

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI0815686-7 A2**

(22) Data de Depósito: 23/12/2008
(43) Data da Publicação: 28/12/2010
(RPI 2086)



(51) *Int.Cl.:*
H01L 31/02

(54) Título: **CÉLULAS SOLARES COM ESTRUTURA EM CAMADAS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA**

(73) Titular(es): Tezca Pesquisa e Desenvolvimento de Celulas Solares Ltda

(72) Inventor(es): Agnaldo de Souza Gonçalves

(57) Resumo: Células solares com estrutura em camadas para geração de energia, compostas por dois eletrodos formados por camadas opacas, como eletrodo de trabalho e contra-eletrodo. A injeção proporciona meios para montagem de células solares contendo duas camadas opacas dispostas numa configuração do tipo "sanduíche" invertida, na qual a fina camada isolante está disposta entre as mesmas. O sistema como um todo compreende microcanais entre o eletrodo de trabalho e o contra-eletrodo de tal forma que ambas as camadas opacas estejam em contato com o eletrólito. Num primeiro caso, sobre uma primeira camada opaca condutora é depositado um filme poroso semiconductor nanoestruturado, que juntamente com o corante formam o eletrodo de trabalho, e uma camada catalítica é depositada sobre uma segunda camada opaca, atuando como contra-eletrodo. Num segundo caso, a primeira camada opaca contendo a camada fotoativa (sensível à luz) atua como eletrodo de trabalho e a segunda camada opaca funciona como contra-eletrodo, composta preferencialmente de grafite. Uma camada fina e opaca composta preferencialmente de um material isolante, dotado de um padrão de microcanais de acesso ao eletrólito, funciona como espaçador isolante. O invólucro externo, desde que feito em materiais resistentes à corrosão, permite um sistema de refrigeração aos painéis solares, desde que um fluxo de água seja estabelecido na parte inferior dos mesmos (parte traseira não exposta à luz).

“Células solares com estrutura em camadas para geração de energia”**Campo da invenção:**

A presente invenção trata de células solares, dispositivos capazes de converter energia luminosa em energia elétrica.

5 Fundamentos da invenção:

Esta solicitação revela a utilização de camadas opacas na construção de células solares em substituição aos substratos vítreos ou plásticos, dotadas de microcanais de acesso ao meio de transporte de carga. O dito meio de transporte de carga, circundando as camadas opacas contendo
10 microcanais de acesso, são então protegidos da contaminação atmosférica pela utilização de um invólucro externo, permitindo a conversão de energia luminosa em eletricidade.

É conhecida a atual necessidade por fontes de energia limpas e renováveis, dada a crescente demanda por energia e a diminuição da oferta de
15 combustíveis fósseis. Uma alternativa se encontra na indústria fotovoltaica, que origina aplicações nos mais diversos cenários industriais.

A maior parte das indústrias de energia solar utiliza dispositivos fotovoltaicos constituídos principalmente de silício. Recentemente, uma nova tecnologia que vem sendo estudada se refere à conversão de energia por sistemas que
20 mimetizam a fotossíntese na conversão de energia solar. Os mesmos conceitos envolvidos na coleta e conversão de energia solar pelas plantas foram usados para otimizar o dispositivo fotoeletroquímico publicado por O'Regan e Grätzel - A low-cost, high-efficiency solar-cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. **Nature**, v. 353, n. 6346, p. 737-740, 1991 e mais recentemente em KONG, F; DAI, S.; WANG, K. Review
25 of recent progress in dye-sensitized solar cells. **Advances in Optoelectronics**, v. 2007,

p. 1-13, 2007. Neste dispositivo ocorre a separação entre a absorção de luz e o transporte de portadores de carga foto gerados, duas funções que ocorrem simultaneamente em dispositivos fotovoltaicos convencionais baseados em silício. Por separar estas funções a célula fotoeletroquímica, denominada célula solar sensibilizada por corante, dispensa a utilização de materiais altamente puros na sua construção, o que diminui o custo dos dispositivos, ao contrário das células fotovoltaicas tradicionais. Além disso, a eficiência na conversão de energia das células solares sensibilizadas por corante não varia de forma tão acentuada com a variação da temperatura, como observado nos dispositivos fotovoltaicos, conforme relatado por GRÄTZEL, M.

10 Photoelectrochemical cells. **Nature**, v. 414, p. 338-344, 2001. O funcionamento de uma célula solar sensibilizada por corante está ilustrado esquematicamente na figura 1.

O dispositivo apresentado na figura 1 apresenta uma configuração do tipo “sanduíche” tradicional, na qual um meio de transporte de carga 4, particularmente um eletrólito, situa-se entre o eletrodo de trabalho e o contra-eletrodo, separados entre si por um espaçador isolante 7. O eletrodo de trabalho se refere a uma combinação entre uma primeira camada condutora 2, transparente ou opaca, rígida ou flexível e uma camada fotoativa 3. Por camada fotoativa 3 entende-se uma combinação entre um filme semicondutor poroso nanoestruturado e um corante. O contra-eletrodo é a combinação entre uma segunda camada condutora 5, transparente ou opaca, rígida ou flexível e uma camada catalítica 6. O eletrodo de trabalho e o contra-eletrodo são conectados entre si pelo circuito externo, onde se realiza o trabalho. É relevante ressaltar que pelo menos um dos eletrodos deve ser transparente para permitir a entrada de luz 1, que ocorre preferencialmente pelo eletrodo de trabalho, quando a camada fotoativa 3 está depositada sobre uma primeira camada condutora 2, sendo a dita primeira camada condutora transparente. Além disso, os eletrodos devem ser condutores elétricos de

forma a transportar elétrons fotogerados pelo sistema de forma efetiva. É válido ressaltar que na dita configuração "sanduíche" tradicional a camada fotoativa 3 do eletrodo de trabalho e a camada catalítica 6 do contra-eletrodo estão orientadas em direção ao interior do dispositivo da figura 1.

5 Ainda de acordo com a figura 1, o funcionamento do dispositivo "sanduíche" tradicional pode ser descrito como a seguir. Após a absorção de luz, o corante S^0 , presente na camada fotoativa 3, sensível à luz 1, é promovido a um estado energeticamente excitado S^* . Após a excitação do corante, há injeção eletrônica na banda de condução do filme semicondutor poroso nanoestruturado, também presente
10 na camada fotoativa 3. O dito filme semicondutor poroso nanoestruturado é composto por um óxido semicondutor de *band gap* elevado, sendo geralmente utilizado dióxido de titânio (TiO_2), óxido de zinco (ZnO) e dióxido de estanho (SnO_2). Grande atenção tem sido revelada a complexos de rutênio como corante, componente da camada fotoativa 3. Os elétrons fotoinjetados se difundem através do filme semicondutor poroso
15 nanoestruturado que compõe a camada fotoativa 3 de uma nanopartícula a outra até alcançar a primeira camada condutora 2 e depois o circuito externo. O circuito externo representa um caminho condutor pelo qual os elétrons gerados podem se mover entre o eletrodo de trabalho e o contra-eletrodo e realizar trabalho, tal como acender uma lâmpada, por exemplo. O corante oxidado é então reduzido pelos íons presentes no
20 meio de transporte de carga 4, que geralmente formam um par redox do tipo iodeto/triiodeto. O mediador redox oxidado, neste caso íons triiodeto, difundem-se em direção à camada catalítica 6, onde são reduzidos pelos elétrons provenientes do circuito externo, na interface desta camada catalítica 6.

 Como camada catalítica normalmente se utiliza um filme de platina (Pt),
25 embora recentemente resultados comparáveis tenham sido obtidos utilizando-se negro

de fumo, nanotubos de carbono e polímeros condutores de buracos, como relatado por FAN, B.; MEI, X.; SUN, K.; OUYANG, J. Conducting polymer/carbon nanotube composite as counter electrode of dye-sensitized solar cells. **Applied Physics Letters**, v. 93, 143103, p. 1431031-3, 2008. Como camada condutora transparente usualmente se utiliza FTO, que é um filme fino condutor transparente de dióxido de estanho dopado com flúor - $\text{SnO}_2\text{:F}$ sobre substrato de vidro, ou ITO, que é um filme fino condutor transparente de óxido de índio dopado com estanho, $\text{In}_2\text{O}_3\text{:Sn}$ sobre substrato vítreo.

Embora a tecnologia envolvida em células solares sensibilizadas por corante seja relativamente nova, esta possibilita a geração de eletricidade sob condições de baixa iluminação. Essas células solares, diferentemente das células de silício, baseiam-se em componentes e processos de produção de baixo custo, contrariamente aos módulos de silício monocristalino, que exigem altíssimas temperaturas, processos litográficos e vácuo, permitindo fácil preparação, disponibilidade de serem fabricadas em substratos flexíveis, como descrito por MIYASAKA, T.; KIJITORI, Y.; IKEGAMI, M. *Plastic dye-sensitized photovoltaic cells and modules based on low-temperature preparation of mesoscopic titania electrodes*. **Electrochemistry**, v. 75, n. 1, p. 2-12, 2007, e em diversos formatos. Painéis para fins comerciais já estão sendo desenvolvidos, como descrito em DAI, S. Y.; WENG, J.; SUI, Y. F.; CHEN, S. H.; XIAO, S. F.; HUANG, Y.; KONG, F. T.; PAN, X.; HU, L. H.; ZHANG, C. N.; WANG, K. J. *The design and outdoor application of dye-sensitized solar cells*. **Inorganica Chimica Acta**, v. 361, n. 3, p. 786-791, 2008, juntamente com uma compreensão mais abrangente dos problemas relacionados à estabilidade a longo prazo destes dispositivos, como relatado por PETTERSSON, H.; GRUSZECKI, T.; BERNHARD, R.; HÄGGMAN, L.; GORLOV, M.; BOSCHLOO, G.; EDVINSSON, T.; KLOO, L.; HAGFELDT, A. The monolithic multicell: a tool for testing material

components in dye-sensitized solar cells. **Progress in Photovoltaics**, v. 15, n. 2, p. 113-121, 2007. Atualmente células solares sensibilizadas por corante atingem aproximadamente 11% de eficiência, como recentemente relatado por CHIBA, Y; ISLAM, A.; WATANABE, Y.; KOMIYA, R.; KOIDE, N.; HAN, L. Dye-sensitized solar cells with conversion efficiency of 11.1%. **Japanese Journal of Applied Physics**, v. 45, n. 25, p. L638-L640, 2006, sendo alguns avanços merecedores de destaque, tais como a montagem destes dispositivos em área maiores, ou seja, 21 cm² com 7,2% de eficiência, como relatado por KUMARA, G. R. A.; KANEKO, S.; KONNO, A.; OKUYA, M.; MURAKAMI, K. Large area dye-sensitized solar cells: material aspects of fabrication.

10 **Progress in Photovoltaics**, v. 14, n. 7, p. 643-651, 2006. Geralmente células solares altamente eficientes utilizam uma camada fina bloqueadora sobre o FTO, como descrito no documento XIA, J.; MASAKI, N.; JIANG, K.; YANAGIDA, S. Deposition of a thin film of TiO_x from a titanium metal target as novel blocking layers at conducting glass/ TiO₂ interfaces in ionic liquid mesoscopic TiO₂ dye-sensitized solar cells. **Journal of**

15 **Physical Chemistry B**, v. 110, p. 25222-25228, 2006. Por camada fina bloqueadora entende-se uma camada de espessura entre 5 e 200 nm com a função de melhorar o desempenho do dispositivo por dificultar a recombinação eletrônica, entre o FTO e espécies oxidadas no meio de transporte de carga, ou seja, íons triiodeto, uma vez que a referida camada é depositada sobre o FTO.

20 Posteriormente a camada fotoativa é depositada sobre a camada fina bloqueadora. Esta camada fina bloqueadora também pode ser utilizada sobre uma lâmina metálica, sendo neste caso responsável pela diminuição no processo de recombinação, além de proteger o metal contra degradação/corrosão causada pelo contato contínuo entre a superfície metálica e o meio de transporte de

25 carga.

A utilização de painéis flexíveis e leves permite a integração desta tecnologia aos equipamentos portáteis (telefones celulares, *palmtops*, mp3 *players*, *laptops*, cartões inteligentes, etc) e a superfícies curvas. Porém, a configuração “sanduíche” tradicional geralmente empregada em células solares sensibilizadas por corante exige que pelo menos um dos substratos condutores seja transparente, como descrito nos documentos WO 99/66520, WO 2004/053905, US 7,179,988, JP2005166313 e US 7,078,613.

Os altos valores de eficiência global na conversão de energia solar em eletricidade obtidos em células solares sensibilizadas por corante dependem, em grande extensão, de um contato elétrico adequado entre as nanopartículas do filme semicondutor poroso que compõem a camada fotoativa. Na montagem das células solares, a partir de uma “pasta” contendo nanopartículas do óxido semicondutor se deposita uma fina camada da dita “pasta” sobre uma camada condutora transparente, geralmente à temperatura ambiente. O filme semicondutor poroso nanoestruturado somente apresentará um adequado contato elétrico entre as nanopartículas e adesão suficiente à camada condutora transparente após um processo denominado sinterização. Geralmente uma sinterização adequada é obtida após tratamento térmico deste filme semicondutor poroso nanoestruturado a temperatura em torno de 450 °C, limitando a camada condutora transparente somente a materiais resistentes a tratamentos térmicos nestas condições. Além disso, um valor adequado de espessura do filme semicondutor poroso nanoestruturado, em torno de 10 µm, é requerido de tal forma a se proporcionar condições para uma alta quantidade de corante adsorvida no mesmo. Como em células solares flexíveis utilizando substratos plásticos o tratamento térmico do filme semicondutor poroso nanoestruturado não pode, geralmente, ultrapassar 150 °C, processos de preparação do mesmo a baixas temperaturas foram

desenvolvidos, entre eles: compressão mecânica, tratamento térmico a baixa temperatura (somente 100 °C), métodos hidrotérmicos, deposição eletroforética, eletrodeposição catódica, irradiação de microondas, transferência de filme poroso de um substrato a outro, entre outras. Porém, a sinterização ineficiente entre as nanopartículas no filme semicondutor poroso nanoestruturado oriunda do processo de preparação do mesmo a baixas temperaturas resulta em filmes frágeis, que apresentam baixa estabilidade mecânica quando o substrato é tensionado/dobrado, e baixas eficiências na conversão de energia solar em eletricidade. Os substratos condutores flexíveis transparentes mais comuns consistem em um filme fino de ITO depositado sobre substrato polimérico, como por exemplo polietilenotereftalato (ITO-PET), poliéster ou polietilenonaftalato (ITO-PEN). Estes substratos flexíveis apresentam várias desvantagens, tais como uma alta resistência em série, conferindo aos dispositivos flexíveis um baixo valor de fator de preenchimento; baixa propriedade de barreira contra contaminantes atmosféricos, dentre eles vapor de água e dióxido de carbono; possibilitam tratamentos térmicos dos filmes depositados sobre os mesmos somente a temperaturas abaixo de 150 °C, normalmente insuficientes para proporcionar eletrodos com propriedades mecânicas e elétricas adequadas.

O dispositivo da figura 2 ilustra uma alternativa interessante na montagem de células solares pela utilização de uma lâmina metálica 9 suportando a camada fotoativa 3, constituída por filme poroso semicondutor nanoestruturado e o corante, e uma camada condutora transparente flexível 8 (ITO-PET) suportando a camada catalítica 6, conforme detalhado no documento WO 99/66520. A lâmina metálica 9 é opaca, mas proporciona um baixo valor de resistência em série comparado à camada condutora transparente flexível 8 (ITO-PET ou ITO-PEN), separadas entre si por um meio de transporte de carga 4 e pelo espaçador isolante 7. Como a camada fotoativa 3

consiste em um filme poroso semiconductor nanoestruturado sensibilizado por corante que se encontra sobre uma lâmina metálica 9, opaca, a luz 1 deve incidir através do contra-eletrodo, formado por uma camada condutora transparente flexível 8 e uma camada catalítica 6, necessariamente transparentes, como descrito nos documentos WO 99/66520, US 7,179,988, US 7,022,910, US 7,078,613 e EP 1 605 479.

Numa configuração alternativa, pode-se também utilizar uma lâmina metálica contendo cavidades na escala micrométrica de forma a suportar a camada fotoativa dentro das mesmas e ainda proporcionar acesso ao meio de transporte de carga, sendo o contra-eletrodo transparente, conforme relatado no documento US 7,179,988. Uma outra alternativa de se construir células solares flexíveis a custos menores é a utilização de redes de fios metálicos em substituição às camadas condutoras transparentes, como parte integrante do contra-eletrodo e/ou parte integrante do eletrodo de trabalho, os quais foram denominados *mesh* no documento US 7,022,910. A rede de fios metálicos pode suportar a camada fotoativa, que juntos formarão o eletrodo de trabalho. Uma outra rede de fios metálicos pode suportar a camada catalítica, formando assim o contra-eletrodo, também citado no documento US 7,022,910. O eletrodo de trabalho e o contra-eletrodo são separados por um espaçador isolante. Porém, apesar de essas redes de fios metálicos possibilitarem um fácil acesso ao meio de transporte de carga em ambos os eletrodos, as mesmas não proporcionam filmes com alta área superficial. Assim, o filme semiconductor poroso nanoestruturado que compõe a camada fotoativa apresentará uma baixa área superficial e, portanto, baixos valores de fotocorrente. Da mesma forma, a baixa porosidade da camada catalítica confere ao contra-eletrodo um alto valor de sobrepotencial na redução do mediador redox oxidado.

A maior motivação relativa à presente invenção é proveniente do processo de mimetizar a fotossíntese nas plantas. No referido processo, existem reações químicas que acontecem na presença de luz (claro) e outras que acontecem na ausência de luz (escuro). Assim, no caso de células solares somente um dos eletrodos
5 deveria ser exposto à iluminação, enquanto o outro permanece no escuro. Embora o uso de lâminas metálicas e redes de fios metálicos (*mesh*) como eletrodos em células solares seja um avanço tecnológico considerável, a necessidade de passagem de luz por um dos eletrodos é sempre destacada em artigos científicos, como descrito em KASHIWA, Y.; YOSHIDA, Y.; HAYASE, S. All-metal-electrode-type dye sensitized solar
10 cells (transparent conductive oxide-less dye sensitized solar cell) consisting of thick and porous Ti electrode with straight pores. **Applied Physics Letters**, v. 92, n. 3, p. 033308-033303, 2008 e patentes elaboradas por profissionais da área US 7,179,988, US 7,022,910, US 7,078,613, WO 2004/053905, EP 1 605 479, JP2005166313 e WO 99/66520.

15 A construção de células solares flexíveis sensibilizadas por corante baseadas em eletrodo de trabalho consistindo da camada fotoativa 3 sobre uma lâmina metálica 9, como na figura 2, apresenta como principais vantagens a menor resistência em série do metal em comparação ao ITO-PET ou ITO-PEN, menor custo e permite alta estabilidade mecânica do filme poroso devido à possibilidade de tratamento térmico do
20 mesmo a temperaturas mais altas. Porém, como a iluminação acontecerá necessariamente pelo contra-eletrodo transparente, algumas desvantagens surgem, tais como as perdas ópticas causadas pela transmissão de luz pelo mesmo, uma vez que a camada catalítica 6 dificilmente será totalmente transparente, além de perdas por absorção de luz através do meio de transporte de carga 4. Por exemplo, mesmo ao
25 utilizar eletrodos constituídos de redes de fios metálicos (*mesh*) ou lâminas

metálicas, nota-se a intensa preocupação de que um dos eletrodos deva transmitir luz de forma significativa já nas primeiras reivindicações US 7,179,988, US 7,022,910, US 7,145,071; WO 99/66520; WO 2004/053905; US 7,078,613; EP 1 605 479; JP2007265776A; JP200632411A; JP2006286534A, JP2005166313 e
5 WO03065472A2.

Objetivos e sumário da invenção:

A presente invenção procura solucionar os problemas técnicos descritos e aperfeiçoar os dispositivos acima descritos.

Para esta finalidade, é apresentado um dispositivo que utiliza camadas
10 opacas numa configuração invertida em relação à disposição “sanduíche” tradicional no qual a luz não necessita atravessar as ditas camadas inteiramente para alcançar o eletrodo de trabalho. Por camadas opacas entende-se camadas com baixa ou nenhuma propriedade transmissora de luz. Assim, poderão ser usadas como camadas opacas lâminas metálicas para confecção tanto do eletrodo de trabalho quanto do contra-
15 eletrodo. Nesta configuração “sanduíche” invertida, a camada fotoativa do eletrodo de trabalho e a camada catalítica do contra-eletrodo estão direcionadas para fora do dispositivo, contrapostas, de forma oposta à configuração “sanduíche” tradicional. Como consequência do arranjo invertido em relação à disposição “sanduíche”, haverá redução significativa das perdas por absorção de luz no meio de transporte de carga e
20 por reflexão e transmissão que normalmente ocorrem nas camadas condutoras transparentes, sejam de vidro ou plástico, através da utilização de uma camada opaca suportando a camada fotoativa diretamente exposta à iluminação.

De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida em relação à
25 disposição “sanduíche” tradicional, como na figura 3, na qual se tem uma primeira

camada fina 10, rígida ou flexível, uma camada fotoativa 3 depositada sobre a primeira camada fina 10, formando assim o eletrodo de trabalho, uma segunda camada fina 11, rígida ou flexível, uma camada catalítica 6 depositada sobre a segunda camada fina 11, formando o contra-eletrodo. O meio de transporte de carga 4 consegue se inserir dentro
5 da camada catalítica 6, da segunda camada fina condutora elétrica 11, do espaçador isolante 7, da primeira camada fina 10 e da camada fotoativa 3, através de microcanais 12 presentes em todos esses elementos. Esta célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida é então envolvida por um invólucro externo transparente 13, de forma a proteger a dita estrutura em camadas da poeira,
10 umidade e vapores atmosféricos contaminantes. O invólucro externo transparente 13 contém furos para retirada do ar via pressão reduzida e para injeção do meio de transporte de carga.

É válido ressaltar que os referidos microcanais 12 somente possuem a função de proporcionar acesso ao meio de transporte de carga 4 e não acesso à
15 iluminação, uma vez que a camada fotoativa 3 já está inteiramente exposta à luz 1.

A presente invenção elimina a necessidade do uso de uma camada condutora transparente, economicamente pouco viável, como barreira aos contaminantes atmosféricos, pois proporciona a direta exposição da camada fotoativa à luz. Assim o custo relacionado à conversão de energia luminosa em eletricidade se
20 torna muito menor.

Em outro aspecto, a presente invenção permite uma maior estabilidade em longo prazo, uma vez que o invólucro externo, ao permitir a entrada de iluminação, permite também uma melhor vedação do sistema ao vapor de água, poeira e dióxido de carbono atmosférico de forma eficiente e barata. Adicionalmente, o invólucro externo
25 permite uma maior facilidade na selagem, fácil manutenção, ou seja, tanto a troca do

eletrólito após um determinado período de funcionamento do dispositivo caso o mesmo apresente algum problema técnico como também das próprias camadas opacas, caso as ditas camadas apresentem mau funcionamento após um determinado período de tempo. O invólucro externo pode ser feito com materiais recicláveis, tais como PET, PEN ou outros polímeros adequados para tal fim. O invólucro externo, desde que confeccionado com materiais resistentes à corrosão pelo contato contínuo com água, permite o fluxo de água para refrigeração dos painéis solares e proporciona o aquecimento de água para uso em residências, escolas, comércio, entre outros.

A presente invenção permite a fabricação de células solares com ampla diversidade de materiais empregados como camadas opacas, o que influencia diretamente na característica final dos dispositivos eletroquímicos, em sua empregabilidade e em seu custo. Além disso, o uso de camadas opacas finas atribui à célula solar flexibilidade, a custos relativamente mais competitivos com outras tecnologias.

No caso de dispositivos flexíveis, a utilização de camadas opacas substituindo camadas condutoras transparentes proporciona um ganho expressivo em termos de custos e estabilidade do dispositivo em longo prazo. Neste último quesito, proporciona-se uma maior estabilidade mecânica da camada catalítica, um dos componentes do contra-eletrodo flexível, uma vez que células solares flexíveis geralmente utilizam contra-eletrodos flexíveis preparados à baixa temperatura, normalmente insuficiente para garantir a integridade da camada catalítica, após um determinado período de tempo. O uso de uma camada opaca condutora permite a deposição da camada catalítica a altas temperaturas, proporcionando assim um contra-eletrodo com propriedades mecânicas mais adequadas. Desta forma, proporciona-se meios para uma maior estabilidade mecânica do filme poroso semiconductor

nanoestruturado que compõe a camada fotoativa, uma vez que dependendo do material da camada opaca, permite-se o tratamento térmico do filme poroso semiconductor nanoestruturado a temperaturas relativamente altas, o que geralmente não acontece quando se utiliza camadas condutoras transparentes flexíveis na confecção de células solares flexíveis.

Descrição Detalhada

De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida em relação à disposição “sanduíche” tradicional, como na figura 3, na qual se tem uma primeira camada fina 10, opaca, rígida ou flexível, uma camada fotoativa 3 depositada sobre a primeira camada fina 10, formando assim o eletrodo de trabalho; uma segunda camada fina 11, opaca, rígida ou flexível, uma camada catalítica 6 depositada sobre a segunda camada fina 11, formando o contra-eletrodo. O meio de transporte de carga 4 consegue se inserir dentro da camada catalítica 6, da segunda camada fina 11, do espaçador isolante 7, da primeira camada fina 10 e da camada fotoativa 3, através de microcanais 12 presentes em todos esses elementos. Esta célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida é então envolvida por um invólucro externo transparente 13, de forma a proteger a dita estrutura em camadas da poeira, umidade e vapores atmosféricos contaminantes. O invólucro externo transparente 13 contém furos para retirada do ar via pressão reduzida e para injeção do meio de transporte de carga.

1.1. Camadas opacas finas e condutoras elétricas

De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 3, na qual tem-se uma primeira

camada fina 10 condutora elétrica, opaca, rígida ou flexível, e segunda camada fina 11 condutora elétrica, opaca, rígida ou flexível, separadas entre si por um espaçador isolante elétrico 7. O material das ditas camadas opacas condutoras de eletricidade não é restrito e apresenta resistividade menor ou aproximadamente igual a 10 ohm/□ e transmitância aproximadamente menor que 30%, consistindo de uma lâmina de aço 5 inoxidável, alumínio, cobre, zinco, titânio, cobalto, tungstênio, paládio, ouro, platina, ou ligas metálicas envolvendo os mesmos, cuja espessura esteja aproximadamente na faixa entre 50 nm e 200 μm. Alternativamente, as camadas opacas podem apresentar características semicondutoras, cujos materiais não são restritos e incluem fibras 10 naturais e/ou sintéticas.

1.2. Camada opaca isolante em combinação com camada fina condutora

De acordo com a presente invenção, apresenta-se um elemento fotoeletroquímico compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 3, na qual se tem uma 15 primeira camada fina 10 condutora elétrica, opaca, rígida ou flexível, e uma segunda camada fina 11 isolante elétrica, opaca, separadas entre si por um espaçador isolante 7. Os materiais para confecção da camada opaca isolante elétrica não são restritos e incluem derivados de papel neutro, tais como fenolite, fibras vulcanizadas, papéis isolantes, fitas e cadarços de vidro, resinas, adesivos, fibras naturais ou sintéticas com 20 resinas naturais ou sintéticas, tais como celeron, material cerâmico refratário, fibras de vidro, resinas naturais ou sintéticas, resinas de cura ultravioleta, epóxi, com característica isolante, temperatura de transição vítrea aproximadamente entre 20 °C e 1.000 °C e resistividade aproximadamente entre 10^5 a 10^{22} ohm metro.

De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar 25 compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição

“sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 3, na qual se tem uma primeira camada fina 10 isolante elétrica, opaca, uma segunda camada fina 11 condutora elétrica, separadas entre si por um espaçador isolante 7. Os materiais para confecção da camada opaca isolante elétrica não são restritos e incluem derivados de papel neutro, tais como fenolite, fibras vulcanizadas, papéis isolantes, fitas e cadarços de vidro, resinas, adesivos, fibras naturais ou sintéticas com resinas naturais ou sintéticas, tais como celeron, material cerâmico refratário, fibras de vidro, resinas naturais ou sintéticas, resinas de cura ultravioleta, epóxi, com característica isolante, temperatura de transição vítrea aproximadamente entre 20 °C e 1.000 °C e resistividade aproximadamente entre 10^5 a 10^{22} ohm metro.

1.3. Espaçador isolante

De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 3, na qual se tem uma primeira camada fina 10, opaca, rígida ou flexível, uma camada fotoativa 3 consistindo de um filme poroso semicondutor nanoestruturado depositado sobre a primeira camada fina 10, uma segunda camada fina 11, opaca, rígida ou flexível, uma camada catalítica 6 depositada sobre a segunda camada fina 11 e um meio de transporte de carga 4 circundando a camada fotoativa 3 e a camada catalítica 6, no qual um espaçador isolante 7 une a primeira camada fina 10 e a segunda camada fina 11, no qual o dito espaçador isolante 7 é, preferencialmente, caracterizado por ser um termoplástico, iodeto de lítio, óxido metálico, alumina, zircônia, mulita, porcelana, nitreto de silício, nitreto de titânio, nitreto de alumínio, carbetos de silício, carbetos de titânio, carbetos de alumínio, sílica, derivados do silício, tais como silanos, siloxanos, silicatos, silazanos, derivados do silicone, ar, frit, ou do inglês *glass frit*, preferencialmente não contendo

chumbo. Os materiais para confecção do espaçador isolante 7 não são restritos e incluem também derivados de papel neutro, tais como fenolite, fibras vulcanizadas, papéis isolantes, fitas e cadarços de vidro, resinas e adesivos, fibras naturais ou sintéticas combinadas com resinas naturais ou sintéticas, tais como celeron, material cerâmico refratário, compósitos, resinas naturais ou sintéticas, fibra de carbono, fibra de vidro, resinas de cura ultravioleta, epóxi, acrílico, teflon, náilon, com característica isolante, temperatura de transição vítrea aproximadamente entre 20 °C e 1.000 °C, resistividade aproximadamente entre 10^5 a 10^{22} ohm metro e espessura aproximadamente entre 5 nm e 100 μm .

1.4. Microcanais para acesso ao meio de transporte de carga

Numa outra forma da presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 3, na qual uma primeira camada fina 10, opaca, rígida ou flexível; uma camada fotoativa 3, consistindo de um material semiconductor depositado sobre a primeira camada fina 10; uma segunda camada fina 11, opaca, rígida ou flexível; uma camada catalítica 6 depositada sobre a segunda camada fina 11; um espaçador isolante 7 que une a primeira camada fina 10 e a segunda camada fina 11; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, possibilitando que o dito meio de transporte de carga 4 atravessasse todos os referidos componentes da célula solar. O padrão de microcanais 12 é estabelecido na referida estrutura em camadas, unicamente para acesso ao meio de transporte de carga 4, compreendidos na faixa de tamanho de 5 nm e 200 μm , nos mais diversos formatos que possibilitem o acesso do meio de transporte de carga 4, tais como, mas não

restritos a, circulares, quadrados, retangulares, trapezoidais, hexagonais e triangulares.

Numa outra forma da presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 3, na qual uma primeira camada fina 10, opaca, rígida ou flexível; uma camada fotoativa 3, consistindo de um material semiconductor depositado sobre a primeira camada fina 10; uma segunda camada fina 11, opaca, rígida ou flexível; um espaçador isolante 7 que une a primeira camada fina 10 e a segunda camada fina 11; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, possibilitando que o dito meio de transporte de carga 4 atravesse todos os referidos componentes da célula solar. Nessa referida forma, a camada catalítica é feita de um material poroso, que permite a passagem do meio de transporte de carga 4 através de sua estrutura. O padrão de microcanais 12 é estabelecido na referida estrutura em camadas, unicamente para acesso ao meio de transporte de carga 4, compreendidos na faixa de tamanho de 5 nm e 200 μ m, nos mais diversos formatos que possibilitem o acesso do meio de transporte de carga 4, tais como, mas não restritos a, circulares, quadrados, retangulares, trapezoidais, hexagonais e triangulares.

Numa outra forma da presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 3, na qual uma primeira camada fina 10, opaca, rígida ou flexível; uma segunda camada fina 11, opaca, rígida ou flexível; uma camada catalítica 6 depositada sobre a segunda camada fina 11; um espaçador isolante 7 que une a primeira camada fina 10 e a segunda camada fina 11; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, possibilitando que o

dito meio de transporte de carga 4 atravesse todos os referidos componentes da célula solar. Nessa referida forma, a camada fotoativa 3 é feita de um material semiconductor poroso, que permite a passagem do meio de transporte de carga 4 através de sua estrutura. O padrão de microcanais 12 é estabelecido na referida estrutura em camadas, 5 unicamente para acesso ao meio de transporte de carga 4, compreendidos na faixa de tamanho de 5 nm e 200 μ m, nos mais diversos formatos que possibilitem o acesso do meio de transporte de carga 4, tais como, mas não restritos a, circulares, quadrados, retangulares, trapezoidais, hexagonais e triangulares.

Numa outra forma da presente invenção, apresenta-se uma célula solar 10 compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 3, na qual uma primeira camada fina 10, opaca, rígida ou flexível; uma segunda camada fina 11, opaca, rígida ou flexível; um espaçador isolante 7 que une a primeira camada fina 10 e a segunda camada fina 11; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, 15 possibilitando que o dito meio de transporte de carga 4 atravesse todos os referidos componentes da célula solar. Nessa referida forma, a camada fotoativa 3 e a camada catalítica 6 são feitas de um material poroso, que permite a passagem do meio de transporte de carga 4 através de suas estruturas. O padrão de microcanais 12 é estabelecido na referida estrutura em camadas, unicamente para acesso ao meio de 20 transporte de carga 4, compreendidos na faixa de tamanho de 5 nm e 200 μ m, nos mais diversos formatos que possibilitem o acesso do meio de transporte de carga 4, tais como, mas não restritos a, circulares, quadrados, retangulares, trapezoidais, hexagonais e triangulares.

1.5. Primeira camada opaca condutora contendo uma camada fina 25 bloqueadora

De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 4, na qual uma primeira camada fina 10, opaca, condutora elétrica, rígida ou flexível; uma primeira camada fina bloqueadora 14, condutora ou isolante elétrica, transparente ou opaca, depositada sobre a primeira camada fina 10; uma camada fotoativa 3 consistindo de um filme poroso semiconductor nanoestruturado depositada sobre a primeira camada fina bloqueadora 14; um espaçador isolante elétrico 7; uma segunda camada fina 11, opaca, condutora elétrica, rígida ou flexível; uma segunda camada fina bloqueadora 15, condutora ou isolante elétrica, transparente ou opaca, depositada sobre a segunda camada fina 11; uma camada catalítica 6 depositada sobre a segunda camada bloqueadora 15; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, possibilitando que o dito meio de transporte de carga 4 atravessasse todos os referidos componentes da célula solar. Os materiais para confecção da camada fina bloqueadora não são restritos e incluem óxido de titânio, óxido de estanho dopado com flúor ($\text{SnO}_2:\text{F}$), óxido de estanho, puro ou dopado com índio ($\text{SnO}_2:\text{In}$), óxido de zinco, puro ou dopado (preferencialmente com alumínio ou gálio), aluminato de zinco, aluminato de gálio (ou qualquer outra fase espinélio adequada para tal fim), carbono, nanotubos de carbono com paredes simples e/ou múltiplas, negro de fumo, grafite, óxido de níquel, óxido de titânio, polímeros condutores - preferencialmente PEDOT:PSS, ou seja, sulfato de poli(3,4-etilenodioxítiofeno)/poli-estirenosulfonato, polianilina, polipirrol, poliacetileno, filmes metálicos de alumínio, cobre, zinco, titânio, paládio, ouro, ródio, platina, ou ligas metálicas derivadas dos mesmos. Alternativamente, uma camada fina semicondutora ou isolante elétrica pode ser utilizada como uma primeira camada fina bloqueadora 14 e como uma segunda camada fina bloqueadora 15, podendo ser depositada sobre a

primeira camada fina 10, opaca, condutora elétrica, tal como óxido de silício, galato de zinco, aluminato de zinco, óxido de titânio, óxido de nióbio, óxido de alumínio, óxido de zinco, titanato de estrôncio, óxido de magnésio, fluoreto de lítio, óxido de estanho, entre outros. Os materiais para compor uma primeira camada fina bloqueadora 14 e uma
5 segunda camada fina bloqueadora 15, condutoras ou isolantes elétricas, sobre uma primeira camada fina 10, condutora elétrica, não são restritos.

1.6. Filmes finos condutores sobre camadas isolantes

De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição
10 “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 5, na qual uma primeira camada fina 10, opaca, isolante elétrica, rígida ou flexível; um primeiro filme fino condutor elétrico 16 depositado sobre a primeira camada fina 10; uma camada fotoativa 3 consistindo de um filme poroso semiconductor nanoestruturado depositada sobre a o primeiro filme fino condutor elétrico 16; um espaçador isolante elétrico 7; uma segunda camada fina 11,
15 opaca, isolante elétrica, rígida ou flexível; um segundo filme fino condutor elétrico 17 depositado sobre a segunda camada fina 11; uma camada catalítica 6 depositada sobre o segundo filme fino condutor elétrico 17; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, possibilitando que o dito meio de transporte de carga 4 atravessasse todos os referidos componentes da célula solar.

20 Por primeiro e segundo filme fino condutor elétrico entende-se uma camada fina condutora elétrica, opaca ou transparente, com espessura entre 5 e 200 nm.

De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição
25 “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 5, na qual uma primeira camada fina

10, opaca, condutora elétrica, rígida ou flexível; um primeiro filme fino condutor elétrico 16 depositado sobre a primeira camada fina 10; uma camada fotoativa 3 consistindo de um filme poroso semiconductor nanoestruturado depositada sobre a o primeiro filme fino condutor elétrico 16; um espaçador isolante elétrico 7; uma segunda 5 camada fina 11, opaca, condutora elétrica, rígida ou flexível; um segundo filme fino condutor elétrico 17 depositado sobre a segunda camada fina 11; uma camada catalítica 6 depositada sobre o segundo filme fino condutor elétrico 17; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, possibilitando que o dito meio de transporte de carga 4 atravessasse todos os 10 referidos componentes da célula solar.

De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 5, na qual uma primeira camada fina 10, opaca, condutora elétrica, rígida ou flexível; um primeiro filme fino condutor elétrico 15 16 depositado sobre a primeira camada fina 10; uma camada fotoativa 3 consistindo de um filme poroso semiconductor nanoestruturado depositada sobre o primeiro filme fino condutor elétrico 16; um espaçador isolante elétrico 7; uma segunda camada fina 11, opaca, isolante elétrica, rígida ou flexível; um segundo filme fino condutor elétrico 17 depositado sobre a segunda camada fina 11; uma camada catalítica 6 depositada sobre 20 o segundo filme fino condutor elétrico 17; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, possibilitando que o dito meio de transporte de carga 4 atravessasse todos os referidos componentes da célula solar.

De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição 25 “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 5, na qual uma primeira camada fina

10, opaca, isolante elétrica, rígida ou flexível; um primeiro filme fino condutor elétrico 16 depositado sobre a primeira camada fina 10; uma camada fotoativa 3 depositada sobre a o primeiro filme fino condutor elétrico 16; um espaçador isolante elétrico 7; uma segunda camada fina 11, opaca, condutora elétrica, rígida ou flexível; um segundo filme
5 fino condutor elétrico 17 depositado sobre a segunda camada fina 11; uma camada catalítica 6 depositada sobre o segundo filme fino condutor elétrico 17; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, possibilitando que o dito meio de transporte de carga 4 atravessasse todos os referidos componentes da célula solar.

10 De acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 5, na qual um primeiro filme fino condutor elétrico 16 é depositado sobre um espaçador isolante elétrico 7; uma camada fotoativa 3 é depositada sobre um filme fino condutor elétrico 16; um segundo filme fino
15 condutor elétrico 17 é depositado sobre um espaçador isolante elétrico 7; uma camada catalítica 6 depositada sobre o segundo filme fino condutor 17; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, possibilitando que o dito meio de transporte de carga 4 atravessasse todos os referidos componentes da célula solar. Um invólucro externo transparente 13, por onde a luz 1 incide, protege a dita estrutura em
20 camadas da poeira, umidade e vapores atmosféricos.

Os materiais para compor um primeiro filme fino condutor elétrico 16 não são restritos, e podem ser transparentes ou opacos, feitos de óxido de estanho dopado com flúor ($\text{SnO}_2\text{:F}$), óxido de estanho dopado com índio, óxido de zinco, puro ou dopado (preferencialmente com alumínio ou gálio), aluminato de zinco, aluminato de
25 gálio (ou qualquer outra fase espinélio adequada para tal fim), carbono, nanotubos de

carbono com paredes simples e/ou múltiplas, negro de fumo, grafite, óxido de níquel, óxido de titânio, polímeros condutores (preferencialmente PEDOT:PSS, ou seja, sulfato de poli(3,4-etilenodioxitiofeno)/poli-estirenosulfonato), polianilina, polipirrol, poliacetileno, filmes metálicos de alumínio, cobre, zinco, titânio, paládio, ouro, ródio, platina, ou ligas metálicas derivadas dos mesmos. Os materiais para compor um segundo filme fino condutor elétrico 17 não são restritos, e podem ser transparentes ou opacos, condutores de eletricidade, tais como óxido de estanho dopado com flúor, óxido de estanho dopado com índio ($\text{SnO}_2:\text{In}$), óxido de zinco, puro ou dopado (preferencialmente com alumínio ou gálio), aluminato de zinco, aluminato de gálio (ou qualquer outra fase espinélio adequada para tal fim), carbono, nanotubos de carbono com paredes simples e/ou múltiplas, negro de fumo, grafite, óxido de níquel, óxido de titânio, polímeros condutores (preferencialmente PEDOT:PSS, ou seja, sulfato de poli (3,4-etilenodioxitiofeno)/poli-estirenosulfonato), polianilina, polipirrol, poliacetileno, filmes metálicos de alumínio, cobre, zinco, titânio, paládio, ouro, ródio, platina, ou ligas metálicas derivadas dos mesmos.

1.7. Organização do dispositivo

Ainda de acordo com a presente invenção, apresenta-se uma célula solar compreendendo uma estrutura em camadas de configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional, como ilustrado na figura 6, na qual uma primeira camada fina 10, preferencialmente condutora, opaca, rígida ou flexível; uma segunda camada fina 11, preferencialmente condutora, opaca, rígida ou flexível; um espaçador isolante elétrico 7 que une a primeira camada fina 10 e a segunda camada fina 11; uma camada catalítica 6 depositada sobre a segunda camada fina 11; apresentam microcanais 12 para a inserção do meio de transporte de carga 4, possibilitando que o dito meio de

transporte de carga 4 atravessasse todos os referidos componentes da célula solar; uma camada fotoativa 3 consistindo de um filme poroso semiconductor nanoestruturado depositado sobre a primeira camada fina 10; um invólucro externo transparente 13, por onde a luz 1 incide sobre a dita célula solar. Há ainda o contato elétrico positivo 23 e o
5 contato elétrico negativo 24.

Ainda de acordo com a figura 6, a camada fotoativa 3 é, preferencialmente, um filme poroso semiconductor nanoestruturado sensibilizado por corante, no qual o dito corante seja um complexo inorgânico ou organometálico contendo íons metálicos di ou trivalentes, tais como rutênio, ferro, cobalto, zinco, ósmio, iridíio; ou ainda seja uma
10 molécula orgânica selecionada do grupo de cianetos, merocianinas, ftalocianinas, pirróis, porfirinas, indóis, carotenóides, ácidos carboxílicos, ácidos fosfóricos; ou ainda moléculas orgânicas sintéticas ou extraídas das mais diversas fontes naturais existentes. Na primeira camada fina 10, preferencialmente condutora elétrica, se deposita um filme poroso semiconductor nanoestruturado, preferencialmente composto
15 por TiO_2 , que juntamente com o corante formam a camada fotoativa 3. A função da camada fotoativa 3 é a geração de fotocorrente. Na segunda camada fina 11, preferencialmente condutora elétrica, se deposita uma camada catalítica 6 contendo microcanais 12, formando o contra-eletrodo, cuja função é a regeneração do corante oxidado, permitindo o funcionamento do dispositivo de forma regenerativa. A conexão
20 do eletrodo de trabalho ao contra-eletrodo pode ser feita proporcionando-se microcanais 12 de acesso ao meio de transporte de carga 4 através desta configuração invertida da disposição “sanduíche” tradicional. O sistema descrito pode ser submetido à formação dos microcanais 12 de acesso ao meio de transporte de carga 4 via corte a laser ou através de métodos químicos úmidos (*etching*). Esse processo de criação de
25 microcanais 12 de acesso ao meio de transporte de carga 4 pode ser feito antes ou

após a deposição da camada fotoativa 3 ou da camada catalítica 6 que irão compor cada eletrodo, não sendo restrito. No caso da formação dos microcanais 12 de acesso ao meio de transporte de carga 4 após a união do eletrodo de trabalho e contra-eletrodo contendo a camada fotoativa 3 e camada catalítica 6, respectivamente, o alinhamento dos mesmos entre a primeira camada fina, 10, preferencialmente condutora elétrica, e a segunda camada fina 11, preferencialmente condutora elétrica, e o espaçador isolante 7 é facilitado. O contato elétrico entre a primeira camada fina 10 e a segunda camada fina 11 com invólucro externo 13 é facilitado deslocando-se uma em relação à outra, como mostrado na figura 6, com o contato elétrico positivo 23 e o contato elétrico negativo 24.

A presente invenção proporciona meios para se utilizar camadas opacas mais baratas e com baixa resistência em série, tanto no eletrodo de trabalho quanto no contra-eletrodo, sejam eles rígidos ou flexíveis. De acordo com a figura 6, a luz incidente 1 no dispositivo atravessa o invólucro externo 13, uma fina camada do meio de transporte de carga 4 e é então absorvida pela camada fotoativa 3. Desta forma, o caminho percorrido pela luz 1 até atingir a camada fotoativa 3 se torna mais curto, diminuindo assim perdas por reflexão, absorção e espalhamento especular ou espalhamento difuso da luz 1. Os elétrons fotoinjetados se difundem através do filme poroso semiconductor nanoestruturado que é um dos componentes da camada fotoativa 3 e atingem a primeira camada fina 10, preferencialmente condutora elétrica, alcançando o circuito externo. O corante oxidado é então reduzido pelos íons iodeto presentes no meio de transporte de carga 4, sendo oxidados a íons triiodeto. Estes últimos se difundem através dos microcanais 12 presentes na primeira camada fina condutora elétrica 10, no espaçador isolante 7 e na segunda camada fina condutora elétrica 11, atingindo a camada catalítica 6, onde serão reduzidos na ausência de luz.

Desta forma torna-se possível a conversão de luz em eletricidade sem a utilização de nenhuma camada condutora transparente e a fabricação de dispositivos flexíveis dependendo da natureza da primeira camada fina 10, preferencialmente condutora elétrica, e da segunda camada fina 11, preferencialmente condutora elétrica.

5 A selagem final do dispositivo pode ser feita na seguinte ordem. Fixação da primeira e segunda camadas finas condutoras elétricas contendo a camada fotoativa e camada catalítica contendo microcanais unidas por um espaçador isolante a um invólucro externo contendo meio de transporte de carga e selagem final.

De outro modo, a selagem final do dispositivo pode ser feita na seguinte
10 ordem. Fixação da primeira e a segunda camadas finas condutoras elétricas contendo a camada fotoativa e camada catalítica unidas por um espaçador isolante a um invólucro externo e injeção posterior do meio de transporte de carga através de dois furos na tampa do invólucro externo. A figura 7 retrata o invólucro externo 13, que contém uma tampa 18, um primeiro sulco longitudinal de material condutor para contato elétrico,
15 formando o pólo positivo 19, e um segundo sulco longitudinal de material condutor para contato elétrico 20, formando o pólo negativo. O invólucro externo 13 deve conter pelo menos uma das faces paralela aos sulcos longitudinais transparente para entrada da luz. A figura 8 ilustra a tampa 18 do invólucro externo transparente 13 contendo um primeiro furo 21 para a injeção do meio de transporte de carga e um segundo furo 22
20 para retirada do ar via pressão reduzida. Da mesma forma, o primeiro furo 21 pode ser usado para retirada do ar via pressão reduzida e o segundo furo 22 pode ser usado para injeção do meio de transporte de carga. Alternativamente, ainda de acordo com a figura 8, somente o primeiro furo 21 pode ser feito na tampa 18 do invólucro externo transparente 13, permitindo a saída do ar a pressão reduzida e a entrada do meio de
25 transporte de carga. A dimensão dos furos é aproximadamente entre 200 nm e 50 μ m,

preferencialmente em formato circular. Com o intuito de evitar o vazamento ou evaporação do meio de transporte de carga, os furos serão selados imediatamente após a injeção do meio de transporte de carga preferencialmente através de aplicação de alta pressão sob aquecimento local.

5 O primeiro furo 21 e o segundo furo 22 na tampa 18 do invólucro externo transparente 13 possuem dimensão na faixa aproximadamente entre 200 nm e 50 μ m, preferencialmente em formato circular e posicionados próximos aos sulcos longitudinais 19 e 20 de material condutor para contato elétrico, como apresentado na figura 8. Após a injeção do meio de transporte de carga 4, os furos 21 e 22 serão vedados pela
10 aplicação de pressão sob aquecimento.

Além disso, a presente invenção possibilita a utilização de materiais recicláveis na confecção do invólucro externo com adequada propriedade de barreira contra contaminantes atmosféricos, uma vez que o mesmo não necessita reunir as características de ser uma camada condutora transparente e simultaneamente
15 apresentar boas propriedades de barreira, diminuindo consideravelmente o custo final do dispositivo. Adicionalmente, a presente invenção possibilita o uso de materiais resistentes à corrosão na confecção do invólucro externo, tornando possível a refrigeração sob fluxo de água pela parte inferior dos painéis solares (não exposta à iluminação). Ainda de acordo com a presente invenção, pode-se montar células solares,
20 rígidas ou flexíveis, baseadas em camadas opacas, rígidas ou flexíveis, condutoras elétricas ou isolantes, inclusive provenientes de materiais recicláveis, tais como a partir de embalagens Tetrapak®.

1.8. Refrigeração

Pode-se montar os módulos/painéis solares, rígidos ou flexíveis, e
25 refrigerá-los a água. Neste caso, pode-se estabelecer um fluxo de água pela parte

inferior dos painéis solares, permitindo a refrigeração dos mesmos, além de proporcionar o aquecimento de água para uso em residências, comércio, escolas, entre outros. O material utilizado na confecção do invólucro externo deve ser resistente ao fluxo de água, tais como vidro, aço inoxidável, substratos poliméricos, tais como acrílico, 5 teflon, náilon, entre outros.

1.9. Lâminas metálicas opacas e materiais recicláveis:

A presente invenção proporciona meios para se utilizar camadas opacas condutoras mais baratas e com baixa resistência em série, tais como lâminas metálicas ou embalagens Tetrapak®, tanto para confecção do eletrodo de trabalho quanto do 10 contra-eletrodo em células solares, sejam elas rígidas ou flexíveis.

Breve descrição da invenção:

A invenção é caracterizada por uma primeira camada fina condutora elétrica 10, opaca, sobre a qual é depositada uma camada fotoativa 3, ou seja, sensível à luz, formada por um filme poroso semiconductor nanoestruturado e um corante, dando 15 origem ao eletrodo de trabalho de acordo com a figura 3. Sobre uma segunda camada fina condutora elétrica 11, opaca, se deposita uma camada catalítica 6, formando o contra-eletrodo. De acordo com a presente invenção, a configuração "sanduíche" tradicional de células solares é invertida de forma a conter o eletrodo de trabalho e o contra-eletrodo separados entre si por um espaçador isolante 7. Ambos os eletrodos 20 são circundados pelo meio de transporte de carga 4 através de microcanais 12 presentes inclusive no espaçador isolante 7. Esta configuração "sanduíche" invertida elimina a necessidade de uma das camadas ser transparente 6, como na figura 2, uma vez que a camada fotoativa 3 está diretamente exposta à iluminação 1 na figura 3. Um invólucro externo transparente 13, transparente e resistente às intempéries 25 atmosféricas, é adicionado então ao sistema para fins de encapsulamento/selagem.

De acordo com a presente invenção, uma forma de se montar o dispositivo da figura 3 compreende a deposição de um filme poroso semiconductor nanoestruturado como um dos componentes da camada fotoativa 3. Os materiais que compõem o filme poroso semiconductor nanoestruturado não são particularmente

5 restritos, sendo preferencialmente dióxido de titânio (TiO_2) sobre uma fina lâmina metálica 10 (preferencialmente aço inoxidável, alumínio, cobre, zinco ou ligas metálicas resistentes à corrosão), formando um dos componentes do eletrodo de trabalho. Os materiais que compõem a camada catalítica 6 não são particularmente restritos, sendo preferencialmente metais nobres, negro de fumo e resinas condutoras, todos com

10 propriedades de condução de eletricidade e atividade catalítica. O contra-eletrodo pode ser preparado a partir da deposição de uma fina camada catalítica, preferencialmente platina (Pt), ouro, ródio, cobre, cromo, tungstênio, negro de fumo, nanotubos de carbono com paredes simples ou múltiplas, polímeros condutores, grafite. Estes materiais condutores podem ser usados sozinhos ou numa combinação dos mesmos. A

15 camada catalítica 6 também pode ser preparada a partir de resinas. As resinas condutoras não são particularmente restritas, como por exemplo uma mistura de materiais condutores com resinas não necessariamente condutoras. As resinas não são particularmente restritas, sendo exemplificadas por resinas de poliamida, poliolefina, policloreto de vinila, epóxi, fenólicas, poliuretano e poliéster. Estas resinas podem ser

20 usadas sozinhas ou em combinação das mesmas. Ambos os eletrodos são então unidos pelas faces que não contêm nenhum depósito de material (um de costas para o outro) através de um material eletricamente isolante. Como pode ser apreciado por profissionais da área, este espaçador isolante 7 pode consistir, preferencialmente, num termoplástico, derivados de silício (Si), sílica, silanos, silicatos, ar, siloxanos, silazanos,

25 derivados de silicone, resinas naturais ou sintéticas, com cura ultravioleta, *glass frit*,

fluoreto de lítio, embora não se limite a tais materiais, sendo estendido a qualquer material que seja adequado para tal fim. O sistema como um todo é então submetido à formação de microcanais 12 para acesso ao meio de transporte de carga 4, particularmente um eletrólito, que permitirá a conexão da camada fotoativa 3 com a 5 camada catalítica 6. Estes microcanais 12 de acesso ao eletrólito 4 podem ser criados antes ou após a deposição da camada fotoativa ou da camada catalítica no eletrodo de trabalho e contra-eletrodo, respectivamente, sendo preferencialmente realizada via corte a laser ou por vias químicas úmidas (*etching*), ou qualquer outra técnica adequada para tal fim, como apreciado por profissionais da área. Esta configuração 10 “sanduíche” invertida contendo ambos os eletrodos opacos é então imersa num invólucro externo transparente 13 contendo o eletrólito 4. Este invólucro externo transparente 13 pode ser rígido ou flexível, dependendo do material de escolha. Pode ser composto preferencialmente de vidro ou de polímeros não condutores (derivados do PET, PEN, etc) para células solares flexíveis. Como eletrólito 4, pode-se utilizar 15 eletrólito líquido, polimérico, sólido, quase-sólido, gel, líquido iônico, e qualquer composição adequada para tal fim, como apreciado por profissionais da área.

Uma outra forma de se montar o dispositivo da figura 3, de acordo com a presente invenção, compreende o uso de uma primeira camada fina condutora elétrica 20 10, opaca, como descrito no parágrafo anterior para o eletrodo de trabalho, unido à segunda camada fina condutora elétrica 11, opaca, conforme descrito anteriormente, porém utilizando preferencialmente uma lâmina de grafite como camada catalítica 6, contendo ou não microcanais 12 de acesso ao eletrólito 4.

Ainda de acordo com a presente invenção, proporciona-se meios para se 25 montar células solares caracterizados por: deposição de um filme poroso semicondutor

nanoestruturado para compor a camada fotoativa 3 sobre uma primeira camada fina condutora elétrica 10 para atuar como eletrodo de trabalho; deposição de uma camada catalítica 6 sobre uma segunda camada fina condutora elétrica 11 para atuar como contra-eletrodo; união de ambas as lâminas opacas condutoras 10 e 11 através de um material isolante 7; meios para proporcionar microcanais 12 de acesso ao eletrólito 4 em toda a configuração “sanduíche” resultante; sensibilização do filme poroso semicondutor nanoestruturado com um corante adequado; fixação dos eletrodos no invólucro externo transparente 13; injeção do eletrólito 4; uma forma de se conectar efetivamente através dos sulcos condutores elétricos 19 e 20 ambos os eletrodos 10 e 11 e selagem final do invólucro externo transparente 13 para evitar vazamento do eletrólito 4 e contaminação por gases/vapores atmosféricos.

Breve descrição das figuras:

A figura 1 é um desenho esquemático ilustrando o funcionamento de uma célula solar sensibilizada por corante na configuração “sanduíche” tradicional.

15 A figura 2 é uma vista em seção transversal de uma célula solar flexível fabricada pela utilização de uma lâmina metálica 9, que juntamente com a camada fotoativa 3 compõe o eletrodo de trabalho e iluminação 1 pelo contra-eletrodo, consistindo de uma camada catalítica transparente 6 depositada sobre uma camada condutora transparente flexível 8.

20 A figura 3 é uma vista em seção transversal de uma célula solar, de acordo com a modalidade da presente invenção, ou seja, na configuração “sanduíche” invertida de modo a se utilizar camadas opacas, rígidas ou flexíveis, na confecção do eletrodo de trabalho e/ou contra-eletrodo.

A figura 4 é uma vista em seção transversal de uma célula solar, de
25 acordo com a modalidade da presente invenção, ou seja, na configuração “sanduíche”

invertida de modo a se utilizar camadas finas condutoras elétricas 10 e 11, rígidas ou flexíveis, como componentes do eletrodo de trabalho e contra-eletrodo, respectivamente, contendo camadas finas bloqueadoras.

A figura 5 é uma vista em seção transversal de uma célula solar, de acordo com a modalidade da presente invenção, ou seja, na configuração “sanduíche” invertida de modo a se utilizar camadas isolantes elétricas, opacas, 10 e 11, rígidas ou flexíveis, como componentes do eletrodo de trabalho e contra-eletrodo, respectivamente, sobre as quais são depositadas camadas finas condutoras elétricas.

A figura 6 é uma vista em seção transversal da célula solar completa, contendo o eletrodo de trabalho e contra-eletrodo na configuração “sanduíche” conectados eletricamente ao invólucro externo pelos contatos 23 e 24, de acordo com a modalidade da presente invenção.

A figura 7 ilustra detalhes, de acordo com a modalidade da presente invenção, do invólucro externo transparente 13, tais como a tampa 18 e sulcos longitudinais 19 e 20 de material condutor para contato elétrico.

A figura 8 ilustra detalhes, de acordo com a modalidade da presente invenção, da tampa 18 contendo furos 21 e/ou 22 para injeção do meio de transporte de carga 4.

A figura 9 é uma vista em seção transversal de uma célula solar, de acordo com a modalidade da presente invenção, ou seja, na configuração “sanduíche” invertida de modo a se utilizar um fino espaçador isolante 7 sobre o qual são depositadas um primeiro filme fino condutor 16 e um segundo filme fino condutor elétrico 17, como componentes do eletrodo de trabalho e contra-eletrodo, sobre os quais estão a camada fotoativa 3 e camada catalítica 6, respectivamente.

Índice de figuras:

- 1 – luz;
- 2 – primeira camada condutora;
- 3 – camada fotoativa;
- 4 – meio de transporte de carga;
- 5 5 – segunda camada condutora;
- 6 – camada catalítica;
- 7 – espaçador isolante elétrico;
- 8 – camada condutora transparente flexível;
- 9 – lâmina metálica;
- 10 10 – primeira camada fina opaca;
- 11 – segunda camada fina opaca;
- 12 – microcanais;
- 13 - invólucro externo transparente;
- 14 – Primeira camada fina bloqueadora;
- 15 15 – Segunda camada fina bloqueadora;
- 16 – primeiro filme fino condutor elétrico;
- 17 – segundo filme fino condutor elétrico;
- 18 – tampa;
- 19 – sulco longitudinal de material condutor para contato elétrico (pólo positivo);
- 20 20 – sulco longitudinal de material condutor para contato elétrico (pólo negativo);
- 21 - primeiro furo para retirada de ar da parte interna do invólucro e injeção do eletrólito;
- 22 - segundo furo para retirada de ar da parte interna do invólucro e injeção do eletrólito;
- 23 – contato elétrico do contra-eletrodo;
- 24 – contato elétrico do eletrodo de trabalho.

REIVINDICAÇÕES:

- 1) “Célula solar compreendendo uma estrutura em camadas para geração de energia”, contendo um eletrodo de trabalho constituído por uma primeira camada e por uma camada fotoativa depositada sobre a primeira camada; um contra-eletrodo
5 constituído por uma segunda camada e por uma camada catalítica depositada sobre a segunda camada, disposto paralelamente ao eletrodo de trabalho; um espaçador isolante elétrico separando a primeira camada e a segunda camada; um meio de transporte de carga; microcanais e um invólucro externo transparente **CARACTERIZADA** por a dita estrutura em camadas possuir configuração invertida
10 na qual:
- a) O eletrodo de trabalho é constituído por uma primeira camada opaca e por uma camada fotoativa depositada sobre a primeira camada opaca;
 - b) O contra-eletrodo é constituído por uma segunda camada opaca e por uma camada catalítica depositada sobre a segunda camada opaca;
 - 15 c) A camada fotoativa do eletrodo de trabalho e a camada catalítica do contra-eletrodo estão direcionadas para fora do dispositivo, contrapostas em relação ao espaçador isolante elétrico;
 - d) O meio de transporte de carga atravessar o contra-eletrodo, o eletrodo de trabalho e o espaçador por meio de microcanais;
 - 20 e) O invólucro externo contém furos para retirada do ar via pressão reduzida e para injeção do meio de transporte de carga.
- 2) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 1, na qual o contra-eletrodo é constituído por uma segunda camada **CARACTERIZADA** por ser opaca, ser condutora elétrica ou semicondutora elétrica ou isolante elétrica e por possuir
25 microcanais.

- 3) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 1, na qual o eletrodo de trabalho é constituído por uma primeira camada **CARACTERIZADA** por ser opaca, ser condutora elétrica ou semicondutora elétrica ou isolante elétrica e por possuir microcanais.
- 5 4) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 1 e 2, na qual o contra-eletrodo é constituído por uma segunda camada **CARACTERIZADA** por possuir microcanais, ser opaca e ser condutora elétrica, rígida ou flexível, apresentar resistividade menor ou aproximadamente igual a 10 ohm/□ e transmitância aproximadamente menor que 30%, ser feita a partir de uma lâmina de aço inoxidável, alumínio, cobre, zinco, 10 titânio, cobalto, tungstênio, paládio, ouro, platina, ou ligas metálicas envolvendo os mesmos, cuja espessura esteja aproximadamente na faixa entre 50 nm e 200 µm.
- 5) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 1 e 2, na qual o contra-eletrodo é constituído por uma segunda camada **CARACTERIZADA** por possuir microcanais, ser opaca e ser semicondutora elétrica, rígida ou flexível, feita de materiais que 15 incluem fibras naturais, fibras sintéticas ou a combinação dessas fibras.
- 6) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 1 e 2, na qual o contra-eletrodo é constituído por uma segunda camada **CARACTERIZADA** por possuir microcanais, ser opaca e ser isolante elétrica, rígida ou flexível, feita de materiais não restritos que incluem derivados de papel neutro, tais como fenolite, fibras 20 vulcanizadas, papéis isolantes, fitas e cadarços de vidro, resinas, adesivos, fibras naturais ou sintéticas com resinas naturais ou sintéticas, tais como celeron, material cerâmico refratário, fibras de vidro, resinas naturais ou sintéticas, resinas de cura ultravioleta, epóxi, com característica isolante, temperatura de transição vítrea aproximadamente entre 20 °C e 1.000 °C e resistividade aproximadamente entre 25 10⁵ a 10²² ohm metro.

- 7) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 1 e 3, na qual o eletrodo de trabalho é constituído por uma primeira camada **CARACTERIZADA** por possuir microcanais, ser opaca e ser condutora elétrica, rígida ou flexível, apresentar resistividade menor ou
- 5 aproximadamente igual a 10 ohm/□ e transmitância aproximadamente menor que 30%, ser feita a partir de uma lâmina de aço inoxidável, alumínio, cobre, zinco, titânio, cobalto, tungstênio, paládio, ouro, platina, ou ligas metálicas envolvendo os mesmos, cuja espessura esteja aproximadamente na faixa entre 50 nm e 200 µm.
- 10 8) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 1 e 3, na qual o eletrodo de trabalho é constituído por uma primeira camada **CARACTERIZADA** por possuir microcanais, ser opaca e ser semicondutora elétrica, rígida ou flexível, feita de materiais que incluem fibras naturais, fibras sintéticas ou a combinação dessas fibras.
- 15 9) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 1 e 3, na qual o eletrodo de trabalho é constituído por uma primeira camada **CARACTERIZADA** por possuir microcanais, ser rígida ou flexível, ser opaca e ser isolante elétrica, rígida ou flexível, feita de materiais não restritos que incluem derivados de papel neutro, tais como fenolite, fibras vulcanizadas, papéis isolantes, fitas e cadarços de vidro, resinas,
- 20 adesivos, fibras naturais ou sintéticas com resinas naturais ou sintéticas, tais como celeron, material cerâmico refratário, fibras de vidro, resinas naturais ou sintéticas, resinas de cura ultravioleta, epóxi, com característica isolante, temperatura de transição vítrea aproximadamente entre 20 °C e 1.000 °C e resistividade aproximadamente entre 10^5 a 10^{22} ohm metro.

10) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 1, na qual a camada fotoativa é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível, e consistir em um filme poroso semicondutor nanoestruturado sensibilizado por corante e possuir microcanais.

11) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 1, na qual a camada fotoativa é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível e consistir em um filme poroso semicondutor nanoestruturado sensibilizado por corante e permitir que o meio de transporte de carga atravessasse sua estrutura através dos poros de sua estrutura.

12) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 1, na qual a camada catalítica é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível, possuir microcanais e ser feita, preferencialmente de platina (Pt), ouro, ródio, cobre, cromo, tungstênio, negro de fumo, nanotubos de carbono com paredes simples ou múltiplas, polímeros condutores, grafite puros ou em combinação dos mesmos, resinas, não necessariamente condutoras, como resinas de poliamida, poliolefina, policloreto de vinila, epóxi, fenólicas, poliuretano e poliéster, puras ou em combinação das mesmas.

13) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 1, na qual a camada catalítica é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível e ser feita, preferencialmente de platina (Pt), ouro, ródio, cobre, cromo, tungstênio, negro de fumo, nanotubos de carbono com paredes simples ou múltiplas, polímeros condutores, grafite puros ou em combinação dos mesmos, resinas, não necessariamente condutoras, como resinas de poliamida, poliolefina, policloreto de vinila, epóxi, fenólicas, poliuretano e poliéster, puras ou em combinação das mesmas, permitir que o meio de transporte de carga atravessasse sua estrutura através dos poros de sua estrutura.

14) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 1, na qual o espaçador isolante elétrico é **CARACTERIZADO** por ser rígido ou flexível, possuir microcanais e ser

feito de compostos termoplásticos em geral, resinas naturais ou sintéticas, resinas epóxi, resinas de cura ultravioleta, fritas, baseadas em alumino-borossilicatos, contendo ou não chumbo na composição, fluoreto de lítio, composições vítreas contendo borossilicatos, *soda-lime*, fosfatos, materiais cerâmicos tais como alumina, zircônia, mulita, porcelana, nitreto de silício, nitreto de titânio, nitreto de alumínio, carbeto de silício, carbeto de titânio, carbeto de alumínio, titanatos, galatos, aluminatos, diamante, ebonita (borracha), mica, parafina, plásticos, tais como acrílico e poliésteres, celulose, acetato de celulose, resinas epóxi, poliamidas – náilon, poliformaldeído, polipropileno, poliestireno, poliuretanas, policloreto de vinila – PVC, politetrafluoretileno, poliuretanas, silicone ou derivados, polietilenotereftalato, policlorotrifluoretileno, quartz ou preferencialmente derivados de silício, orgânicos ou inorgânicos, tais como silanos, siloxanos, silicatos, silazanos.

15) “**Célula solar**”, de acordo com as reivindicações 1 e 14, na qual o espaçador isolante elétrico é **CARACTERIZADO** por ser rígido ou flexível, possuir microcanais e ter espessura que esteja aproximadamente na faixa entre 10 nm e 200 µm, temperatura de transição vítrea aproximadamente entre 20 °C e 1.000 °C e resistividade aproximadamente entre 10^5 a 10^{22} Ω metro.

16) “**Célula solar**”, de acordo com todas as reivindicações anteriores exceto 11 e 13, na qual os microcanais são **CARACTERIZADOS** por serem compreendidos na faixa de tamanho de 5 nm e 200 µm, nos mais diversos formatos, mas não restritos a, circulares, quadrados, retângulos, trapezoidais, hexagonais e triangulares.

17) “**Célula solar**”, de acordo com todas as reivindicações anteriores exceto 11 e 13, que possui microcanais **CARACTERIZADOS** por os ditos microcanais estarem presentes no eletrodo de trabalho constituído por uma primeira camada e por uma camada fotoativa depositada sobre a primeira camada; no contra-eletrodo

constituído por uma segunda camada e por uma camada catalítica depositada sobre a segunda camada, disposto paralelamente ao eletrodo de trabalho; no espaçador isolante elétrico que separa a primeira camada e a segunda camada dispostas paralelamente.

5 18) “**Célula solar**”, de acordo com todas as reivindicações anteriores exceto 11 e 13, que possui microcanais **CARACTERIZADOS** por os ditos microcanais estarem presentes na primeira camada do eletrodo de trabalho; no contra-eletrodo constituído por uma segunda camada e por uma camada catalítica depositada sobre a segunda camada, disposto paralelamente ao eletrodo de trabalho; no espaçador
10 isolante elétrico que separa a primeira camada e a segunda camada dispostas paralelamente, de forma que o material da camada fotoativa permita que o meio de transporte de carga atravesse sua estrutura através dos poros de sua estrutura.

19) “**Célula solar**”, de acordo com todas as reivindicações anteriores exceto 11 e 13, que possui microcanais **CARACTERIZADOS** por os ditos microcanais estarem
15 presentes na primeira camada do eletrodo de trabalho; na camada fotoativa depositada sobre a primeira camada; na segunda camada do contra-eletrodo; no espaçador isolante elétrico que separa a primeira camada e a segunda camada dispostas paralelamente, de forma que o material da camada catalítica permita que o meio de transporte de carga atravesse sua estrutura através dos poros de sua
20 estrutura.

20) “**Célula solar**”, de acordo com todas as reivindicações anteriores exceto 11 e 13, que possui microcanais **CARACTERIZADOS** POR os ditos microcanais estarem presentes na primeira camada do eletrodo de trabalho; na segunda camada do contra-eletrodo; no espaçador isolante elétrico que separa a primeira camada e a
25 segunda camada dispostas paralelamente, de forma que os materiais da camada

catalítica e da camada fotoativa permitam que o meio de transporte de carga atravesse sua estrutura através dos poros de sua estrutura.

21) “**Célula solar**”, de acordo com a reivindicação 1, na qual o invólucro externo transparente é **CARACTERIZADO** por ser rígido ou flexível, possuir furos para
5 retirada do ar via pressão reduzida e para injeção do meio de transporte de carga, apresentar sulcos condutores para conexão elétrica do arranjo dos materiais opacos e ser composto preferencialmente de vidro ou de polímeros não condutores, derivados do PET, PEN, para células solares flexíveis.

22) “**Célula solar**”, de acordo com a reivindicação 1, na qual o meio de transporte
10 de carga é **CARACTERIZADO** por ser um eletrólito líquido, polimérico, sólido, quase-sólido, gel, líquido iônico.

23) “**Célula solar**”, compreendendo uma estrutura em camadas para geração de energia” contendo uma primeira camada fina, uma primeira camada fina bloqueadora; uma camada fotoativa; um espaçador isolante elétrico; uma
15 segunda camada fina; uma segunda camada fina bloqueadora; uma camada catalítica; um meio de transporte de carga e um invólucro externo transparente **CARACTERIZADOS** por:

a) possuir uma primeira camada fina bloqueadora, condutora ou isolante elétrica, transparente ou opaca, depositada sobre a primeira camada fina opaca,
20 preferencialmente condutora elétrica, e uma camada fotoativa, consistindo de um filme poroso semiconductor nanoestruturado, depositado sobre a primeira camada fina bloqueadora;

b) possuir uma segunda camada fina bloqueadora, condutora ou isolante elétrica, transparente ou opaca, depositada sobre a segunda camada fina opaca,

preferencialmente condutora elétrica e uma camada catalítica depositada sobre a segunda camada bloqueadora;

c) possuir microcanais em todos os seus componentes, exceto o invólucro externo e o meio de transporte de carga.

5 24) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 23, que possui a primeira camada fina e a segunda camada fina **CARACTERIZADAS** por possuírem microcanais, serem opacas e serem condutoras elétricas, rígidas ou flexíveis, apresentarem resistividade menor ou aproximadamente igual a 10 ohm/□ e transmitância aproximadamente menor que 30%, serem feitas a partir de uma
10 lâmina de aço inoxidável, alumínio, cobre, zinco, titânio, cobalto, tungstênio, paládio, ouro, platina, ou ligas metálicas envolvendo os mesmos, cuja espessura esteja aproximadamente na faixa entre 50 nm e 200 µm.

25) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 23, que possui a primeira camada fina bloqueadora e a segunda camada fina bloqueadora
15 **CARACTERIZADAS** por possuírem microcanais, terem características condutoras, quando os materiais para confecção das ditas camadas não são restritos e incluem óxido de titânio, óxido de estanho dopado com flúor, óxido de estanho, puro ou dopado com índio, óxido de zinco, puro ou dopado preferencialmente, com alumínio ou gálio, aluminato de zinco, aluminato de zinco ou qualquer outra fase espinélio
20 adequada para tal fim, carbono, nanotubos de carbono com paredes simples e/ou múltiplas, negro de fumo, grafite, óxido de níquel, óxido de titânio, polímeros condutores - preferencialmente PEDOT:PSS, ou seja, sulfato de poli(3,4-etilenodioxítiofeno)/poli-estirenosulfonato, polianilina, polipirrol, poliacetileno, filmes metálicos de alumínio, cobre, zinco, titânio, paládio, ouro, ródio, platina, ou ligas
25 metálicas derivadas dos mesmos.

- 26) “**Célula solar**”, de acordo com a reivindicação 23, na qual o espaçador isolante elétrico é **CARACTERIZADO** por ser rígido ou flexível, possuir microcanais e ser feito de compostos termoplásticos em geral, resinas naturais ou sintéticas, resinas epóxi, resinas de cura ultravioleta, frita, baseadas em alumino-borossilicatos, contendo ou não chumbo na composição, fluoreto de lítio, composições vítreas contendo borossilicatos, *soda-lime*, fosfatos, materiais cerâmicos tais como alumina, zircônia, mulita, porcelana, nitreto de silício, nitreto de titânio, nitreto de alumínio, carbetos de silício, carbetos de titânio, carbetos de alumínio, titanatos, galatos, aluminatos, diamante, ebonita - borracha, mica, parafina, plásticos, tais como acrílico e poliésteres, celulose, acetato de celulose, resinas epóxi, poliamidas – náilon, poliformaldeído, polipropileno, poliestireno, poliuretanas, policloreto de vinila – PVC, politetrafluoretileno, poliuretanas, silicone ou derivados, polietilenotereftalato, policlorotrifluoretileno, quartz ou preferencialmente derivados de silício, orgânicos ou inorgânicos, tais como silanos, siloxanos, silicatos, silazanos.
- 27) “**Célula solar**”, de acordo com as reivindicações 23 e 26, na qual o espaçador isolante elétrico é **CARACTERIZADO** por ser rígido ou flexível, possuir microcanais e ter espessura que esteja aproximadamente na faixa entre 10 nm e 200 µm, temperatura de transição vítrea aproximadamente entre 20 °C e 1.000 °C e resistividade aproximadamente entre 10^5 a 10^{22} Ω metro.
- 28) “**Célula solar**”, de acordo com as reivindicações 23 a 27, na qual os microcanais são **CARACTERIZADOS** por serem compreendidos na faixa de tamanho de 5 nm e 200 µm, nos mais diversos formatos, mas não restritos a, circulares, quadrados, retangulares, trapezoidais, hexagonais e triangulares.

29) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 23, na qual a camada fotoativa é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível, e consistir em um filme poroso semiconductor nanoestruturado sensibilizado por corante e possuir microcanais.

5 30) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 23 e 29, na qual a camada fotoativa é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível e consistir em um filme poroso semiconductor nanoestruturado sensibilizado por corante e permitir que o meio de transporte de carga atravessasse sua estrutura através dos poros de sua estrutura.

10 31) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 23, na qual a camada catalítica é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível, possuir microcanais e ser feita, preferencialmente de platina (Pt), ouro, ródio, cobre, cromo, tungstênio, negro de fumo, nanotubos de carbono com paredes simples ou múltiplas, polímeros condutores, grafite puros ou em combinação dos mesmos, resinas, não
15 necessariamente condutoras, como resinas de poliamida, poliolefina, policloreto de vinila, epóxi, fenólicas, poliuretano e poliéster, puras ou em combinação das mesmas.

32) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 23 e 31, na qual a camada catalítica é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível e ser feita,
20 preferencialmente de platina (Pt), ouro, ródio, cobre, cromo, tungstênio, negro de fumo, nanotubos de carbono com paredes simples ou múltiplas, polímeros condutores, grafite puros ou em combinação dos mesmos, resinas, não necessariamente condutoras, como resinas de poliamida, poliolefina, policloreto de vinila, epóxi, fenólicas, poliuretano e poliéster, puras ou em combinação das

mesmas, permitir que o meio de transporte de carga atravessasse sua estrutura através dos poros de sua estrutura.

33) “**Célula solar**”, de acordo com a reivindicação 23, na qual o meio e transporte de carga é **CARACTERIZADO** por ser um eletrólito líquido, polimérico, sólido, 5 quase-sólido, gel, líquido iônico.

34) “**Célula solar**”, de acordo com a reivindicação 23, na qual o invólucro externo transparente é **CARACTERIZADO** por ser rígido ou flexível, possuir furos para retirada do ar via pressão reduzida e para injeção do meio de transporte de carga, apresentar sulcos condutores para conexão elétrica do arranjo dos materiais opacos 10 e ser composto preferencialmente de vidro ou de polímeros não condutores, derivados do PET, PEN, para células solares flexíveis.

35) “**Célula solar**”, compreendendo uma estrutura em camadas para geração de energia” contendo uma primeira camada fina; um primeiro filme fino; uma camada fotoativa; um espaçador isolante elétrico; uma segunda camada fina; segundo filme 15 fino; uma camada catalítica; microcanais; um meio de transporte de carga e um invólucro transparente externo **CARACTERIZADOS** por:

a) O primeiro filme fino ser condutor elétrico e estar depositado sobre a primeira camada fina, que é opaca e contém microcanais, isolante elétrica, rígida ou flexível; a camada fotoativa consistindo de um filme poroso semiconductor nanoestruturado 20 depositada sobre o primeiro filme fino condutor elétrico;

b) O segundo filme fino ser condutor elétrico e estar depositado sobre a segunda camada fina, que é opaca e contém microcanais, isolante elétrica, rígida ou flexível; a camada catalítica estar depositada sobre o segundo filme fino condutor elétrico.

36) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 35, que possui a primeira camada fina e a segunda camada fina **CARACTERIZADAS** por possuírem microcanais, serem opacas e serem isolantes elétricas, rígidas ou flexíveis, feitas de materiais não restritos que incluem derivados de papel neutro, tais como fenolite, 5 fibras vulcanizadas, papéis isolantes, fitas e cadarços de vidro, resinas, adesivos, fibras naturais ou sintéticas com resinas naturais ou sintéticas, tais como celeron, material cerâmico refratário, fibras de vidro, resinas naturais ou sintéticas, resinas de cura ultravioleta, epóxi, com característica isolante, temperatura de transição vítrea aproximadamente entre 20 °C e 1.000 °C e resistividade aproximadamente entre 10 10⁵ a 10²² ohm metro.

37) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 35, na qual o primeiro filme fino e o segundo filme fino são **CARACTERIZADOS** por serem condutores elétricos, opacos ou transparentes, com espessura entre 5 e 200 nm.

38) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 35 e 37, na qual o primeiro 15 filme fino e o segundo filme fino são **CARACTERIZADOS** por conterem microcanais, serem feitos por materiais transparentes ou opacos, condutores de eletricidade, tais como óxido de estanho dopado com flúor, óxido de estanho dopado com índio, óxido de zinco, puro ou dopado, preferencialmente com alumínio ou gálio, aluminato de zinco, aluminato de gálio ou qualquer outra fase espinélio adequada para tal fim, 20 carbono, nanotubos de carbono com paredes simples e/ou múltiplas, negro de fumo, grafite, óxido de níquel, óxido de titânio, polímeros condutores, preferencialmente PEDOT:PSS, ou seja, sulfato de poli(3,4-etilenodioxitiofeno)/poli-estirenosulfonato, polianilina, polipirrol, poliacetileno, filmes metálicos de alumínio, cobre, zinco, titânio, paládio, ouro, ródio, platina, ou ligas metálicas derivadas dos mesmos.

39) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 35, na qual o espaçador isolante elétrico é **CARACTERIZADO** por possuir microcanais, ser rígido ou flexível, e ser feito de compostos termoplásticos em geral, resinas naturais ou sintéticas, resinas epóxi, resinas de cura ultravioleta, frita, baseadas em alumino-
5 borossilicatos, contendo ou não chumbo na composição, fluoreto de lítio, composições vítreas contendo borossilicatos, *soda-lime*, fosfatos, materiais cerâmicos tais como alumina, zircônia, mulita, porcelana, nitreto de silício, nitreto de titânio, nitreto de alumínio, carbetos de silício, carbetos de titânio, carbetos de alumínio, titanatos, galatos, aluminatos, diamante, ebonita - borracha, mica, parafina,
10 plásticos, tais como acrílico e poliésteres, celulose, acetato de celulose, resinas epóxi, poliamidas – náilon, poliformaldeído, polipropileno, poliestireno, poliuretanas, policloreto de vinila – PVC, politetrafluoretileno, poliuretanas, silicone ou derivados, polietilenotereftalato, policlorotrifluoretileno, quartz ou preferencialmente derivados de silício, orgânicos ou inorgânicos, tais como silanos, siloxanos,
15 silicatos, silazanos.

40) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 35 e 39, na qual o espaçador isolante elétrico é **CARACTERIZADO** por possuir microcanais, ser rígido ou flexível, e ter espessura que esteja aproximadamente na faixa entre 10 nm e 200 µm, temperatura de transição vítrea aproximadamente entre 20 °C e 1.000 °C e
20 resistividade aproximadamente entre 10^5 a 10^{22} Ω metro.

41) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 35, na qual a camada fotoativa é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível, e consistir em um filme poroso semiconductor nanoestruturado sensibilizado por corante.

- 42) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 35, na qual a camada catalítica é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível e ser feita, preferencialmente de platina (Pt), ouro, ródio, cobre, cromo, tungstênio, negro de fumo, nanotubos de carbono com paredes simples ou múltiplas, polímeros condutores, grafite puros ou em
5 combinação dos mesmos, resinas, não necessariamente condutoras, como resinas de poliamida, poliolefina, policloreto de vinila, epóxi, fenólicas, poliuretano e poliéster, putas ou em combinação das mesmas.
- 43) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 35 e 36, na qual os microcanais são **CARACTERIZADOS** por serem compreendidos na faixa de
10 tamanho de 5 nm e 200 µm, nos mais diversos formatos, mas não restritos a, circulares, quadrados, retangulares, trapezoidais, hexagonais e triangulares.
- 44) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 35, na qual o meio de transporte de carga é **CARACTERIZADO** por ser um eletrólito líquido, polimérico, sólido, quase-sólido, gel, líquido iônico.
- 15 45) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 35, na qual o invólucro externo transparente é **CARACTERIZADO** por ser rígido ou flexível, possuir furos para retirada do ar via pressão reduzida e para injeção do meio de transporte de carga, apresentar sulcos condutores para conexão elétrica do arranjo dos materiais opacos e ser composto preferencialmente de vidro ou de polímeros não condutores,
20 derivados do PET, PEN, para células solares flexíveis.
- 46) “Célula solar”, compreendendo uma estrutura em camadas para geração de energia” que possui um primeiro filme fino; um espaçador isolante elétrico; uma camada fotoativa; um segundo filme fino; uma camada catalítica; microcanais; um meio de transporte de carga e um invólucro externo transparente
25 **CARACTERIZADOS** por:

a) O primeiro filme fino ser condutor elétrico e ser depositado sobre um espaçador isolante elétrico; a camada fotoativa ser depositada sobre o filme fino condutor elétrico;

b) O segundo filme fino ser condutor elétrico e ser depositado sobre um espaçador isolante elétrico; a camada catalítica ser depositada sobre o segundo filme fino condutor;

c) Possuir microcanais em todos os seus componentes, exceto o invólucro externo e o meio de transporte de carga.

47) “**Célula solar**”, de acordo com a reivindicação 46, na qual o primeiro filme fino e o segundo filme fino são **CARACTERIZADOS** por serem condutores elétricos, opacos ou transparentes, com espessura entre 5 e 200 nm.

48) “**Célula solar**”, de acordo com as reivindicações 46 e 47, na qual o primeiro filme fino e o segundo filme fino são **CARACTERIZADOS** por conterem microcanais, serem feitos por materiais transparentes ou opacos, condutores de eletricidade, tais como óxido de estanho dopado com flúor, óxido de estanho dopado com índio, óxido de zinco, puro ou dopado, preferencialmente com alumínio ou gálio, aluminato de zinco, aluminato de gálio ou qualquer outra fase espinélio adequada para tal fim, carbono, nanotubos de carbono com paredes simples e/ou múltiplas, negro de fumo, grafite, óxido de níquel, óxido de titânio, polímeros condutores, preferencialmente PEDOT:PSS, ou seja, sulfato de poli(3,4-etilenodioxitiofeno)/poli-estirenosulfonato, polianilina, polipirrol, poliacetileno, filmes metálicos de alumínio, cobre, zinco, titânio, paládio, ouro, ródio, platina, ou ligas metálicas derivadas dos mesmos.

49) “**Célula solar**”, de acordo com a reivindicação 46, na qual o espaçador isolante elétrico é **CARACTERIZADO** por possuir microcanais, ser rígido ou flexível, ser feito de compostos termoplásticos em geral, resinas naturais ou sintéticas, resinas epóxi,

resinas de cura ultravioleta, frita, baseadas em alumino-borossilicatos, contendo ou não chumbo na composição, fluoreto de lítio, composições vítreas contendo borossilicatos, *soda-lime*, fosfatos, materiais cerâmicos tais como alumina, zircônia, mulita, porcelana, nitreto de silício, nitreto de titânio, nitreto de alumínio, carbetos de silício, carbetos de titânio, carbetos de alumínio, titanatos, galatos, aluminatos, diamante, ebonita - borracha, mica, parafina, plásticos, tais como acrílico e poliésteres, celulose, acetato de celulose, resinas epóxi, poliamidas – náilon, poliformaldeído, polipropileno, poliestireno, poliuretanas, policloreto de vinila – PVC, politetraflúoretileno, poliuretanas, silicone ou derivados, polietilenotereftalato, policlorotrifluoretileno, quartz ou preferencialmente derivados de silício, orgânicos ou inorgânicos, tais como silanos, siloxanos, silicatos, silazanos.

50) “**Célula solar**”, de acordo com as reivindicações 46 e 49, na qual o espaçador isolante elétrico é **CARACTERIZADO** por possuir microcanais, ser rígido ou flexível, ter espessura que esteja aproximadamente na faixa entre 10 nm e 200 µm, temperatura de transição vítrea aproximadamente entre 20 °C e 1.000 °C e resistividade aproximadamente entre 10^5 a 10^{22} Ω metro.

51) “**Célula solar**”, de acordo com a reivindicação 46, na qual a camada fotoativa é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível, e consistir em um filme poroso semicondutor nanoestruturado sensibilizado por corante e possuir microcanais.

52) “**Célula solar**”, de acordo com a reivindicação 46, na qual a camada catalítica é **CARACTERIZADA** por ser rígida ou flexível, possuir microcanais e ser feita, preferencialmente de platina (Pt), ouro, ródio, cobre, cromo, tungstênio, negro de fumo, nanotubos de carbono com paredes simples ou múltiplas, polímeros condutores, grafite puros ou em combinação dos mesmos, resinas, não

necessariamente condutoras, como resinas de poliamida, poliolefina, policloreto de vinila, epóxi, fenólicas, poliuretano e poliéster, puras ou em combinação das mesmas.

53) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 46 a 52, na qual os
5 microcanais são **CARACTERIZADOS** por serem compreendidos na faixa de tamanho de 5 nm e 200 µm, nos mais diversos formatos, mas não restritos a, circulares, quadrados, retangulares, trapezoidais, hexagonais e triangulares.

54) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 46, na qual o meio e transporte de carga é **CARACTERIZADO** por ser um eletrólito líquido, polimérico, sólido,
10 quase-sólido, gel, líquido iônico.

55) “Célula solar”, de acordo com a reivindicação 46, na qual o invólucro externo transparente é **CARACTERIZADO** por ser rígido ou flexível, possuir furos para retirada do ar via pressão reduzida e para injeção do meio de transporte de carga, apresentar sulcos condutores para conexão elétrica do arranjo dos materiais opacos
15 e ser composto preferencialmente de vidro ou de polímeros não condutores, derivados do PET, PEN, para células solares flexíveis.

56) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 1, 23, 35 e 46 e todas as reivindicações dependentes destas, **CARACTERIZADA** por ser interligada em série ou em paralelo, seja compondo um módulo ou painel solar.

20 57) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 1, 23, 35 e 46 e todas as reivindicações dependentes destas **CARACTERIZADA** por ser refrigerada a água.

58) “Célula solar”, de acordo com as reivindicações 1, 23, 35 e 46 e todas as reivindicações dependentes destas **CARACTERIZADA** por apresentar propriedades de baterias recarregáveis, funcionando como um capacitor.

59) **“Célula solar”**, de acordo com as reivindicações 1, 23, 35 e 46 e todas as reivindicações dependentes destas **CARACTERIZADA** por apresentar propriedades de sensores de iluminação de qualquer natureza.

60) **“Célula solar”**, de acordo com as reivindicações 1, 23, 35 e 46 e todas as 5 reivindicações dependentes destas **CARACTERIZADA** por ser flexível e poder assumir conformações não planas, de forma a se adequar à forma e funcionalidade dos dispositivos em que for acoplada.

61) **“Processo para obtenção de Célula solar compreendendo uma estrutura em camadas para geração de energia”**, de acordo com as reivindicações 1, 23, 35 10 e 46 e todas as reivindicações dependentes destas, **CARACTERIZADO** por ser do tipo rolo a rolo.

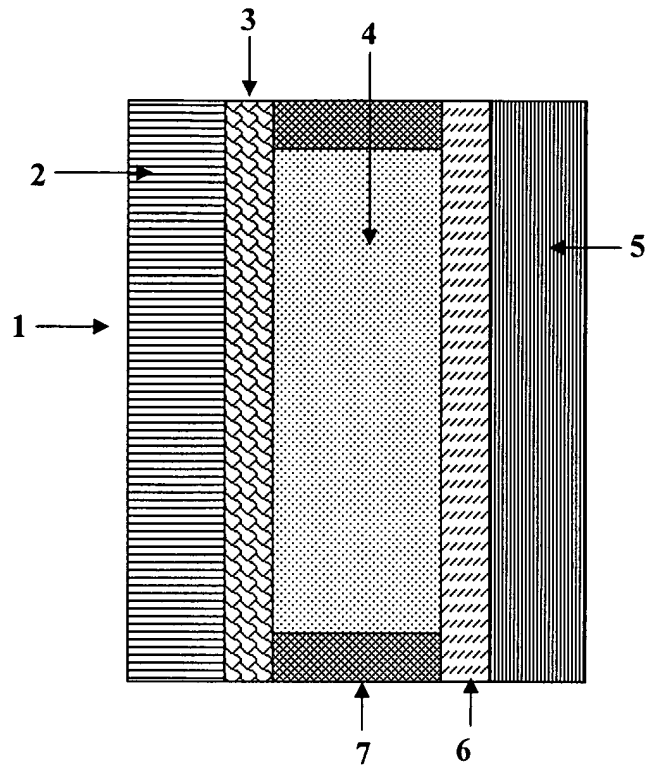


Figura 1

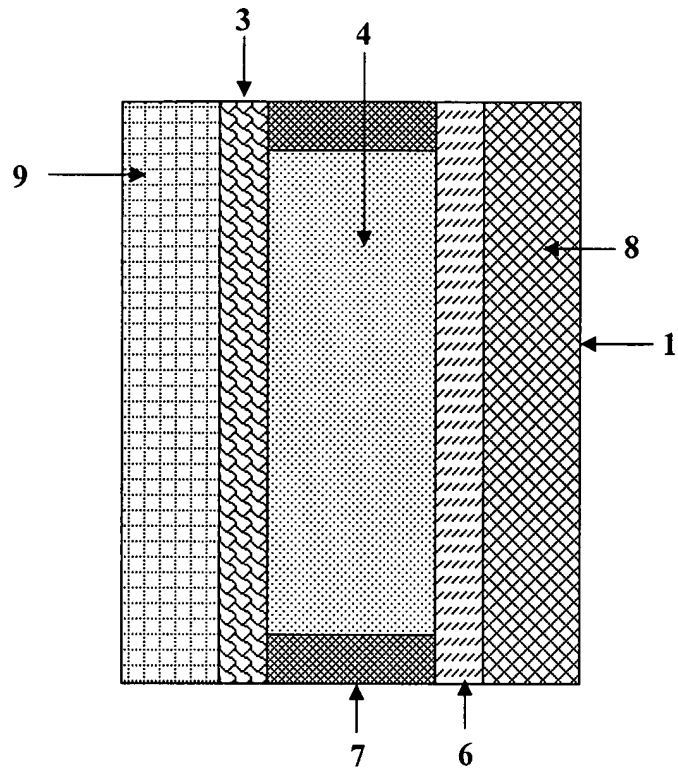


Figura 2

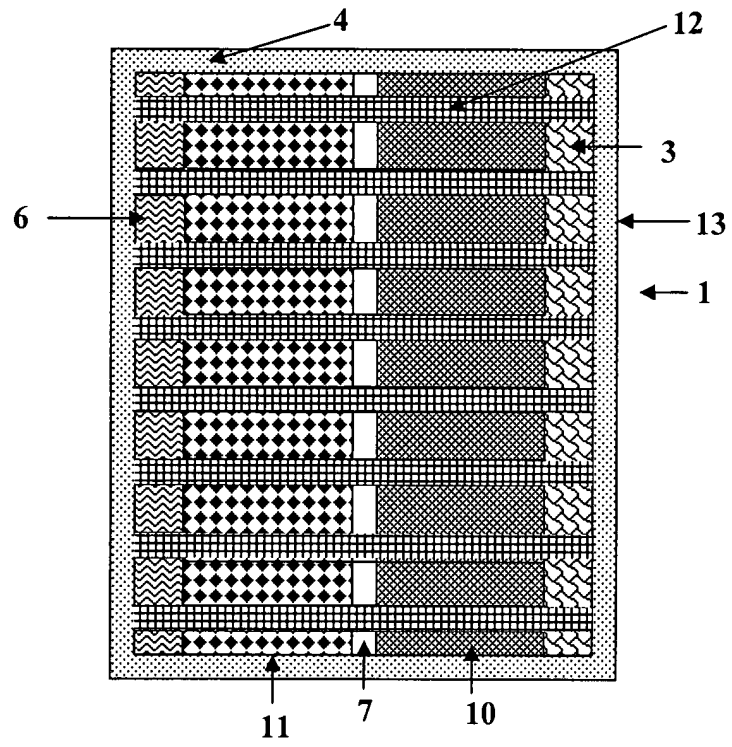


Figura 3

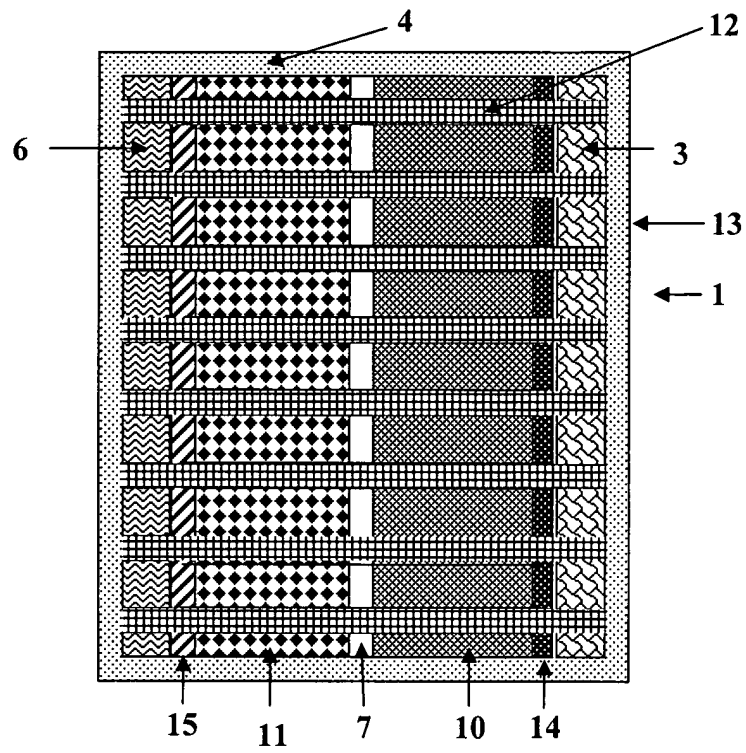


Figura 4

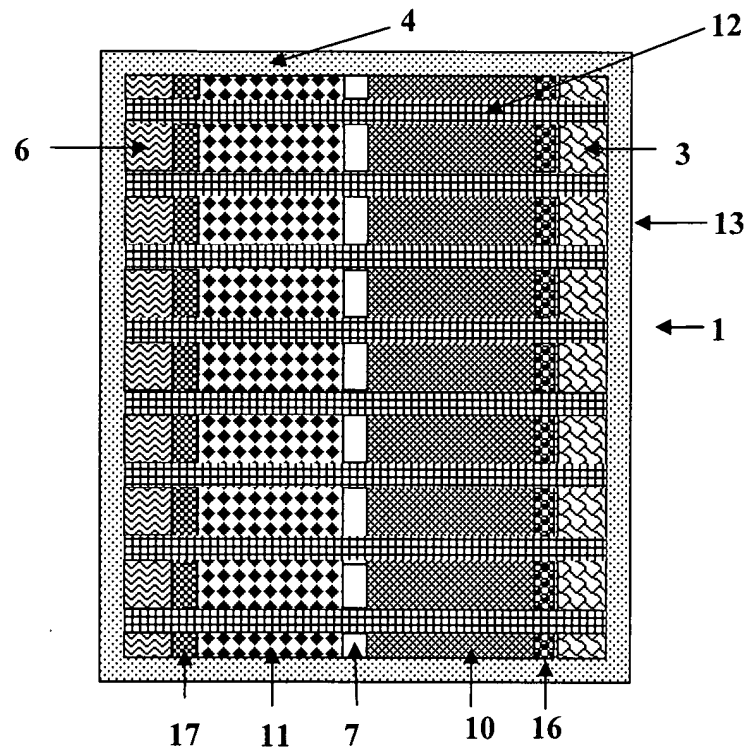


Figura 5

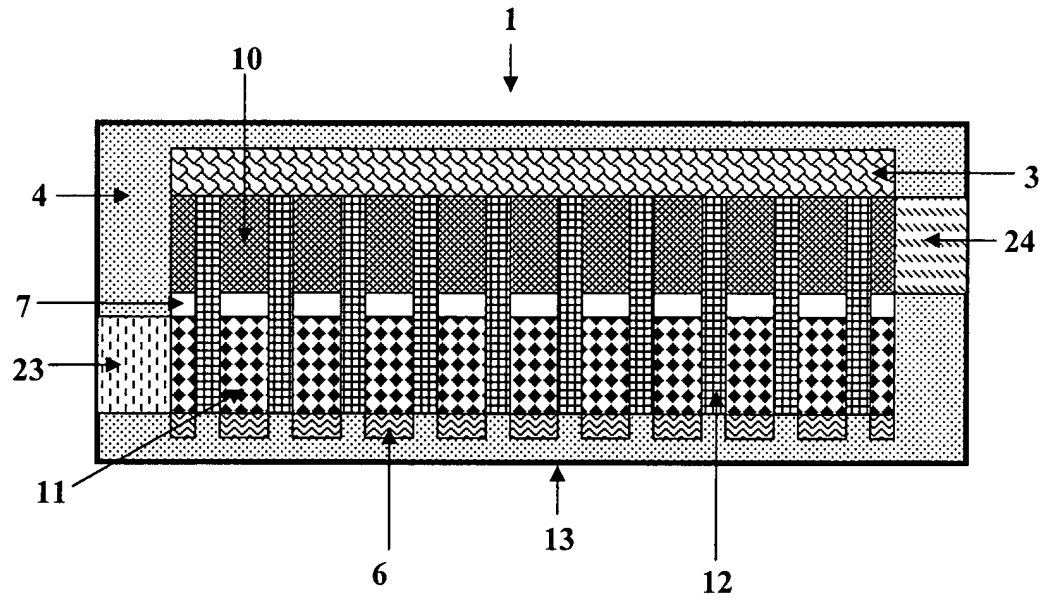


Figura 6

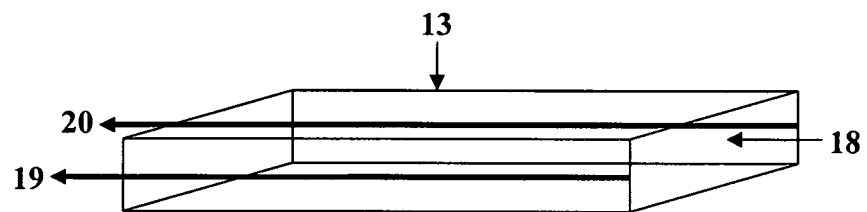


Figura 7

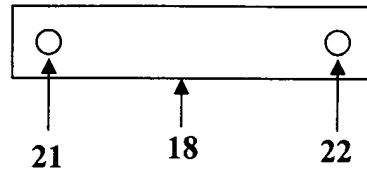


Figura 8

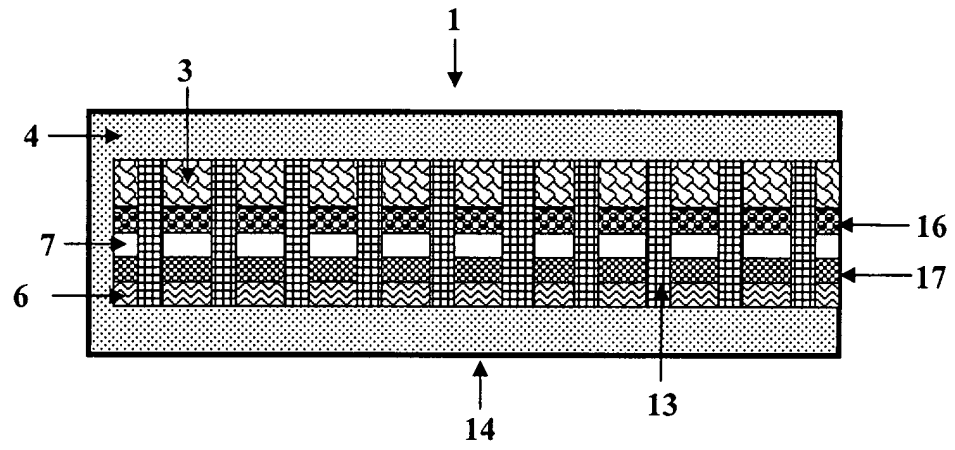


Figura 9

Resumo

“Células solares com estrutura em camadas para geração de energia”, compostas por dois eletrodos formados por camadas opacas, como eletrodo de trabalho e contra-eletrodo. A invenção proporciona meios para montagem de células solares contendo duas camadas opacas dispostas numa configuração do tipo “sanduíche” invertida, na qual a fina camada isolante está disposta entre as mesmas. O sistema como um todo compreende microcanais entre o eletrodo de trabalho e o contra-eletrodo de tal forma que ambas as camadas opacas estejam em contato com o eletrólito. Num primeiro caso, sobre uma primeira camada opaca condutora é depositado um filme poroso semicondutor nanoestruturado, que juntamente com o corante formam o eletrodo de trabalho, e uma camada catalítica é depositada sobre uma segunda camada opaca, atuando como contra-eletrodo. Num segundo caso, a primeira camada opaca contendo a camada fotoativa (sensível à luz) atua como eletrodo de trabalho e a segunda camada opaca funciona como contra-eletrodo, composta preferencialmente de grafite. Uma camada fina e opaca composta preferencialmente de um material isolante, dotado de um padrão de microcanais de acesso ao eletrólito, funciona como espaçador isolante. O invólucro externo, desde que feito em materiais resistentes à corrosão, permite um sistema de refrigeração aos painéis solares, desde que um fluxo de água seja estabelecido na parte inferior dos mesmos (parte traseira não exposta à luz).