérmica se produce el crecimiento de las fibras (6, 7).

5 14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado por que** la síntesis sol-gel se desarrolla usando ortosilicato de tetraetilo, etanol, ácido clorhídrico y sacarosa.

10 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 ó 14, **caracterizado por que** los materiales de dopaje son introducidos en la parte química húmeda de la síntesis sol-gel, incorporándose los materiales de dopaje en las fibras en crecimiento (6, 7) durante el tratamiento térmico, en particular durante el tratamiento térmico a través de la fase gaseosa.

15 16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 15, **caracterizado por que** las fibras (6, 7) son formadas a partir de carburo de silicio SiC, preferiblemente a partir de 3C-SiC cúbico, de forma particularmente preferida a partir de carburo de silicio SiC monocristalino.

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 16, **caracterizado por que** en caso de espesores de capa del material aceptor (7) de más de 100 nm son incorporados adicionalmente fullerenos, nanotubos de carbono, nanocristales de TiO₂ o nanocristales de SiC en el material aceptor.

20 18. Procedimiento para la fabricación de una estructura de capas para un dispositivo fotovoltaico (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** al menos una de las dos capas de soporte (2, 3) es humedecida o impregnada con el material dador líquido (10) y en el estado todavía líquido del material dador (10) es puesta en contacto superficial con la otra capa de soporte (3, 2), al menos por sectores, de modo que por el endurecimiento del material dador (10) líquido las dos capas de soporte (2, 3) que se tocan por sectores se fijan una a otra de forma duradera.

25

Fig. 1a



Fig. 1b



Fig. 1c

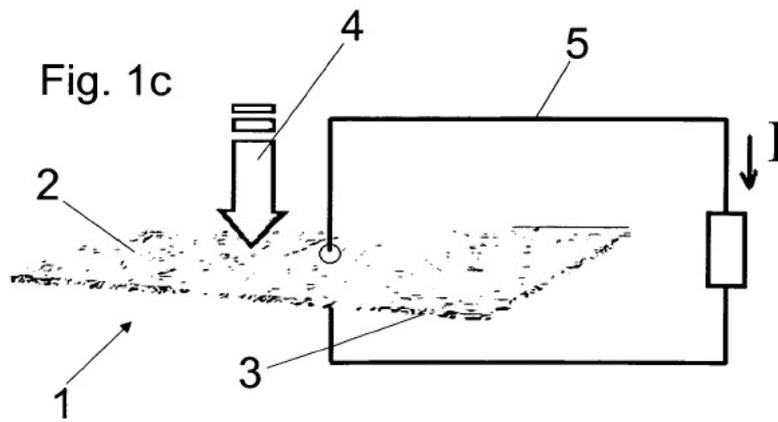


Fig. 2a

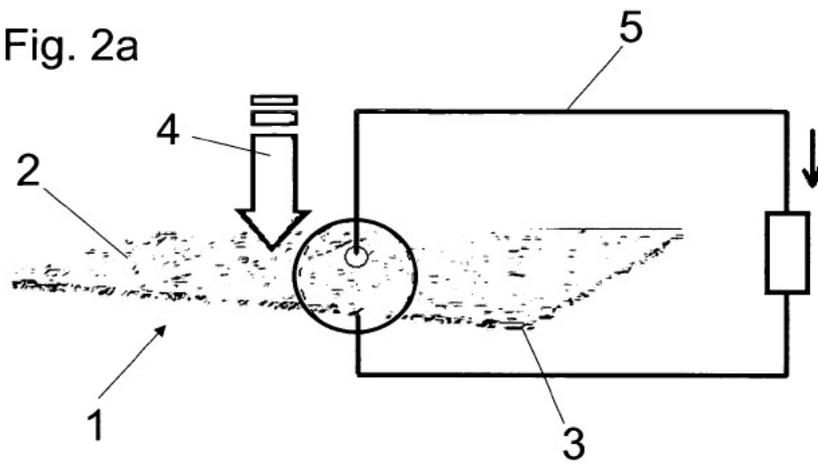
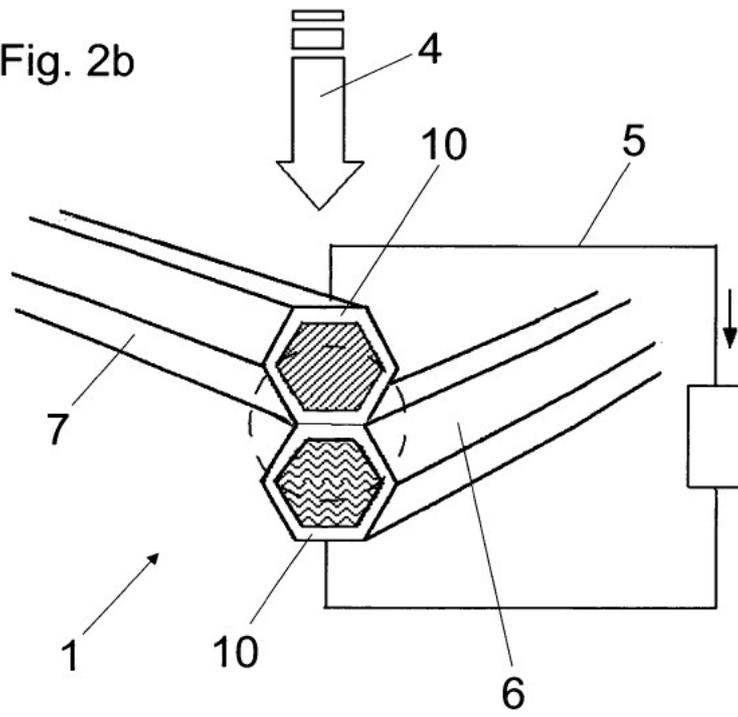


Fig. 2b



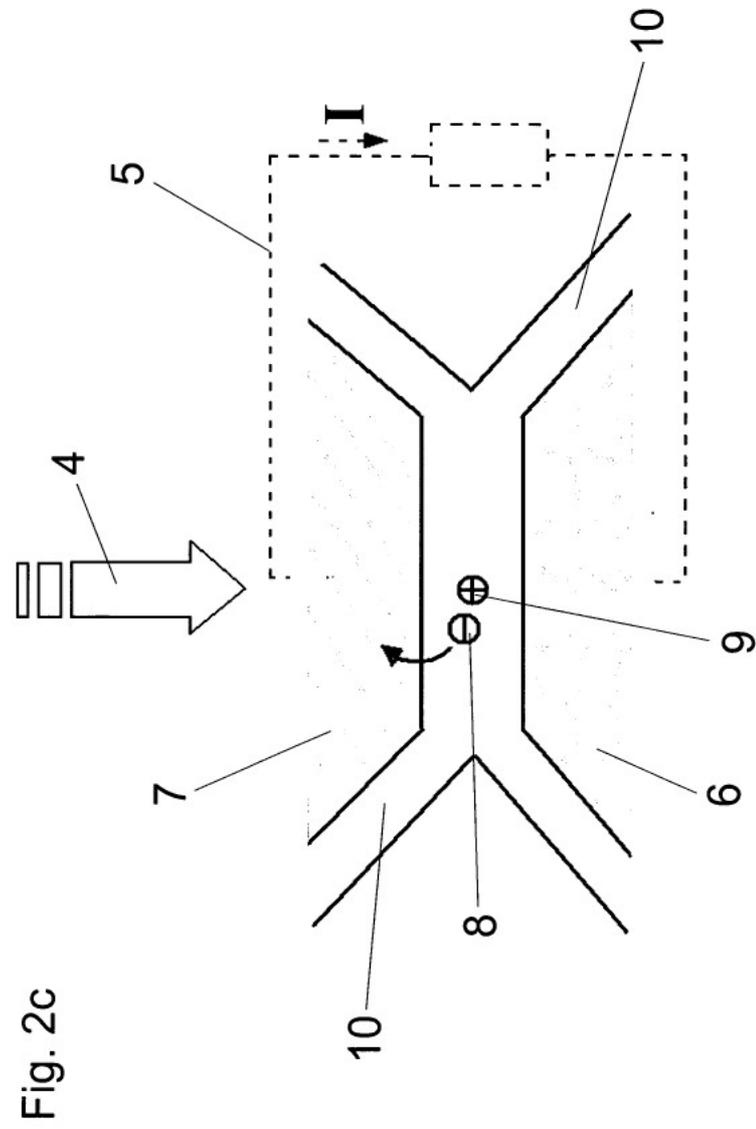


Fig. 2c

Fig. 3a

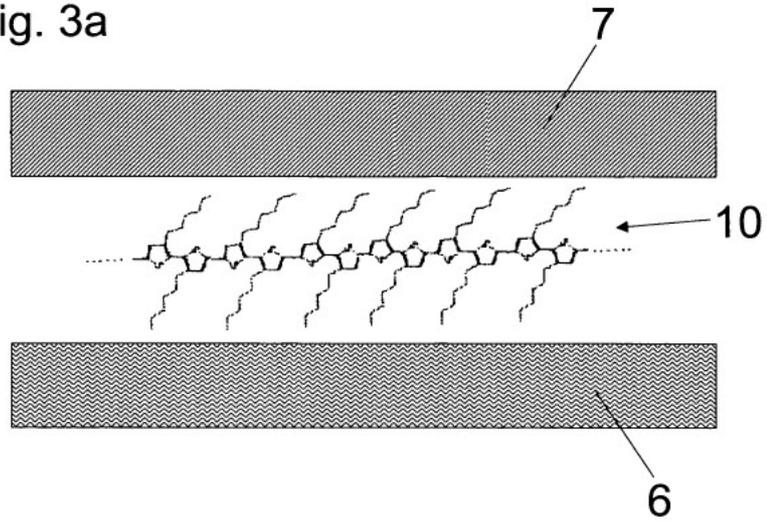
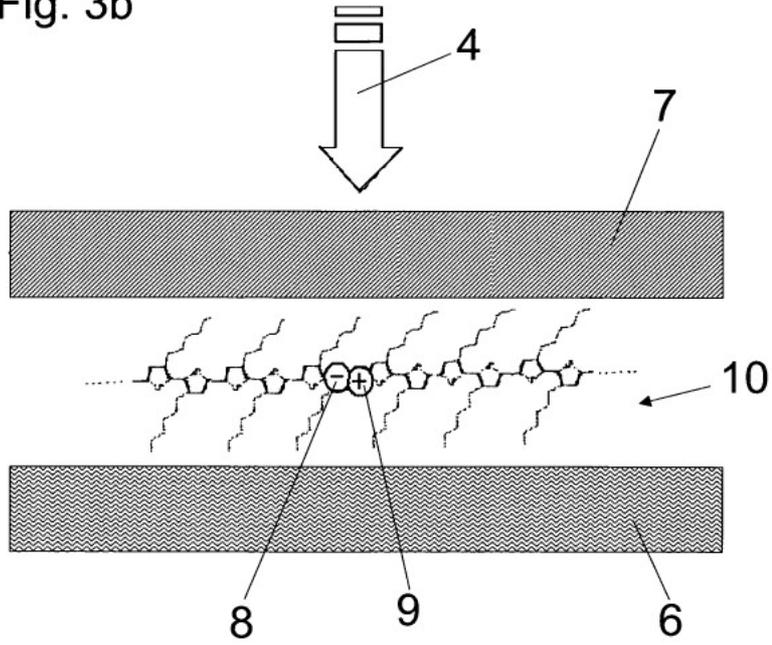
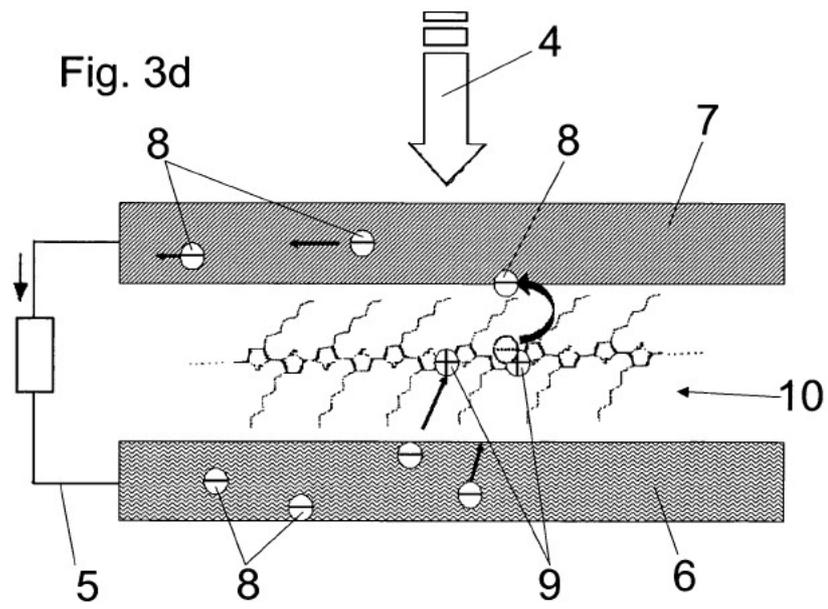
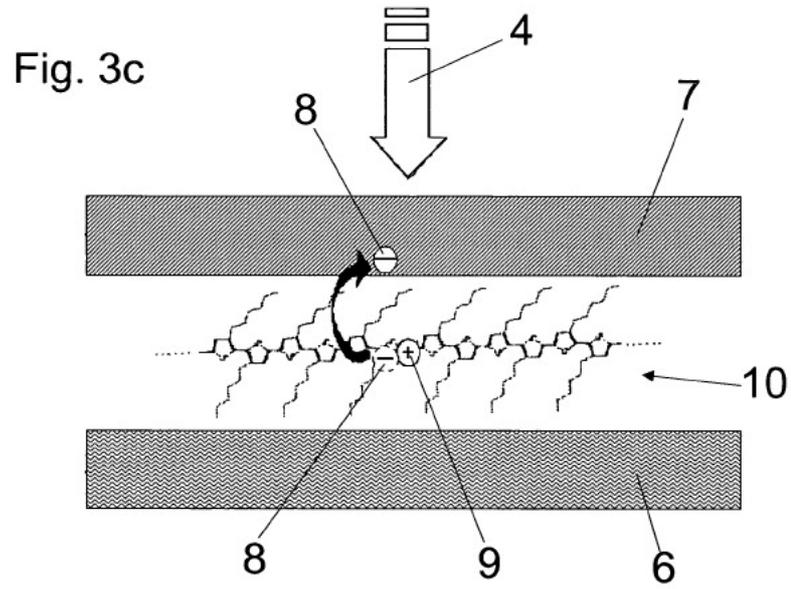


Fig. 3b





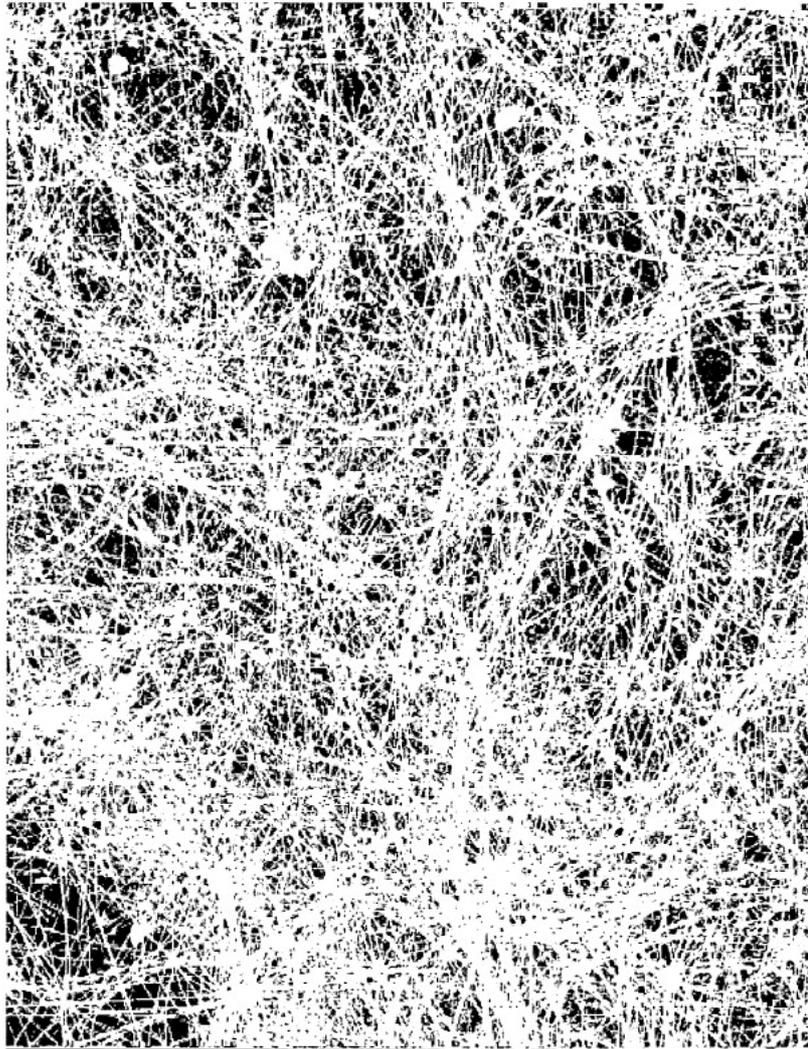


Fig. 4

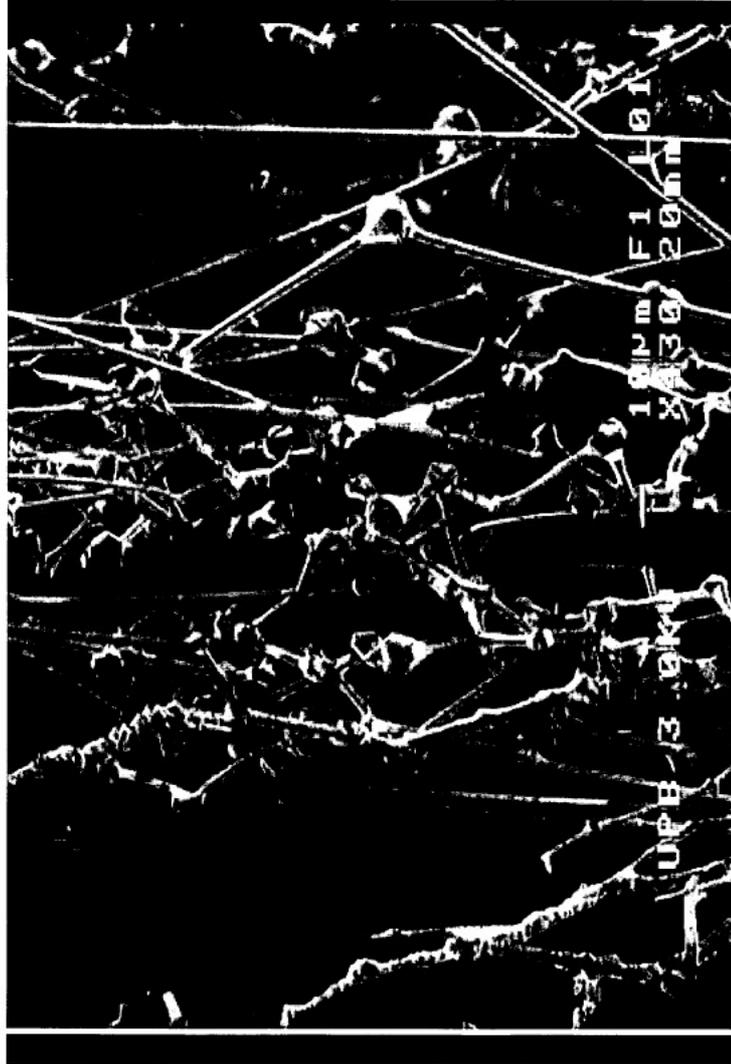


Fig. 5

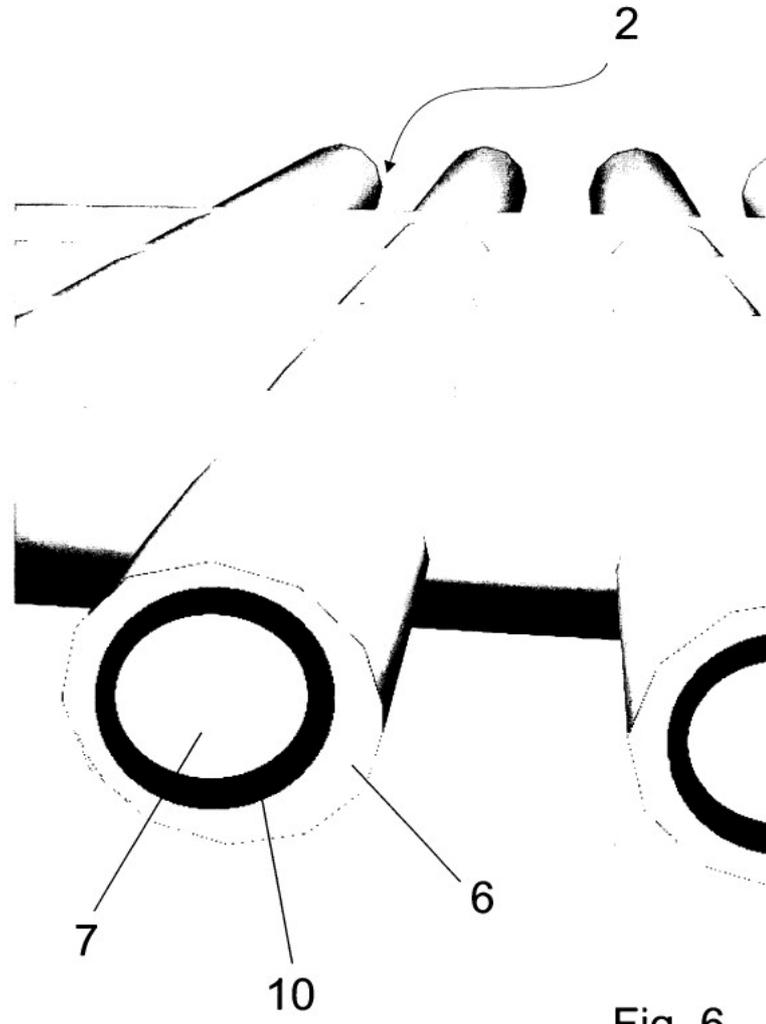


Fig. 6

