



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

(21) PI 0716716-4 A2



(22) Data de Depósito: 09/08/2007
(43) Data da Publicação: 03/09/2013
(RPI 2226)

(51) Int.Cl.:
H01L 31/0216
H01L 31/0224

(54) **Título:** CONTATO FRONTAL COM CAMADA(S) INTERMEDIÁRIA(S) ADJACENTE(S) A ELE PARA USO EM DISPOSITIVO FOTOVOLTAICO E MÉTODO DE FAZER O MESMO

(30) **Prioridade Unionista:** 24/08/2006 US 11/509,094

(73) **Titular(es):** Guardian Industries Corp.

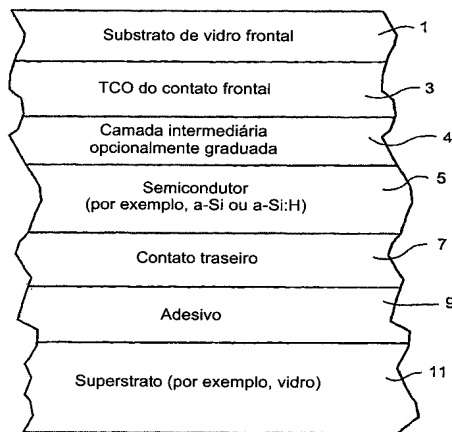
(72) **Inventor(es):** Alexey Krasnov

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2007017666 de 09/08/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/024206 de 28/02/2008

(57) **Resumo:** CONTATO FRONTAL COM CAMADA(S) INTERMEDIÁRIA(S) ADJACENTE(S) A ELE PARA USO EM DISPOSITIVO FOTOVOLTAICO E MÉTODO DE FAZER O MESMO. A presente invenção refere-se a um filme intermediário entre o contato frontal e um filme semicondutor absorvente de um dispositivo fotovoltaico. O filme intermediário pode ser índice refrativo discreto ou graduado em certas modalidades exemplares dessa invenção. O índice refrativo (n) do filme intermediário é sintonizado para satisfazer um ou mais de: (a) reduzir reflexão óptica de radiação solar da interface do TCO/absorvedor, intensificando desse modo a quantidade de radiação que penetra no absorvedor e que pode ser convertida em energia elétrica, (b) aumentar a quantidade de radiação capturada dentro do absorvedor, (c) reduzir a difusão cruzada de elementos entre o TCO do contato frontal e o filme semicondutor absorvente, e/ou (d) formar uma camada amortecedora de alta resistividade (HRBL) entre o TCO do contato frontal e o filme absorvedor.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "CONTATO FRONTAL COM CAMADA(S) INTERMEDIÁRIA(S) ADJACENTE(S) A ELE PARA USO EM DISPOSITIVO FOTOVOLTAICO E MÉTODO DE FAZER O MESMO".

5 A presente invenção refere-se a um dispositivo fotovoltaico incluindo um contato frontal. Em certas modalidades exemplares, o contato frontal do dispositivo fotovoltaico inclui um substrato de vidro que suporta um óxido condutivo transparente (TCO) de um material tal como um óxido de estanho, óxido de zinco, ou o similar. Um filme intermediário é fornecido entre o TCO do contato frontal e um filme semicondutor absorvente do dispositivo fotovoltaico. O filme intermediário é projetado de modo a aperfeiçoar a eficiência de operação do dispositivo fotovoltaico em certos casos exemplares.

Antecedentes e Sumário de Modalidades Exemplares da Invenção

15 Os dispositivos fotovoltaicos são conhecidos na técnica (por exemplo, vide patentes US nºs 6784361, 6288325, 6613603, e 6123824, cujas descrições são aqui incorporadas a título de referência). Os dispositivos fotovoltaicos de silício amorfos, por exemplo, incluem um contato frontal ou eletrodo. Tipicamente, o contato frontal transparente é feito de um óxido condutivo transparente (TCO) tal como óxido de zinco ou óxido de estanho (por exemplo, $\text{SnO}_2\text{:F}$) formado em um substrato tal como um substrato de vidro. Em muitos casos, o óxido condutivo transparente é formado de uma camada única usando-se um método de pirólise química onde os precursores são borrifados sobre o substrato de gelo em aproximadamente 400 a 600

20 25 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

25 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570

técnica por um dispositivo fotovoltaico capaz de operar em uma maneira mais eficiente.

Em certas modalidades exemplares dessa invenção, um filme intermediário incluindo pelo menos uma camada, é fornecido entre o contato frontal e um filme (absorvedor) semicondutor absorvente do dispositivo fotovoltaico. O filme intermediário pode ser de índice refrativo graduado, contínuo ou descontínuo, ou discreto, em certas modalidades exemplares dessa invenção. O índice refrativo (n) do filme intermediário é sintonizado ou projetado de modo a satisfazer um ou mais do que segue: (a) reduzir reflexão óptica de radiação solar da interface do TCO/absorvedor, intensificando desse modo a quantidade de radiação que penetra no absorvedor e que pode ser convertida em energia elétrica de modo a aperfeiçoar a eficiência do dispositivo, (b) aumentar a quantidade de radiação capturada dentro do absorvedor que pode ser convertida para energia elétrica, (c) reduzir a difusão cruzada de elementos entre o TCO do contato frontal e o filme semicondutor absorvente, e/ou (d) formar uma camada amortecedora de alta resistividade (HRBL) entre o TCO do contato frontal e o filme absorvedor.

Em certas modalidades exemplares dessa invenção, o filme intermediário pode ser feito de ou incluir um material semicondutor. Sendo uma parte integrada da pilha de camadas do dispositivo fotovoltaico, o filme intermediário pode ser um filme robusto de anti-reflexão (AR) com adicionais propriedades de barreira possíveis.

Em certas modalidades exemplares dessa invenção, é fornecido um dispositivo fotovoltaico compreendendo: um substrato de vidro frontal; um filme semicondutor incluindo camadas do tipo p, tipo n e tipo i; um filme baseado em óxido condutivo substancialmente transparente (TCO) localizado entre pelo menos o substrato de vidro frontal e o filme semicondutor; e um filme intermediário localizado entre o filme baseado em TCO e o filme semicondutor, em que o filme intermediário tem um índice refrativo (n) que é maior do que o filme baseado em TCO e menor do que o filme semicondutor.

Em outras modalidades exemplares dessa invenção, é fornecido

um dispositivo fotovoltaico compreendendo: um substrato de vidro frontal; um filme absorvedor semiconductor; um filme baseado em óxido condutivo substancialmente transparente (TCO) localizado entre pelo menos o substrato de vidro frontal e o filme absorvedor semiconductor; e um filme intermediário localizado entre o filme baseado em TCO e o filme absorvedor semiconductor, em que o filme intermediário tem um índice refrativo (n) de cerca de 2,0 a 4,0 e que é maior do que o filme baseado em TCO e menor do que o filme absorvedor semiconductor.

Ainda em adicionais modalidades exemplares dessa invenção, é fornecido um método de fazer um dispositivo fotovoltaico, o método compreendendo: fornecer um substrato; depositar um primeiro filme de óxido condutivo substancialmente transparente (TCO) no substrato; formar um filme intermediário no substrato sobre pelo menos o filme de TCO, em que o filme intermediário tem um índice refrativo (n) de cerca de 2,0 a 4,0 e que é maior do que aquele do filme de TCO; e formar o dispositivo fotovoltaico de modo que o filme intermediário seja colocado entre o filme de TCO e um filme semiconductor do dispositivo fotovoltaico.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é uma vista em corte transversal de um dispositivo fotovoltaico exemplar de acordo com uma modalidade exemplar dessa invenção.

As figuras 2(a), 2(b) e 2(c) são diagramas esquemáticos ilustrando resultados ópticos aperfeiçoados associados com o filme intermediário em certas modalidades exemplares dessa invenção.

A figura 3 é um gráfico ilustrando a razão (G) da quantidade de luz capturada dentro do filme semiconductor absorvente em um dispositivo fotovoltaico tendo um filme intermediário de acordo com os exemplos dessa invenção, comparado a um dispositivo sem o filme intermediário.

A figura 4 é um gráfico ilustrando resultados do uso de um filme intermediário de camada dupla de acordo com exemplos dessa invenção.

Descrição Detalhada de Modalidades Exemplares da Invenção

Os dispositivos fotovoltaicos tais como células solares conver-

tem radiação solar e outra luz em energia elétrica útil. A conversão de energia ocorre tipicamente como resultado do efeito fotovoltaico. A radiação solar (por exemplo, luz do sol) impingindo em um dispositivo fotovoltaico e absorvida por uma região ativa de material semicondutor (por exemplo, um filme semicondutor incluindo uma ou mais camadas semicondutoras tais como camadas a-Si) gera pares de elétron-buraco na região ativa. Os elétrons e os buracos podem ser separados por um campo elétrico de uma junção no dispositivo fotovoltaico. A separação dos elétrons e buracos pela junção resulta na geração de uma corrente e voltagem elétrica. Em certas modalidades exemplares, os elétrons fluem em direção à região do material semicondutor tendo condutividade do tipo n, e os buracos fluem em direção da região do semicondutor tendo condutividade do tipo p. A corrente pode fluir através de um circuito externo conectando a região do tipo n para a região do tipo p já que a luz continua a gerar pares de elétrons e buracos no dispositivo fotovoltaico.

Em certas modalidades exemplares, os dispositivos fotovoltaicos de silício amorfo (a-Si) de junção única incluem pelo menos três camadas semicondutoras constituindo um filme semicondutor absorvente. Em particular, uma camada a, uma camada n e uma camada i que são intrínsecas podem constituir o filme semicondutor absorvente em certos casos exemplares. O filme de silício amorfo (que pode incluir uma ou mais camadas tais como camadas do tipo p, n e i) pode ser um silício amorfo hidrogenado em certos casos, mas pode também ser de ou incluir carbeto de silício amorfo hidrogenado ou silício-gerânio amorfo hidrogenado, ou o similar em certas modalidades exemplares dessa invenção. Para exemplo e sem limitação, quando um fóton de luz é absorvido na camada i ele dá origem a uma unidade de corrente elétrica (um par de elétron-buraco). As camadas p e n, que contêm íons dopantes carregados, ajustam um campo elétrico através da camada i que puxa a carga elétrica fora da camada i e a envia para um circuito externo opcional onde ela pode fornecer energia para componentes elétricos. É percebido que embora certas modalidades dessa invenção sejam direcionadas para silício amorfo com base em dispositivos fotovoltaicos, essa inven-

ção não é tão limitada e pode ser usada em conjunção com outros tipos de dispositivos fotovoltaicos em certos casos incluindo, mas não limitado a, dispositivos incluindo outros tipos de material semicondutor, células solares de filme delgado em série, células solares com base de CdS/CdTe, ou o similar.

5 A figura 1 é uma vista em seção transversal de um dispositivo fotovoltaico de acordo com uma modalidade exemplar dessa invenção. O dispositivo fotovoltaico inclui um substrato de vidro frontal 1, eletrodo ou contato frontal 3 que é de ou inclui uma camada de óxido condutivo transparente (TCO) 3 tal como óxido de estanho, óxido de estanho dopado com flúor, óxi-
10 do de zinco, óxido de zinco dopado com alumínio, óxido de estanho e índio, óxido de zinco e índio, ou o similar, filme intermediário 4, filme semicondutor absorvente 5 de uma ou mais camadas semicondutoras (por exemplo, incluindo pelo menos três camadas dos tipos p, i, e n), eletrodo traseiro ou contato 7 que pode ser de um TCO ou um metal, um encapsulante opcional 9 ou
15 adesivo de um material tal como etileno vinil acetato (EVA) ou o similar, e um superstrato 11 de um material tal como vidro. É claro, outra(s) camada(s) que não são mostradas também podem ser providas no dispositivo. O substrato de vidro frontal 1 e ou superstrato (substrato) 11 podem ser feitos de vidro com base em soda-cal-silício em certas modalidades exemplares dessa invenção. Embora os substratos 1, 11 possam ser feitos de vidro em cer-
20 tas modalidades exemplares dessa invenção, outros materiais tais como quartzo ou o similar podem ser usados em vez disso. Além do mais, o superstrato 11 é opcional em certos casos. O vidro 1 e/ou 11 pode ou não pode ser termicamente temperado e/ou padronizado em certas modalidades exemplares dessa invenção. Adicionalmente, será apreciado que a palavra "sobre" como usada aqui cobre tanto uma camada/filme estando diretamente sobre quanto indiretamente sobre alguma coisa, com outras camadas possi-
25 velmente estando localizadas entre elas.

Em certas modalidades exemplares dessa invenção, o dispositivo
30 vo fotovoltaico pode ser feito fornecendo-se substrato de vidro 1, e então depositando-se (por exemplo, via pulverização catódica ou qualquer outra técnica adequada) o TCO 3 no substrato 1. Então, a camada intermediária 4

é depositada no substrato 1 por sobre e contatando o TCO 3. Depois disso, a estrutura incluindo o substrato 1, o contato frontal 3, e a camada intermediária 4, pode ser acoplada com o resto do dispositivo de modo a formar o dispositivo fotovoltaico mostrado na figura 1. Por exemplo, a camada semicondutora 5 pode então ser formada por sobre a estrutura do contato frontal no substrato 1, ou alternativamente pode ser formada no outro substrato com a estrutura do contato frontal daí em diante sendo acoplada ao mesmo. A camada do contato frontal 3 e o filme intermediário 4 são tipicamente continuamente, ou substancialmente continuamente, fornecidos substancialmente por sobre toda a superfície do filme semicondutor 5 em certas modalidades exemplares dessa invenção. Em certas modalidades exemplares dessa invenção, o contato frontal 3 pode ter uma resistência de lâmina (R_s) de cerca de 7-50 ohms/quadrado, mais preferivelmente de cerca de 10-25 ohms/quadrado, e mais preferivelmente de cerca de 10-15 ohms/quadrado usando um exemplo de referência de espessura total não limitante de cerca de 1.000 a 2.000 angstroms.

A região ou filme de semicondutor absorvente ou ativo 5 pode incluir uma ou mais camadas, e pode ser de qualquer material adequado. Por exemplo, o filme semicondutor absorvente 5 de um tipo de dispositivo fotovoltaico de silício amorfo (a-Si) de junção única inclui três camadas semicondutoras, isto é, uma camada p, uma camada n e uma camada i. A camada (a-Si) do tipo p do filme semicondutor 5 pode ser a porção mais superior do filme semicondutor 5 em certas modalidades exemplares dessa invenção; e a camada i é tipicamente colocada entre as camadas do tipo p e n. Essas camadas com base em silício amorfo do filme 5 podem ser de um silício amorfo hidrogenado em certos casos, mas podem também ser de ou incluir carbeto de silício amorfo hidrogenado ou silício-gerânio amorfo hidrogenado, ou outro(s) material(s) adequado(s) em certas modalidades exemplares dessa invenção. É possível para a região semicondutora 5 ser de um tipo de junção dupla em modalidades alternativas dessa invenção.

O eletrodo traseiro ou contato 7 pode ser de qualquer material eletricamente condutivo adequado. Por exemplo e sem limitação, o eletrodo

traseiro ou contato 7 pode ser de um TCO e/ou um metal em certos casos. Os materiais exemplares de TCO para uso como eletrodo traseiro ou contato 7 incluem óxido de zinco e índio, óxido de estanho e índio (ITO), óxido de estanho, e/ou óxido de zinco que podem ser dopados com alumínio (que
5 podem ou não podem ser dopados com prata). O TCO do contato traseiro 7 pode ser do tipo de camada única ou um tipo de múltiplas camadas em diferentes casos. Além disso, o contato traseiro 7 pode incluir tanto uma porção de TCO quanto uma porção de metal em certos casos. Por exemplo, em uma modalidade exemplar de múltiplas camadas, a porção de TCO do con-
10 tato traseiro 7 pode incluir uma camada de um material tal como óxido de zinco e índio (que pode ou não pode ser dopado com prata), óxido de estanho e índio (ITO), óxido de estanho, e/ou óxido de zinco o mais perto da região ativa 5, e o contato traseiro pode incluir uma outra camada condutiva e possivelmente refletiva de um material tal como prata, molibdênio, platina,
15 aço, ferro, nióbio, titânio, cromo, bismuto, antimônio, ou alumínio adicional da região ativa 5 e mais perto do superstrato 11. A porção de metal pode estar mais perto do superstrato 11 comparado à porção de TCO do contato traseiro 7.

O módulo fotovoltaico pode ser encapsulado ou parcialmente
20 coberto com um material de encapsulação tal como um encapsulante 9 em certas modalidades exemplares. Um exemplo de encapsulante ou adesivo para a camada 9 é EVA. No entanto, outros materiais tais como plástico do tipo Tedlar, plástico do tipo Nuvasil, plástico do tipo Tefzel ou o similar podem, em vez disso, ser usados para a camada 9 em diferentes casos.

25 Um filme intermediário 4, incluindo pelo menos uma camada, é fornecido entre o contato frontal 3 e o filme (absorvedor) semiconductor absorvente 5 do dispositivo fotovoltaico. O filme intermediário 4 pode ser de índice refrativo graduado, contínuo ou descontínuo, ou discreto, em certas modalidades exemplares dessa invenção. O índice refrativo (n) do filme in-
30 termediário 4 é sintonizado ou projetado de modo a satisfazer um ou mais do que segue: (a) reduzir reflexão óptica de radiação solar devido à interface do TCO/absorvedor (i.e., interface entre os filmes 4 e 5) intensificando, desse

modo, a quantidade de radiação que penetra no absorvedor e que pode ser convertida em energia elétrica de modo a aperfeiçoar a eficiência do dispositivo, (b) aumentar a quantidade de radiação capturada dentro do absorvedor 5 que pode ser convertida para energia elétrica, (c) reduzir a difusão cruzada de elementos entre o TCO 3 do contato frontal e o filme semicondutor absorvente 5 (por exemplo, para reduzir a difusão transversal de oxigênio e hidrogênio entre os filmes 3 e 5 no caso exemplar onde o óxido de zinco é usado como o TCO 3 e o a-Si:H é usado no filme absorvedor 5), e/ou (d) formar uma camada amortecedora de alta resistividade (HRBL) em certos casos (por exemplo, em células solares com base de CdS/CdTe) entre o TCO 3 do contato frontal e o filme absorvedor 5 de modo a aperfeiçoar a performance do dispositivo.

Em certas modalidades exemplares dessa invenção, o filme intermediário 4 pode ser feito de ou incluir um material semicondutor, incluindo, mas não limitado a, um ou mais de TiO_x bióxido de titânio dopado com Nb, TiO_x ou o similar. Em certas modalidades exemplares dessa invenção, o filme intermediário é projetado de modo que todo ou uma porção dele tenha um índice (n) refrativo de cerca de 2,0 a 4,0, mais preferivelmente de cerca de 2,1 a 3,2, e mais preferivelmente de cerca de 2,15 a 2,75 (por exemplo, o TiO_x bióxido de titânio dopado com Nb pode ser formado de modo a ter um índice refrativo n de cerca de 2,4). O filme intermediário 4 pode ou não pode ser graduado no índice (n) em certas modalidades exemplares dessa invenção. Por exemplo, quando não graduada toda a espessura do filme 4 tem um índice refrativo (n) aproximadamente constante e uma composição química aproximadamente constante por intermédio da sua espessura. No entanto, quando graduado, o filme 4 pode ser graduado de um modo que seu índice refrativo (n) e/ou o material composto muda contínua ou descontinuamente por toda a espessura do filme. Por exemplo, em certas modalidades exemplares o filme 4 pode compreender TiO_x bióxido de titânio dopado com Nb, onde o filme 4 é dopado com Nb em uma área no filme 4 adjacente ao TCO 3, mas é não dopado ou ligeiramente dopado em uma área no filme 4 adjacente ao absorvedor semicondutor 5, e o índice refrativo (n) e/ou o con-

teúdo de Nb pode variar contínua ou descontinuamente por intermédio da espessura do filme ou uma porção dele. Como um outro exemplo, o filme intermediário 4 pode ser graduado por índice fazendo com que ele tenha um conteúdo de oxigênio maior (e, por conseguinte, um índice refrativo menor) em uma porção nesse lugar mais perto do TCO 3, e um conteúdo de oxigênio menor (e, por conseguinte, um índice refrativo maior) em uma porção dele mais longe do TCO 3 e mais perto do absorvedor 5; outra vez, essa graduação de oxidação pode ser tanto contínua quanto descontínua em diferentes exemplos dessa invenção. Sendo uma parte integrada da pilha de camadas do dispositivo fotovoltaico, o filme intermediário pode ser um filme robusto de anti-reflexão (AR) com adicionais propriedades de barreira possíveis, como por exemplo, a redução em difusão e o similar. Em certas modalidades exemplares dessa invenção, o TiO_x dopado com Nb pode incluir de cerca de 0,1 a 25% de Nb, mais preferivelmente de cerca de 0,5 a 15% de Nb, e mais preferivelmente de cerca de 1-10% de Nb.

Como mencionado acima, o índice refrativo (n) do filme intermediário 4 pode ser sintonizado ou projetado de modo a reduzir a reflexão óptica de radiação solar devido à interface do TCO/absorvedor (i.e., interface entre os filmes 4 e 5) intensificando, desse modo, a quantidade de radiação que penetra no absorvedor e que pode ser convertida em energia elétrica de modo a aperfeiçoar a eficiência do dispositivo. Desconsiderando o filme 4, pode existir uma incompatibilidade do alto índice refrativo (n) entre o TCO 3 e o absorvedor 5; isso resulta em uma alta quantidade de reflexão de radiação solar dinterface do TCO/absorvedor que por sua vez causa redução na eficiência do dispositivo. A introdução de um filme intermediário 4 discreto (não graduado) ou graduado com um índice refrativo sintonizado (n) que é maior do que aquele do TCO 3 e menor do que aquele do absorvedor semicondutor 5 reduz a quantidade de radiação (por exemplo, luz) que é refletida e, por conseguinte, atua como um filtro interno anti-refletivo (AR). Para propósitos de exemplo e entendimento, os índices refrativos de ZnAlO_x (um exemplo de TCO 3) e $\alpha\text{-Si:H}$ (um exemplo de absorvedor semicondutor 5) para comprimentos de ondas solares são cerca de 1,9 (n_1) e 4,0 (n_2), res-

pectivamente. Com referência à figura 2(a), sem filme intermediário 4, isso dá a quantidade de luz transmitida alcançando o absorvedor 5 do TCO como na equação (1) abaixo (perceba que E_0 é a amplitude de luz impingindo na interface do TCO/absorvedor do lado 1 do vidro):

$$I_{12} = (E_0 t_{12})^2 = [E_0 (4n_1 n_2 / (n_1 + n_2)^2)]^2 = [E_0 (4 \times 1,9 \times 4,0 / (1,9 + 4,0)^2)]^2 = 0,7627 E_0^2 \quad (1)$$

5 No entanto, a incorporação de filme intermediário discreto 4 com um índice refrativo (n) exemplar de 2,4 resulta na seguinte quantidade aumentada de luz alcançando o absorvedor 5 como mostrado abaixo na equação (2), com referência à figura 2(b):

$$I_{12} = (E_0 t_{13} t_{23})^2 = [E_0 (4n_1 n_3 / (n_1 + n_3)^2) (4n_2 n_3 / (n_2 + n_3)^2)]^2 = [E_0 (4 \times 1,9 \times 2,4 / (1,9 + 2,4)^2) (4 \times 4,0 \times 2,4 / (4,0 + 2,4)^2)]^2 = 0,8553 E_0^2 \quad (2)$$

10 Será apreciado que a quantidade aumentada de luz alcançando o absorvedor 5 (i.e., $0,8553 E_0^2$) quando o filme intermediário 4 é usado (comparado somente a $0,7627 E_0^2$ quando o filme 4 não está presente) evidências em torno de um aumento de 12% na eficiência e, por conseguinte, um dispositivo fotovoltaico significativamente mais eficiente. Com referência à figura 2(c), quando o filme intermediário 4 inclui duas camadas 4a e 4b, a
15 eficiência pode também ser aumentada.

Como uma segunda vantagem possível associada com certas modalidades exemplares dessa invenção, o índice refrativo (n) do filme intermediário 4 pode ser sintonizado ou projetado de modo a aumentar a quantidade de radiação capturada dentro do absorvedor semicondutor 5 que
20 pode ser convertida em energia elétrica, aperfeiçoando desse modo a eficiência do dispositivo fotovoltaico. Em certas modalidades exemplares, a provisão de filme intermediário 4 resulta em uma redistribuição da intensidade de radiação solar (por exemplo, luz) refletida da interface do TCO/absorvedor em direção à frente do dispositivo fotovoltaico e a intensi-
25 dade de radiação (por exemplo, luz) capturada dentro do filme absorvedor

semicondutor 5. O anterior pode desempenhar um papel em determinar a quantidade de radiação que está alcançando o absorvedor, enquanto o último pode desempenhar um papel em determinar a quantidade de radiação que está participando em múltiplas reflexões dentro do absorvedor 5 e, por conseguinte, ditar a eficiência do dispositivo. Essa porção de radiação também tem uma probabilidade de gerar condutores de carga. Geralmente falando, a amplitude de luz solar que penetra do TCO 3 no absorvedor 5 pode ser dita ser:

$$E_{in} = t_{12} E_0 \quad (3)$$

Levando em conta a primeira e a segunda reflexões de ordem do eletrodo traseiro 7 e a interface de TCO/absorvedor 5 (vide figura 2a), a amplitude de luz dentro do absorvedor pode ser dita ser:

$$E_{in} = t_{12} E_0 (1 + R + r_{12}R + r_{12}R^2) = t_{12} E_0 (1 + R)(1 + r_{12}R) \quad (4)$$

que dá a intensidade da luz

$$I_{in} = t_{12}^2 E_0^2 (1+R)^2 (1+ r_{12}R)^2 \quad (5)$$

Quando o filme intermediário 4 é incorporado como mostrado na figura 2(b), a intensidade da luz dentro do absorvedor se torna:

$$I_{in} = t_{12}^2 t_{23}^2 E_0^2 (1+R)^2 (1+ r_{23}R)^2 \quad (6)$$

Os dispositivos voltaicos de filme delgado tais como células solares, tipicamente exibem de preferência baixa eficiência de conversão devido a um coeficiente pequeno de absorção do absorvedor 5; por isso, muitas vezes um contato traseiro 7 de metal refletivo tem que ser usado. A maioria dos metais usados para refletores traseiros (por exemplo, Cr e Mo) refletem não mais do que cerca de 25% de luz em comprimentos de onda solar de 600-700 nm. Um contato traseiro A1 em células solares a-Si:H podem refletir

em torno de 75%, mas podem levar à degradação do dispositivo.

A figura 3 demonstra a razão (G) da quantidade de luz capturada dentro do absorvedor 5 no dispositivo com o filme intermediário 4, comparado ao dispositivo sem o filme intermediário 4. É digno de nota que G aumenta quando um refletor traseiro menos eficiente é usado. Em torno de 10% de intensidade de luz pode ser alcançada. Ao mesmo tempo, o máximo de deslocamentos G em direção a valores maiores de índice refrativo (n) do filme intermediário 4. Conforme o índice (n) do filme intermediário 4 alcança cerca de 2,0 e acima, pode ser visto que a razão G vantajosamente aumenta ilustrando desse modo um aumento na quantidade de radiação capturada dentro do absorvedor semiconductor 5 que pode ser convertida para energia elétrica, aperfeiçoando dessa maneira a eficiência do dispositivo fotovoltaico. Além do mais, porque G aumenta quando refletores traseiros são menos eficientes (por exemplo, vide 0,2 e 0,4 na figura 3), é possível realizar um dispositivo fotovoltaico eficiente embora ou não usando um refletor traseiro ou embora usando um menos eficiente, mas possivelmente um refletor traseiro mais desejável de um material tal como Cr e/ou Mo.

A figura 4 é uma simulação exemplar dos resultados de otimização de um filme intermediário 4 de duas camadas na interface de TCO/a-Si:H. Foi verificado que a combinação ótima do filme intermediário 4 de duas camadas, por um exemplo a interface do TCO/a-Si:H, é para uma primeira camada 4b que tem um índice refrativo (n) de cerca de 2,25 a 2,6, mais preferivelmente de cerca de 2,3 a 2,55, com um exemplo sendo de cerca de 2,4, e a segunda camada 4a tendo um índice refrativo menor de cerca de 2,0 a 2,25, mais preferivelmente de cerca de 2,0 a 2,2, com um exemplo sendo de cerca de 2,2. Perceba que a segunda camada 4a com o índice refrativo menor é adjacente ao TCO, e a camada 4b com o índice refrativo maior é adjacente e contata o absorvedor 5. Adicionalmente, a graduação do índice do filme 4 do material de índice menor (vide TCO 3) para o material de índice maior (vide absorvedor 5) pode adicionalmente aumentar a quantidade de luz capturada no absorvedor 5, o que é vantajoso.

O filme intermediário 4 pode também ser vantajosamente usado

para reduzir a difusão transversal de elementos entre o TCO 3 do contato frontal e o filme absorvedor semiconductor 5 (por exemplo, para reduzir a difusão transversal de oxigênio e hidrogênio entre os filmes 3 e 5 no caso exemplar onde o óxido de zinco é usado como o TCO 3 e a-Si:H é usado no filme absorvedor 5). Certos tipos de células solares (por exemplo, células solares a-Si:H) usam a-Si:F como um eletrodo transparente frontal ou TCO 3. O uso de óxido de estanho pode levar ao seu escurecimento devido à redução em hidrogênio na atmosfera durante a deposição do absorvedor. O ZnO depositado no vácuo, dopado com os elementos do Grupo III, é considerado como um bom candidato para a-Si:H e TCO 3 por causa da sua resistência à redução de plasma no hidrogênio. Existem outras razões, no entanto, para evitar a exposição de ZnO ao hidrogênio durante a deposição de a-Si:H, bem como para impedir a difusão transversal de hidrogênio e oxigênio entre as camadas de TCO e a-Si:H. O nível de difusão transversal é determinado pela diferença em potenciais químicos entre as duas camadas, ou em outras palavras, pela quantidade a energia do sistema poderia mudar quando uma partícula adicional fosse introduzida na entropia fixada e volume. O hidrogênio causa grande relaxação na malha quando introduzido em ZnO, que é parcialmente responsável por sua rápida penetração nesse material. Ao mesmo tempo, o hidrogênio é conhecido ter energia de ativação muito baixa de 0,17 eV em ZnO, que o torna difusível em ZnO. O hidrogênio forma complexos de O-H instáveis similares a doador em ZnO, que eventualmente formam moléculas de H₂, especulativamente responsáveis por um impulso nas características do dispositivo sobre o tempo. Por outro lado, o hidrogênio facilita a difusão do oxigênio na camada de a-Si:H. Isso ocorre de acordo com um mecanismo de duas etapas; na primeira etapa o hidrogênio revela uma ligação Si-Si para o átomo de oxigênio, e na segunda etapa ele satura uma ligação quebrada de Si diminuindo, por conseguinte, a energia de ativação de difusão de oxigênio. A difusão transversal de hidrogênio e oxigênio causa flexão da banda na interface de TCO/a-Si:H e, como resultado, a formação de uma adicional barreira potencial, que por sua vez reduz a eficiência do dispositivo. A incorporação do filme intermediário 4 reduz a di-

fusão transversal de átomos e íons entre o TCO 3 e o absorvedor 5. Além disso, o uso de filme intermediário 4 também permite que o óxido de zinco e/ou óxido de estanho sejam usados como o TCO 3 sem significativamente sofrer dos problemas discutidos acima.

5 Para propósitos de exemplo, em certas modalidades exemplares dessa invenção, o filme intermediário 4 pode ser produzido pela incorporação de um filme transparente condutor TiNbO_x discreto entre um ZnO TCO 3 e um absorvedor 5 a-Si:H. Uma vantagem exemplar de TiNbO_x para o filme 4 é sua alta entalpia de formação de cerca de 940 kJ/mol, que o torna está-
10 vel no sentido de liberação de oxigênio comparado a ZnO (350 kJ/mol) ou Sn (581 kJ/mol), permitindo desse modo reduzir a difusão como discutido acima. Também, TiNbO_x pode ter um índice refrativo desejável de cerca de 2,1 a 3,2, mais preferivelmente de cerca de 2,15 a 2,75, com um exemplo de índice (n) sendo de cerca de 2,4.

15 Em certas modalidades dessa invenção, o filme intermediário 4 pode ser projetado de modo a formar uma camada amortecedora de alta resistividade (HRBL) (por exemplo, em uma célula solar com base de CdS/CdTe) entre o TCO 3 do contato frontal e o filme absorvedor 5 de modo a aperfeiçoar a performance do dispositivo. Em certas situações exemplares,
20 a presença de uma HRBL entre o TCO 3 e o absorvedor 5 (por exemplo, absorvedor de CdS/CdTe) pode ser desejável a fim de intensificar a performance do dispositivo e fornecer pelo menos alguma proteção de vazamento se tivesse que ter orifícios finos na camada de CdS, por exemplo. Em tais casos, o filme intermediário 4, por exemplo e sem limitação, pode ser feito
25 de ou incluir TiNbO_x onde o dopante Nb é, ou reduzido ou eliminado, do filme 4 em ou perto da interface com o absorvedor. Outras combinações de filmes intermediários transparentes condutivos 4 podem também ser usadas em diferentes modalidades exemplares dessa invenção.

 Embora TiNbO_x seja mencionado acima como um possível ma-
30 terial para o filme intermediário 4, essa invenção não é assim limitada. Outros materiais podem, em vez disso, ser usados para o filme 4, uma vez que uma, duas, três ou quatro característica(s) citada(s) acima de (a) até (d) po-

dem ser satisfeitas. Em particular, qualquer material adequado de um índice ou índices refrativo(s) apropriados(s) pode(m) ser usados para formar o filme 4, uma vez que seja capaz de resultar em um ou mais do seguinte: (a) reduzir a reflexão óptica de radiação solar devido à interface do TCO/absorvedor (i.e., interface entre os filmes 4 e 5) intensificando, desse modo, a quantidade de radiação que penetra o absorvedor e que pode ser convertida para energia elétrica de modo a aperfeiçoar a eficiência do dispositivo, (b) aumentar a quantidade de radiação capturada dentro do absorvedor 5 que pode ser convertida para energia elétrica, (c) reduzir a difusão transversal de elementos entre o TCO 3 do contato frontal e o filme semicondutor absorvente 5, e/ou (d) formar uma camada amortecedora de alta resistividade (HRBL) em certos casos entre o TCO 3 do contato frontal e o filme absorvedor 5 de modo a aperfeiçoar a performance do dispositivo.

Embora a invenção tenha sido descrita em conexão com o que é presentemente considerado ser a modalidade mais prática e preferida, é para ser entendido que a invenção não é para ser limitada à modalidade descrita, mas ao contrário, é pretendida cobrir várias modificações e arranjos equivalentes incluídos dentro do espírito e escopo das reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo fotovoltaico compreendendo:
um substrato de vidro frontal;
um filme semicondutor incluindo camadas do tipo p, do tipo n e
5 do tipo i;
um filme baseado em óxido substancialmente transparente condutivo (TCO) localizado entre pelo menos o substrato de vidro frontal e o filme semicondutor; e
um filme intermediário localizado entre o filme baseado em TCO
10 e no filme semicondutor, em que o filme intermediário tem um índice refrativo (n) que é maior do que aquele do filme baseado em TCO e menor do que aquele do filme semicondutor.
2. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o filme intermediário contata diretamente cada do filme baseado em
15 TCO e o filme semicondutor.
3. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o índice refrativo (n) do filme intermediário é de cerca de 2,0 a 4,0.
4. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o índice refrativo (n) do filme intermediário é de cerca de 2,1 a 3,2.
- 20 5. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o índice refrativo (n) do filme intermediário é de cerca de 2,15 a 2,75.
6. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o filme intermediário é um filme semicondutor.
7. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em
25 que o filme intermediário compreende TiNbO_x .
8. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o filme intermediário compreende um óxido de titânio.
9. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o filme semicondutor compreende silício amorfo.
- 30 10. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, compreendendo adicionalmente um eletrodo traseiro condutivo, em que o filme semicondutor é fornecido entre pelo menos o filme baseado em TCO e

o eletrodo traseiro.

11. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o filme intermediário é um índice graduado de modo que seu índice de refração (n) varia, contínua ou descontinuamente, por intermédio da sua espessura.

12. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o filme baseado em TCO compreende um ou ambos de, óxido de zinco e/ou óxido de estanho.

13. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o filme intermediário inclui primeira e segunda camadas com diferentes primeiro e segundo índices de refração, respectivamente.

14. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 1, em que o filme intermediário é substancialmente transparente.

15. Dispositivo fotovoltaico compreendendo:
um substrato de vidro frontal;
um filme absorvedor semiconductor;
um filme baseado em um óxido substancialmente transparente condutivo (TCO) localizado entre pelo menos o substrato de vidro frontal e o filme absorvedor semiconductor; e

um filme intermediário localizado entre o filme baseado em TCO e o filme absorvedor semiconductor, em que o filme intermediário tem um índice refrativo (n) de cerca de 2,0 a 4,0 e que é maior do que aquele do filme baseado em TCO e menor do que aquele do filme absorvedor semiconductor.

16. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 15, em que o índice refrativo (n) do filme intermediário é de cerca de 2,1 a 3,2.

17. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 15, em que o índice refrativo (n) do filme intermediário é de cerca de 2,15 a 2,75.

18. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 15, em que o filme intermediário é um semiconductor.

19. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 15, em que o filme intermediário compreende TiO_x dopado com Nb.

20. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 15,

em que o filme intermediário compreende um óxido de titânio.

21. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 15, em que o índice refrativo (n) do filme intermediário varia, contínua ou descontinuamente, por intermédio da sua espessura.

5 22. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 15, em que o filme baseado em TCO compreende um ou ambos de, óxido de zinco e/ou óxido de estanho.

23. Dispositivo fotovoltaico de acordo com a reivindicação 15, em que o filme intermediário inclui primeira e segunda camadas com diferentes primeiro e segundo índices de refração, respectivamente.

10 24. Método de fazer um dispositivo fotovoltaico, o método compreendendo:

 fornecer um substrato;

 depositar um primeiro filme de óxido substancialmente transparente condutivo (TCO) no substrato;

15 formar um filme intermediário no substrato por sobre pelo menos o filme de TCO, em que o filme intermediário tem um índice refrativo (n) de cerca de 2,0 a 4,0 e que é maior do que do filme de TCO; e

 formar o dispositivo fotovoltaico de modo que o filme intermediário esteja localizado entre o filme de TCO e o filme semicondutor do dispositivo fotovoltaico.

25 25. Método de acordo com a reivindicação 24, em que o índice refrativo (n) do filme intermediário é de cerca de 2,15 a 2,75.

26. Método de acordo com a reivindicação 24, em que o filme intermediário compreende TiNbO_x e/ou um óxido de titânio.

27. Método de acordo com a reivindicação 24, em que o índice refrativo (n) do filme intermediário varia, contínua ou descontinuamente, por intermédio da sua espessura.

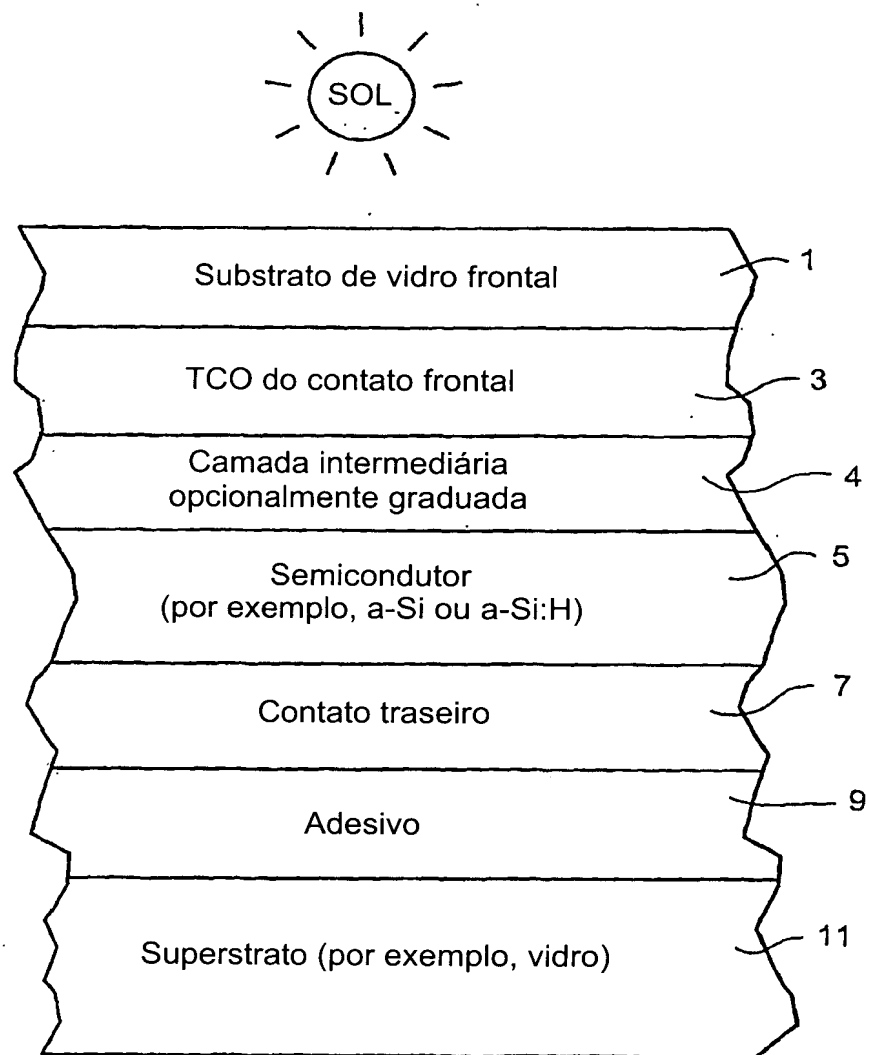


Fig. 1

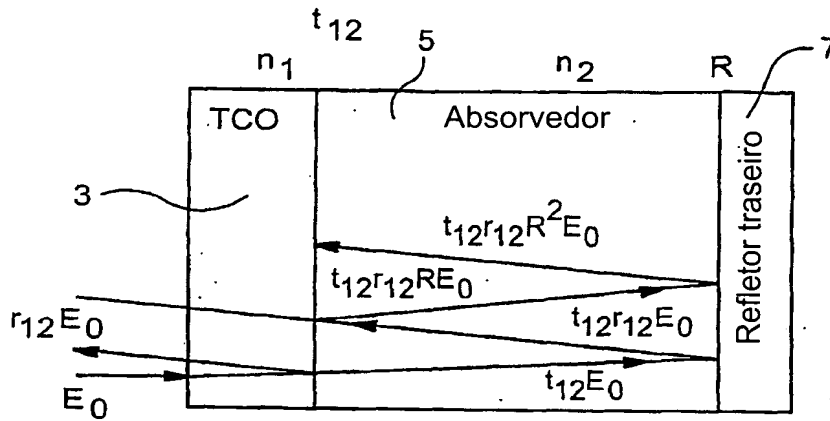


Fig. 2a

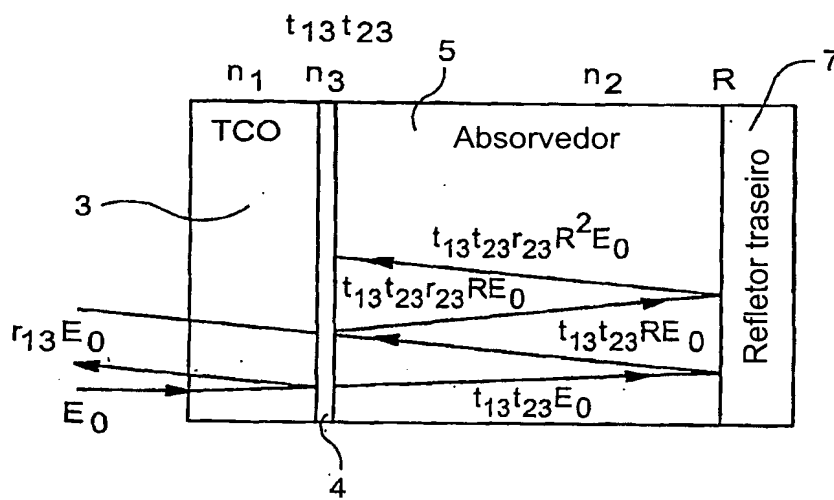


Fig. 2b

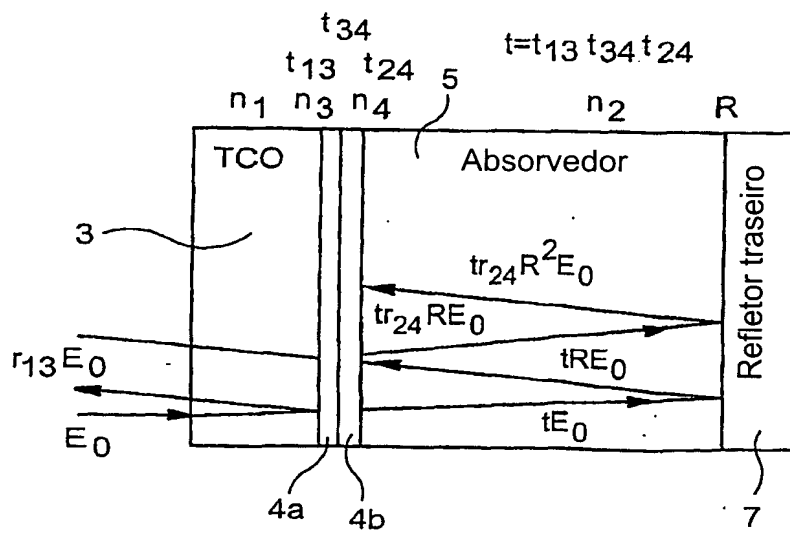


Fig. 2c

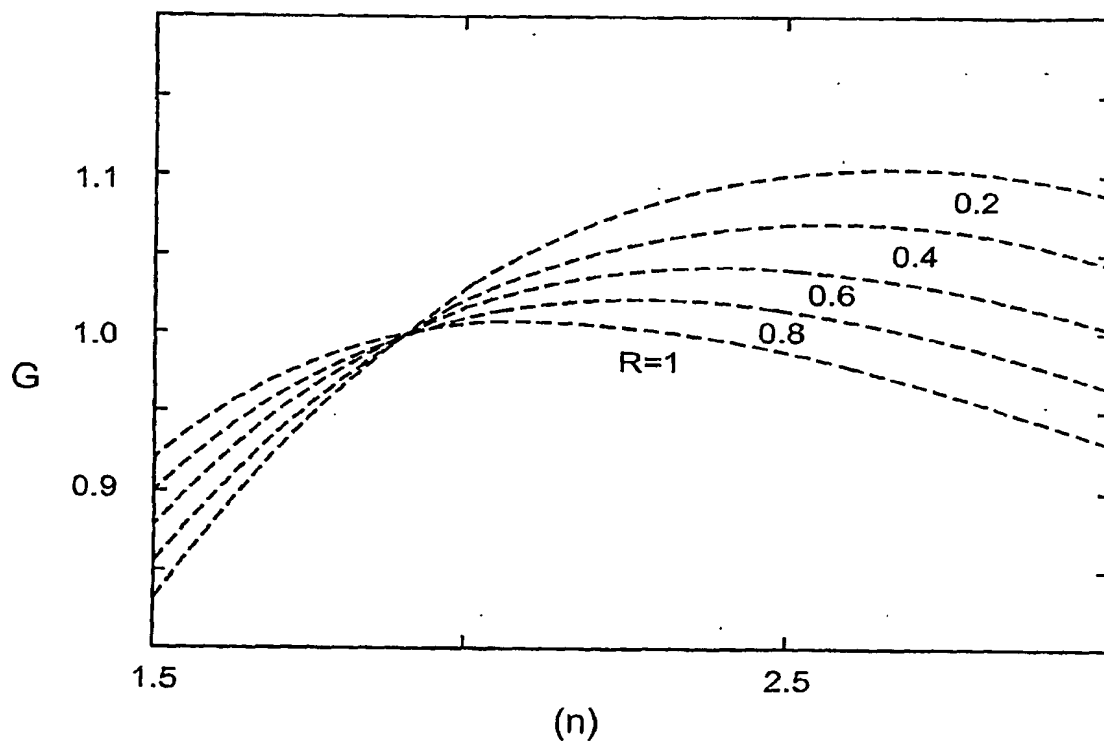


Fig. 3

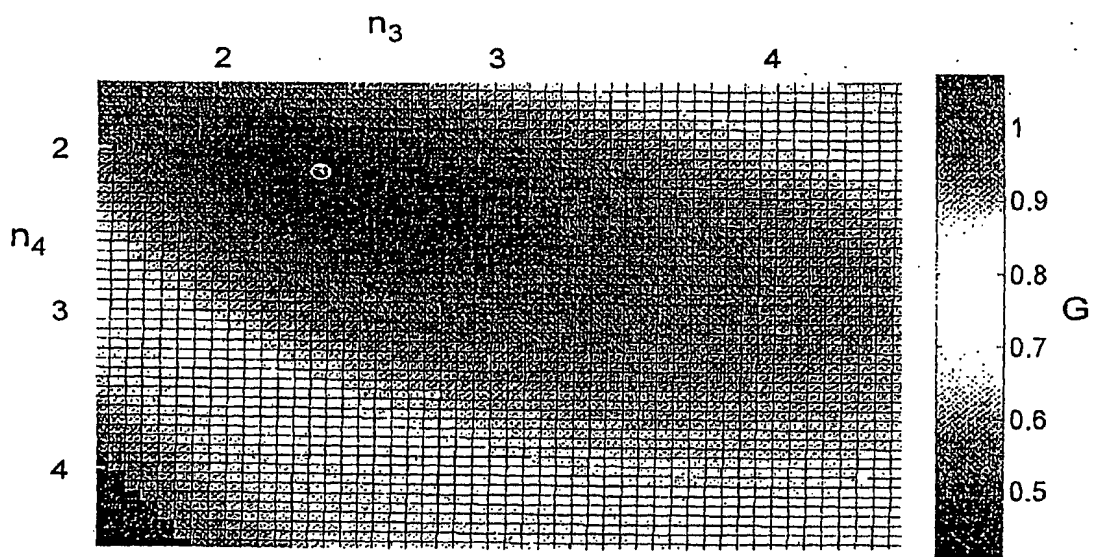


Fig. 4

RESUMO

Patente de Invenção: **"CONTATO FRONTAL COM CAMADA(S) INTERMEDIÁRIA(S) ADJACENTE(S) A ELE PARA USO EM DISPOSITIVO FOTOVOLTAICO E MÉTODO DE FAZER O MESMO".**

5 A presente invenção refere-se a um filme intermediário entre o contato frontal e um filme semicondutor absorvente de um dispositivo fotovoltaico. O filme intermediário pode ser índice refrativo discreto ou graduado em certas modalidades exemplares dessa invenção. O índice refrativo (n) do filme intermediário é sintonizado para satisfazer um ou mais de: (a) reduzir
10 reflexão óptica de radiação solar da interface do TCO/absorvedor, intensificando desse modo a quantidade de radiação que penetra no absorvedor e que pode ser convertida em energia elétrica, (b) aumentar a quantidade de radiação capturada dentro do absorvedor, (c) reduzir a difusão cruzada de elementos entre o TCO do contato frontal e o filme semicondutor absorvente,
15 e/ou (d) formar uma camada amortecedora de alta resistividade (HRBL) entre o TCO do contato frontal e o filme absorvedor.