



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

(11) PI 0313851-8 B1

(22) Data do Depósito: 21/08/2003

(45) Data de Concessão: 13/12/2016



(54) Título: ELETRODO PARA FAZER CONTATO COM SUPERFÍCIE ELETRICAMENTE CONDUTIVA DE UM ELEMENTO FOTOVOLTAICO, PLURALIDADE DE ELETRODOS E CÉLULA PV OU MÓDULO PV

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

(30) Prioridade Unionista: 29/08/2002 DE 102 39 845.3

(73) Titular(es): DAY4 ENERGY INC.

(72) Inventor(es): LEONID RUBIN; GEORGE L. RUBIN

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"ELETRODO PARA FAZER CONTATO COM SUPERFÍCIE ELETRICAMENTE CONDUTIVA DE UM ELEMENTO FOTOVOLTAICO, PLURALIDADE DE ELETRODOS E CÉLULA PV OU MÓDULO PV "**.

5 A presente invenção refere-se a um eletrodo para fazer contato eletricamente com superfícies condutivas, em particular para contatar um ou uma pluralidade de elementos fotovoltaicos (PV) que fazem parte de uma célula fotovoltaica ou célula solar. A invenção se refere adicionalmente a células fotovoltaicas produzidas com este eletrodo.

10 A geração de energia elétrica que utiliza tecnologia fotovoltaica alcançou um alto padrão. Entretanto, a produção de células PV e módulos PV ainda é bastante complicada e dispendiosa. Também a eficiência de geração de energia que utiliza módulos PV com uma eficiência máxima de cerca de 17% é muito baixa. A partir de um ponto de vista econômico a geração
15 de energia elétrica que utiliza tecnologia fotovoltaica somente é aceitável sob condições de corrente se a mesma for sustentada e/ou subsidiada por algum meio, por exemplo, pelo chamado programa de 100 000 tetos na Alemanha ou programas similares na Califórnia, USA. Desta maneira, no campo da tecnologia fotovoltaica ainda permanece uma exigência crítica para reduzir
20 os custos de produção e aumentar a eficiência da geração de energia que utiliza elementos PV e módulos PV.

 As células PV comumente usadas compreendem um elemento semicondutor com uma junção do tipo (n^+n (ou p) p^+) sobre a base de silício mono ou multicristalino, silício amorfo e outros semicondutores de filme fino
25 com uma junção p-n embutida. Uma superfície do elemento é normalmente coberta com uma camada de metal, tal como alumínio ou aço inoxidável, enquanto a outra superfície é proporcionada com uma cobertura anti-reflexiva. Ambas superfícies estão em contato com eletrodos, que coletam e transportam a energia elétrica gerada para fora. Esta estrutura é embutida
30 entre camadas protetoras transparentes, tal como vidro.

 Os eletrodos são todos produzidos utilizando tecnologia de impressão de tela. Entretanto, os eletrodos produzidos desta maneira possuem

uma alta resistência em série. À parte disso, os dispositivos e equipamento dispendiosos são requeridos para a produção e a redução de custo é limitada quando esta tecnologia for empregada.

5 US 4 380 112 A (Little) descreve um elemento fotovoltaico que compreende um eletrodo para fazer contato com uma superfície de dito elemento PV, sendo que o dito eletrodo compreende um portador opticamente transparente eletricamente isolante. Os fios do eletrodo são embutidos no portador opticamente transparente eletricamente isolante de modo que os fios de eletrodo sejam expostos a um, o lado "interno" do mesmo. A conclusão do elemento PV é efetuada ao se ligar de forma eletrostática a superfície interna do filme transparente, juntamente com os componentes de malha, à face exposta do elemento semiconductor frontal. O filme opticamente transparente eletricamente isolante é feito a partir de vidro de modo que o encaixe da malha de fio dentro do filme envolve prensagem e aquecimento da estrutura a uma temperatura de cerca de 700°C (ponto de fusão de vidro). Um contato permanente entre os fios metálicos e a superfície semicondutora é formado por uma etapa de ligação eletrostática, ou seja, uma forte voltagem é aplicada em torno do vidro + fio metálico + sanduíche semiconductor que é novamente aquecido até 700°C.

20 O aquecimento das estruturas durante a fabricação do eletrodo e do elemento PV é complicado e incômodo de modo que o custo de produção é relativamente alto. Ademais as etapas de aquecimento repetidas produzem o risco de falha e geração de resíduos.

25 EP 0 807 980 A (Canon KK) e US 5 759 291 A (Ichinose e outros) descrevem um elemento semiconductor (pastilha) com contato metálico paralelo ou fios de coleta de corrente (eletrodos) que são fixados à superfície do elemento por meio de um adesivo condutivo onde as partículas condutivas estão dispersas. Os fios de eletrodo são dispostos em paralelo entre os condutores de conexão que estão correndo ao longo das bordas do elemento. Para este tipo de eletrodo o contato ôhmico entre a superfície semicondutora e os fios é relativamente alto, que resulta em uma grande perda de energia e uma baixa eficiência, especialmente sob radiação solar concentra-

da. Também, a produção de tal célula PV é bastante complicada.

A partir da patente U.S. 5 084 107 A (Deguchi e outros) uma célula solar similar e conjunto de células solares são conhecidos, onde fios metálicos de eletrodo são aderidos à superfície do elemento fotovoltaico por meio de um material adesivo. No adesivo, as partículas condutivas estão dispersas. Também com esta estrutura de eletrodo, os custos de produção e a resistência de contato entre os fios e a superfície do elemento são razoavelmente altos.

A partir da patente U.S. 5 158 618 A (Rubin e outros) uma estrutura de eletrodo é conhecida, onde os fios de contato são embutidos em um bloco de polímero transparente de tal maneira, que estes se projetam parcialmente a partir do bloco de polímero. Os ditos eletrodos fazem contato com o elemento a partir de um ou a partir de dois lados e são ensanduichados entre as camadas protetoras transparentes, tais como vidro. Como os fios do eletrodo, são, por exemplo, configurados como bobinas, há somente contatos de ponto entre os fios e a superfície do elemento PV. Desta maneira, também neste caso a resistência em série de uma célula PV é relativamente alta. Também os custos de produção são relativamente altos, uma vez que a produção automática de tais tipos de células solares e módulos PV não é possível.

US 5 457 057 A descreve um eletrodo de coleta de corrente que compreende fios de metal, sendo que pelo menos uma parte dos ditos fios de metal é coberta por pasta condutiva.

Considerando a técnica anterior discutida acima um objetivo da presente invenção é proporcionar um eletrodo, em particular para elementos PV, que podem ser efetivamente produzidos como um produto separado e preso à superfície que será contactada de maneira eficaz e suave.

Um objetivo da invenção também, e portanto, proporcionar um eletrodo que em baixos custos de produção atinja uma resistência de contato inferior entre os eletrodos e uma superfície condutiva, em particular a superfície ou superfícies de um elemento fotovoltaico.

Um objetivo adicional da invenção é proporcionar uma célula PV

que permite, utilizando tal eletrodo, reduzir a resistência em série combinada e os custos de produção de células PV e módulos PV e aumentar sua eficiência.

De acordo com a invenção estes objetivos são solucionados pelo fato de que uma camada adesiva é proporcionada sobre uma superfície do
5 filme opticamente transparente eletricamente isolante, sendo que os fios eletricamente condutores são embutidos dentro da dita camada adesiva, uma parte das superfícies dos ditos fios que se projetam a partir da camada adesiva, onde pelo menos sobre a superfície que se projeta a partir da camada adesiva os ditos fios são cobertos por um revestimento que consiste de uma
10 liga com um baixo ponto de fusão.

Durante a fabricação do eletrodo da invenção a camada adesiva deve ser aquecida somente a uma temperatura muito baixa (ponto de fusão da camada adesiva de cerca de 100°C). Um contato permanente entre o fio metálico e a superfície semicondutora é formado após a pressão ser aplicada sobre o filme polimérico com o fio metálico preliminarmente embutido que
15 é prensado e aquecido somente até 130°C. Desse modo um contato elétrico e mecânico íntimo é obtido entre a superfície que será contatada e o fio.

Preferivelmente, uma segunda pluralidade de fios que correm substancialmente paralelos uns aos outros é disposta entre o filme transparente e os fios da dita primeira pluralidade, sendo que os fios das primeira e
20 segunda pluralidades formam juntos uma malha, e os fios da segunda pluralidade são eletricamente conectados a uma segunda barra terminal.

Em uma modalidade preferida adicional, as primeira e segunda barras terminais são eletricamente conectadas uma à outra.

25 A(s) barra(s) terminal(is) pode(m) ser proporcionadas nas respectivas extremidades dos fios.

Nesta modalidade a(s) barra(s) terminal(is) é (são) preferivelmente proporcionada(s) em extremidades opostas dos fios da primeira ou das primeira e segunda pluralidades de fios fora do contorno do elemento
30 fotovoltaico, até a superfície cujos fios serão conectados.

As primeira e segunda barras terminais são preferivelmente conectadas para formar um ângulo.

Em uma modalidade preferida as barras terminais são formadas como uma armação em forma de U, sendo que os fios de uma das duas pluralidades são conectados na base e os fios da outra pluralidade são conectados nas pernas livres do U.

5 Na modalidade quando a(s) barra(s) termina(l)is é (são) proporcionada(s) em extremidades opostas dos fios da primeira ou das primeira e segunda pluralidades as barras terminais se estendem preferivelmente sobre o comprimento de dois elementos fotovoltaicos adjacentes que serão conectados e que um degrau é proporcionada em seus centros, de modo que uma
10 pluralidade de barras terminais possa ser ajustada juntamente formando uma fileira, onde uma metade de uma barra terminal é disposta abaixo ou acima das metades inferior e superior, respectivamente, da barra terminal adjacente, onde entre as barras terminais proporciona-se um filme isolante.

Ademais, as barras terminais podem ser formadas como uma
15 armação fechada, sendo que a área aberta (janela) da dita armação excede as dimensões do elemento fotovoltaico correspondente.

Uma modalidade preferida adicional é possuir a(s) barra(s) terminal(is) formada(s) como uma armação dupla com duas janelas adjacentes, cuja área aberta excede as dimensões dos elementos fotovoltaicos correspondentes.
20

A armação pode compreender duas armações metálicas com um filme isolante proporcionado entre elas.

Em uma modalidade preferida um degrau é proporcionada na barra central da armação dupla, de modo que uma pluralidade de armações
25 possa ser ajustada em conjunto formando uma fileira, onde uma metade de uma armação dupla é disposta abaixo ou acima das metades inferior ou superior, respectivamente, da armação dupla adjacente.

Uma ranhura pode ser proporcionada na barra central da armação dupla, e a dita ranhura corre paralela ao dito degrau, de modo que mediante a conclusão de um módulo PV os fios transversais do eletrodo possam ser cortados.
30

Por fim, as barras metálicas podem ser dispostas atravessando

pelo menos uma janela da(s) armação(ões), sendo que as ditas barras são integralmente conectadas à armação metálica correspondente.

A invenção atinge adicionalmente os objetivos acima proporcionando uma pluralidade de eletrodos de acordo com qualquer das modalidades descritas acima onde os eletrodos são formados como uma tira contínua sem-fim, que pode ser cortada até um comprimento correspondente ao comprimento de um conjunto de elementos fotovoltaicos adjacentes que serão conectados para formar um módulo PV, onde os fios que correm em direção longitudinal da tira são cortados em distâncias correspondentes às distâncias das células PV.

Preferivelmente, a barra terminal sem-fim pode ser proporcionada ao longo de pelo menos uma das bordas do filme transparente onde, novamente de preferência, ao longo de cada borda do filme transparente são dispostas barras terminais tipo pente, cujos dentes se estendem respectivamente a partir de um lado entre dois elementos fotovoltaicos adjacentes sobre a largura dos fios da primeira pluralidade e estão alternativamente em contato elétrico com os lados superior e inferior de elementos fotovoltaicos correspondentes e são isolados da outra superfície.

A invenção atinge adicionalmente os objetivos acima ao proporcionar uma célula PV ou um módulo PV que compreende pelo menos um eletrodo ou uma tira de eletrodo de acordo com qualquer das modalidades anteriores, compreendendo uma ou mais células fotovoltaicas com um revestimento opticamente transparente, anti-reflexivo, eletricamente condutivo sobre pelo menos uma de suas superfícies, sendo que os fios da primeira pluralidade são soldados sobre o revestimento e sobre as respectivas barras terminais ou armações terminais por meio da liga.

Quando os fios das primeira e segunda pluralidades são dispostos para formar uma malha, os fios das primeira e segunda pluralidades são preferivelmente ligados juntos em seus pontos transversais e sobre as respectivas barras terminais ou armações terminais por meio da liga.

O eletrodo de acordo com a invenção proporciona um contato ôhmico confiável e íntimo com a superfície que será contactada e proporcio-

na alcance de resistência em série combinada 8 a 10 vezes mais baixa de uma célula PV ou módulo PV que não só aumenta a eficiência de elementos PV como permite que estes funcionem sob radiação solar concentrada de 8 a 10 vezes. Isto se refere particularmente àquelas modalidades, onde os fios das primeira e segunda pluralidades são dispostos um com relação ao outro na forma de uma malha e são conectados a condutores de conexão em forma angular e retangular. Simultaneamente, durante a produção o grau de automação e a capacidade de produção podem ser substancialmente aumentados.

10 A seguir, a invenção é explicada em mais detalhes por meio das modalidades ilustradas nos desenhos.

 A Figura 1 é uma vista esquemática parcial isométrica de uma célula PV antes, e

 A Figura 2 após um aquecimento e/ou etapa de prensagem durante a produção de uma célula PV,

15

 A Figura 3 é uma vista esquemática isométrica de uma malha de fios de contato,

 A Figura 4 é uma vista esquemática isométrica de um dispositivo para produzir eletrodos opticamente transparentes adesivos tipo filme,

20 A Figura 5A é uma vista de um eletrodo produzido com o dispositivo da Figura 4,

 A Figura 5B descreve o corte transversal A-A da Figura 5A,

 A Figura 5C é uma vista de uma tira de eletrodo com fios que correm de forma transversal até a direção dos fios da Figura 5A,

25 A Figura 5D descreve o corte transversal A-A da Figura 5C,

 A Figura 6A descreve a vista de uma tira de eletrodo com uma malha de fio,

 A Figura 6B descreve o corte transversal B-B da Figura 6A,

 A Figura 6C descreve o corte transversal A-A da Figura 6A,

30 A Figura 7 descreve em uma vista esquemática explodida isométrica os elementos essenciais de uma célula PV antes do aquecimento e prensagem,

A Figura 8 é uma vista esquemática explodida isométrica de uma segunda modalidade dos elementos de uma célula PV antes do aquecimento e prensagem,

5 A Figura 9A é uma vista de uma terceira modalidade de uma célula PV,

A Figura 9B descreve o corte transversal A-A do elemento fotovoltaico da Figura 9A,

A Figura 10A é a vista de diversas células PV que são dispostas na forma de uma tira, tais células PV são conectadas uma a outra em paralelo,

10 A Figura 10B descreve a seção A-A da Figura 10A,

A Figura 10C descreve a seção B-B da Figura 10A,

A Figura 11A é a vista de diversas células PV na forma de uma tira e com eletrodos que formam uma malha, tais células são conectadas uma a outra em paralelo,

15 A Figura 11B descreve a seção A-A da Figura 11A,

A Figura 12A descreve uma modalidade adicional de um conjunto de células PV que são dispostas na forma de uma tira onde as células PV são conectadas em série,

A Figura 12B descreve a seção A-A da Figura 13A,

20 A Figura 13 é a vista de uma modalidade adicional de uma tira de eletrodo com fios de eletrodo dispostos na forma de uma malha, onde as células PV também são conectadas uma à outra em série,

A Figura 14A é a vista de um eletrodo sem-fim com seções únicas de eletrodo para formar uma célula PV, respectivamente,

25 A Figura 14B descreve a seção A-A da Figura 12A,

A Figura 15A é a vista de um conjunto de células PV que são dispostas em série na forma de uma tira,

A Figura 15B descreve a seção A-A da Figura 15A,

A Figura 15C descreve a seção B-B da Figura 15A,

30 A Figura 16A descreve uma modalidade adicional de diversas células PV que são dispostas em série na forma de uma tira,

A Figura 16B descreve a seção A-A da Figura 16A,

A Figura 16C descreve a seção B-B da Figura 16A,

A Figura 17 é uma vista esquemática explodida dos elementos de um módulo PV com células PV conectas em série,

A Figura 18 descreve uma modalidade adicional de um módulo PV similar àquele da Figura 17, e

A Figura 19 descreve uma modalidade adicional de um módulo PV similar àquele das Figuras 17 e 18.

A Figura 1 descreve uma estrutura semicondutora S, por exemplo Silício (n^+n (ou $p)p^+$), cuja superfície superior (sempre em relação à representação na figura) é coberta com um revestimento eletricamente condutivo transparente anti-reflexivo 4 tal como, por exemplo, Óxido Estânico de Índio (ITO). O elemento S também pode consistir de um elemento PV de filme fino. A superfície inferior do elemento S é coberta tanto com um revestimento de metal (por exemplo, alumínio) como alternativamente com um revestimento eletricamente condutivo, transparente, anti-reflexivo 4. O elemento S e o revestimento superior 4 formam juntamente com o revestimento de metal (não-mostrado) ou o segundo revestimento de ITO inferior 4 uma unidade, referida daqui por diante como uma pastilha 3. As duas superfícies da pastilha 3 estão em contato com os fios metálicos 1, que são cobertos com um revestimento 2 que consiste em uma liga que possui um baixo ponto de fusão. Os fios 1 podem ser completamente cobertos com o revestimento de liga 2 ou somente parcialmente cobertos sobre o lado ou lados que fazem face com a superfície que será contatada. A seguir, os fios cobertos são referidos como uma primeira pluralidade de fios 5'. Estes estão em contato direto com a superfície ou superfícies da pastilha 3.

A Figura 2 descreve a disposição da Figura 1 após a prensagem e aquecimento até 120° . O material do revestimento de liga 2 possui revestimento 4 ligeiramente amaciado e umedecido, e está em contato ôhmico com o dito revestimento e fios 5'. O mesmo se refere ao caso onde o lado inferior do elemento S não deve ser proporcionado com um revestimento eletricamente condutivo, transparente, anti-reflexivo 4, porém com um revestimento de metal. A distância dos fios 5' não é requerida para ser uniforme, ou

seja, os fios paralelos 5' podem ser dispostos em pluralidade de dois ou mais fios 5' com distâncias diferentes entre os fios e os fios de uma pluralidade.

A forma e tamanho de corte transversal dos fios são selecionados para otimizar a coleta de corrente elétrica pelos fios, a densidade de corrente nos fios, a resistência em série da célula PV e o tamanho da área de pastilha sombreada pelos fios 5'. Como mostrado nas Figuras 1 e 2, as formas de corte transversal diferentes podem ser selecionadas para os fios 5', por exemplo circular, retangular, triangular, etc. Naturalmente, para os fios 5' de uma célula particular PV ou módulo PV respectivamente somente uma forma de corte transversal é selecionada.

A Figura 3 descreve uma malha de fio 6 de fios 5' da primeira e fios 5" de uma segunda pluralidade, onde os fios 5', 5" das primeira e segunda pluralidades estão normalmente correndo de forma perpendicular um ao outro. Os fios 5" estão, pelo menos sobre as superfícies que fazem face com os fios 5', também cobertos com um revestimento de liga 2. Entretanto, se a quantidade de material de liga sobre os fios 5' da primeira pluralidade for suficiente para uma conexão mecânica e elétrica segura das duas pluralidades de fios nos pontos transversais, o revestimento de liga sobre os fios 5" da segunda pluralidade poderia ser omitido. Para a seleção das distâncias dos fios 5" e da forma de corte transversal e área, as mesmas considerações para a disposição e tamanho dos fios 5' devem ser aplicadas. Naturalmente, para os fios 5" uma forma de corte transversal e tamanho diferente daqueles dos fios 5' podem ser selecionados.

A Figura 4 descreve a vista esquemática de um dispositivo para produzir um eletrodo opticamente transparente, adesivo, tipo filme. Inicialmente, os fios cobertos com liga 5' são enrolados em diversos rolos 7, cujo número se iguala à largura da célula PV dividida pelas distâncias requeridas entre os fios que correm paralelos 5' da primeira pluralidade. Por exemplo, em uma largura da célula PV de 100 mm e uma distância entre os fios de 4 mm, 26 rolos 7 são requeridos. Os rolos 7 são presos sobre um eixo 8, de modo que seja possível formar linhas paralelas de fios 5', que estão correndo através de aberturas correspondentes em uma armação 9. A distância

entre as aberturas na armação 9 é determinada pela distância requerida entre os fios 5' paralelos. O tamanho e forma das aberturas na armação 9 têm que corresponder ao tamanho e forma da área de corte transversal dos fios 5'.

5 Os fios paralelos 5' são dispostos sobre um filme polimérico 10, que é fornecido a partir de um tambor 12. A superfície do filme 10 que faz face com os fios 5' é coberta com um adesivo transparente 11. A largura total do filme 10, sobre a qual os fios 5' são colocados, excede a largura de uma ou um conjunto de diversas pastilhas 3, de modo que cada lado do filme 10 uma região de 1,5 até 2 cm permaneça livre de fios 5' (Figura 5A). O filme 10 é conduzido pelo tambor 12 sobre a superfície de um rolo girável 13 e é puxado por um tambor 12, que puxa simultaneamente os fios 5'. Os fios 5' são prensados sobre o filme 10 por meio de outro rolo 14 disposto acima do rolo girável 13. Simultaneamente, o filme 10 é aquecido pelos rolos 13 e 15 14, de modo que o adesivo 11 se amacie, os fios 5' imerjam no adesivo 11 e, após o esfriamento, permaneçam fixados no filme 10 e embutidos no adesivo 11. Recomenda-se que o lado oposto do filme polimérico deva ser preparado pelo material adesivo para permitir o encapsulamento de célula PV adicional entre as camadas protetoras.

20 As Figuras 5A e 5B descrevem em detalhe o resultado deste processo, isto é um eletrodo transparente 16. Os fios 5' que se estendem ao longo do filme polimérico 10 são embutidos no adesivo 11 e prensados sobre o filme 10. Uma parte da superfície dos fios 5' está se projetando a partir da superfície do adesivo 11. Na figura 5B, sobre os lados direito e esquerdo 25 outras possíveis formas de corte transversal dos fios 5' são mostradas novamente.

Um dispositivo de produção similar àquele da Figura 4 pode ser usado para produzir um filme polimérico 10 com fios embutidos 5' que são transversalmente dispostos até a direção inicial do filme 10 (Figuras 5C, 5D). 30 A largura do filme polimérico 10 tem que, por meio desta, corresponder ao comprimento requerido de uma célula PV ou módulo PV. Após os fios 5' da primeira pluralidade serem embutidos no filme 10, os mesmos podem ser

cortados em partes transversais até a extensão inicial do filme 10.

A distância dos fios 5' e/ou 5" não é requerida para ser uniforme, ou seja, fios paralelos 5' e/ou 5" podem ser dispostos em grupos de dois ou mais fios com distâncias diferentes entre os fios em cada grupo e número de
5 tais grupos.

A Figura 6A descreve um eletrodo 16 que compreende o filme polimérico transparente 10 e uma malha de fio 6 dos fios 5' e 5" das primeira e segunda pluralidades. Somente os fios 5" que são mais estritamente localizados no filme polimérico 10 são imersos no adesivo 11 (ver também Figuras 6B e 6C). Os fios superiores 5' que entram em contato com a superfície ou superfícies da pastilha 3 não são, pelo menos não completamente, imersos no adesivo 11 (durante a produção deste tipo de eletrodo 16 o rolo 17 transporta uma malha de fio 6, e armação 9 não é usada (Figura 4)). Já neste ponto, os fios 5', 5" podem ser soldados juntos. Entretanto, normalmente
10 isto é feito no momento da montagem do eletrodo 16 e da pastilha 3.
15

Para o filme polimérico 10 uma grande variedade de materiais pode ser usada: o material deve possuir uma alta ductilidade, boas características isolantes, transparência óptica e estabilidade térmica, resistência a encolhimento e possuir uma boa capacidade adesiva. Exemplos de tais materiais são celofone®, raiom, acetato, fluororresina, polissulfonas, resina e-
20 póxi, e resina de poliamida. Um material adequável a ser usado também é o filme polimérico transparente Mylar®. Os materiais a serem preferivelmente usados são aqueles baseados em um fluoropolímero; por exemplo o filme de fluoreto de polivinila Tedlar® e a resina de fluoropolímero ETFE modificada
25 Tefzel®. Estes materiais são usados não só na indústria fotovoltaica como também para propósitos gerais e para produtos eletrotécnicos para propósitos de laminação.

Uma grande variedade de materiais que possui uma temperatura amaciante que varia a partir de cerca de 90-110°C e possui uma boa adesão
30 a filmes poliméricos preliminarmente preparados e a superfície da pastilha 3 são adequáveis como adesivo 11. Os materiais preferidos são materiais adesivos acrílicos, materiais adesivos de borracha, materiais adesivos de silí-

cio e materiais adesivos de éter de polivinila bem como materiais adesivos de epóxi. Os materiais a serem mais preferivelmente usados são Acetato de Vinila de Etileno, por exemplo, fornecidos por HI-SHEET INDUSTRIES, LTD e aqueles fornecidos por Dupont: metacrilato de polimetila 68080, copolímero de Metacrilato 68040, copolímero de Metacrilato 68070.

A camada adesiva 11 deve ser suficientemente grossa para proporcionar uma conexão confiável do eletrodo com a pastilha 3. A espessura da camada adesiva não deve, entretanto, exceder a espessura dos fios 5', de modo que a parte dos fios 5' que se projeta a partir do adesivo 11, cuja parte é coberta com a liga 2 e não seja imersa no adesivo 11 possa subsequentemente formar um contato ôhmico direto com a superfície eletricamente condutiva da pastilha 3 (Figuras 5A, 5D, 6B, 6C).

O filme polimérico 10 deve ser suficientemente grosso, de modo que o mesmo seja suficientemente estável quando o adesivo 11 for aplicado e quando o mesmo for puxado sob pressão e aquecido quando fixa os fios 5', 5". Simultaneamente, o mesmo deve ser o mais fino possível para atingir alta elasticidade e transparência para a luz que passa através dele. Preferivelmente, a espessura do filme polimérico 11 varia entre 10 e 50 μm . Como anteriormente mencionado é preferível se o lado oposto de filme polimérico for preparado com material adesivo.

Nas Figuras 5 e 6, o filme polimérico 10 é mostrado com o adesivo 11 e os fios 5' (ou a malha 6 com os fios 5', 5") com o revestimento de liga 2 que se projeta a partir da superfície do adesivo 11, formando um eletrodo adesivo opticamente transparente tipo filme sem-fim ou contínuo 16.

O eletrodo 16 desta invenção pode ser aplicado para a produção de células PV e módulos PV. Por meio deste, os diferentes tipos de hastes ou barras metálicas e conexões são requeridos para coletar a corrente do eletrodo 16 e transmiti-la adicionalmente. É por isso aconselhável fixar as hastes ou barras metálicas no eletrodo 16 por meio de gotas de cola ou por breve aquecimento local, desta maneira ligando ou fixando as hastes ou barras metálicas no adesivo 11 do eletrodo 16. A distância entre as barras metálicas e tipos diferentes de conexões deve ser projetada de tal maneira que

haja espaço suficiente entre as pastilhas 3 de modo que estas não entrem em contato elétrico direto com os elementos estruturais quando estas se expandem termicamente mediante aquecimento de até 160°C durante a montagem da pastilha 3 e eletrodo 16.

5 A Figura 7 descreve uma representação ampliada de uma célula PV antes de sua montagem por meio de prensagem e aquecimento. Os eletrodos 16 são respectivamente dispostos acima e abaixo da pastilha 3. Em uma direção transversal até a extensão longitudinal dos fios 5' dos eletrodos 16, são dispostas em dois lados opostos da pastilha 3 uma primeira barra terminal 20 e uma segunda barra terminal 22, que sobre seus lados inferior e superior, respectivamente, são proporcionadas com um revestimento 21 que consiste em uma liga eletricamente condutiva com um baixo ponto de fusão. Os fios 5' do eletrodo superior 16 estão se estendendo a partir da borda direita da pastilha 3 até a borda esquerda da segunda barra terminal 22. De forma contrária, os fios 5' do eletrodo inferior 16 estão se estendendo a partir da borda esquerda da pastilha 3 até a borda direita da primeira barra terminal 20. Após o aquecimento e prensagem, os fios 5' do eletrodo superior 16 estão em contato ôhmico com a segunda barra terminal esquerda 22 e a superfície superior da pastilha 3, enquanto os fios 5' do eletrodo inferior 16 estão em contato ôhmico com o lado inferior da barra terminal 20 e o lado inferior da pastilha 3.

As ligas eletricamente condutivas 2, 21 com um baixo ponto de fusão podem ser representadas tanto por soldadores comuns como aqueles especialmente desenvolvidos sobre a base de metais diferentes, como Ag, Bi, Cd, Ga, In, Pb, Sn, Ti, etc. Também é possível usar material eletrocondutivo composto de adesivos orgânicos com partículas metálicas ou de liga.

A Figura 8 descreve uma estrutura similar, entretanto com barras terminais angularmente formadas 20, 22 e eletrodos 16 com fios 5', 5" dispostos na forma de uma malha (6). Após a prensagem e aquecimento, a malha 6 do eletrodo inferior 16 está em contato ôhmico com a primeira barra terminal angularmente formada 20 e o lado inferior da pastilha 3, enquanto a malha 6 do eletrodo superior 16 está em contato ôhmico com a segunda bar-

ra terminal angularmente formada 22 e o lado superior da pastilha 3.

As Figuras 9A e 9B descrevem uma célula PV, onde as barras terminais são configuradas na forma de uma armação laminada de três camadas 17, na janela das quais a pastilha correspondente 3 é acomodada.

5 Os fios 5' estão correndo entre os dois lados opostos da armação 17, sobre cujos lados eles são soldados como resultado de aquecimento e prensagem.

Como mostrado em mais detalhes na Figura 9B, a armação 17 compreende duas armações metálicas 18, entre as quais há disposto preferivelmente um filme isolante adesivo com dois lados 19. Sobre os lados ex-
10 ternos das duas armações 18, respectivamente, um revestimento de liga condutiva 21 é aplicado. Este revestimento pode ser omitido quando a quantidade do material sobre os fios 5' for suficiente para um contato ôhmico confiável entre a armação 17 e os fios 5'. Neste caso recomenda-se que a armação 17 deva ser estanhada.

15 Esta modalidade também é adequável para uso com um eletrodo 16 na forma de uma malha, onde os fios 5" da segunda pluralidade (não-mostrada) estão correndo perpendicularmente aos fios 5' da primeira pluralidade e estão em contato ôhmico com os lados correspondentes da armação 17 mostrada na Figura 9.

20 As modalidades seguintes ilustram como, com a ajuda do eletrodo 16 desta invenção, que é produzido na forma de uma tira sem-fim, um conjunto de células PV pode ser conectado em série e paralelo um ao outro desse modo constituindo os módulos PV.

As Figuras 10A, 10B e 10C descrevem um eletrodo sem-fim 16
25 com barras terminais tipo pente 23, as barras longitudinais 24 cujas partes externas os fios 5' estão correndo paralelamente a elas na direção da extensão longitudinal do eletrodo sem-fim 16. As barras longitudinais 24 são integralmente conectadas com barras transversais que correm de forma transversal 25 (os "dentes" do pente), que a partir de uma ou da outra direção,
30 respectivamente, estão se projetando dentro de espaços entre as pastilhas 3.

Como mostrado na Figura 10B (corte transversal A-A da Figura

10A), as superfícies superiores das barras transversais esquerdas 25 são proporcionadas com um filme isolante 19, enquanto sobre a superfície inferior um revestimento 21 é aplicado consistindo de uma liga eletricamente condutiva. Para as barras transversais direitas 25 o filme isolante 19 é depositado sobre a superfície inferior e o revestimento 21 consistindo de uma liga condutiva é depositado sobre a superfície superior.

A Figura 10C descreve o corte transversal B-B da Figura 10A.

Na modalidade mostrada nas Figuras 10A a 10C as células PV dispostas desta forma são conectadas em paralelo umas às outras, uma vez que as respectivas barras transversais esquerdas 25 são eletricamente conectadas aos lados inferiores das pastilhas 3 e as respectivas barras transversais direitas 25 são eletricamente conectadas com o lado superior das pastilhas 3 que estão localizadas sobre o lado direito delas.

As Figuras 11A e 11B descrevem uma modalidade, onde as conexões paralelas de células PV similares às Figuras 9A e 9B são configuradas na forma de uma armação com três camadas 17, que é laminada a partir de um conjunto sem-fim de armações metálicas 18 dispostas em série e um filme polimérico isolante 19 disposto entre estas armações 18. Sobre os lados externos das armações 18 um revestimento condutivo 21 que se funde em baixas temperaturas é depositado. Este revestimento 21 está em contato ôhmico com os fios 5' e 5" do eletrodo 16.

Nesta modalidade as pastilhas 3 são posicionadas dentro das "janelas" da armação 17 e as células PV são conectadas em paralelo umas às outras por meio dos eletrodos superior e inferior 16.

As Figuras 12A e 12B descrevem uma conexão em série de diversas células PV. As barras terminais 25 que correm em direção transversal até a extensão longitudinal do eletrodo 16, com fios periodicamente interrompidos 5', são proporcionadas com um revestimento 21 sobre seus lados superior e inferior, respectivamente. Por meio disto, os fios 5' do eletrodo superior 16 proporcionam contato ôhmico entre o lado superior de uma barra terminal 25 e o lado superior da pastilha 3 disposto sobre o lado direito da mesma, onde os fios 5' do eletrodo inferior 16 proporcionam contato ôhmico

entre o lado inferior de cada barra terminal 25 e o lado inferior da pastilha 3 disposto sobre o lado esquerdo da mesma.

A Figura 13 descreve um eletrodo sem-fim 16, onde a conexão em série de células PV é realizada por meio de barras terminais metálicas em forma de U 26. As barras 24 das barras terminais que correm na direção longitudinal estão em contato ôhmico com os fios 5", e as barras transversais 25 das mesmas que correm em uma direção transversal ao eletrodo 16 estão em contato ôhmico com os fios 5'. As pastilhas 3 são posicionadas dentro do espaço das barras terminais metálicas em forma de U 26 e entre os eletrodos superior e inferior 16.

As conexões das pastilhas 3 com fios 5' são similares àquelas mostradas na Figura 12B.

As Figuras 14A e 14B descrevem um eletrodo 16 como ele pode ser usado para a conexão em série de células PV como mostrado nas Figuras 12A e 12B e de forma análoga para a disposição da Figura 13. Cada fio 5' é interrompido por perfurações 29, que incluem tanto somente um fio 5' como diversos fios 5', respectivamente. Naturalmente, a solidez do eletrodo 16 fica melhor quando as perfurações 29 interrompem somente um fio 5', comparado com o caso onde diversos fios adjacentes são perfurados. No último caso, recomenda-se que uma tira de filme polimérico adesivo transparente (não-mostrada) seja aplicada sobre a parte perfurada do eletrodo 16 em uma direção transversal à extensão longitudinal do eletrodo 16.

Similarmente, na modalidade da Figura 13 as barras terminais 24 que correm na direção longitudinal também podem ser interrompidas, juntamente com os fios 5'. Desta maneira, sobre o lado inferior e superior da pastilha 3 respectivamente podem ser usados eletrodos idênticos 16, que são deslocados um com relação ao outro somente pela largura da distância entre as barras transversais 25 e a borda da próxima pastilha 3.

Uma construção basicamente diferente das conexões para transportar a energia elétrica é descrita com referência às Figuras 15 a 19.

O elemento básico da disposição de acordo com a Figura 15 é uma armação dupla com três camadas laminadas 27 que compreende duas

armações metálicas (preferivelmente folha de cobre) 28 e um filme isolante 19 proporcionado entre estas armações. Na barra central de armação dupla 27 e paralela à mesma proporciona-se um degrau. A altura do dito degrau corresponde à espessura da folha de metal, ou seja, até cerca de 0,2 até 0,3 mm (Figuras 15A, 15B, 15C). Como visto a partir da Figura 15B, as armações metálicas 28 são sobrepostas em posições deslocadas uma com relação à outra, ou seja, a parte superior esquerda de uma armação metálica 28 é disposta acima da parte inferior direita da armação esquerda adjacente 28. O filme isolante 19 proporcionado entre as duas armações metálicas sobrepostas 28 das armações duplas adjacentes 27 é dobrado em suas extremidades em uma direção ascendente ou descendente e se estende até a superfície da construção de armação 27. As pastilhas 3 são posicionadas dentro das "janelas" da armação 27. Os fios 5' dos eletrodos perfurados superior e inferior 16 estão em contato ôhmico com as superfícies da pastilha 3, e com as respectivas barras esquerda e direita de cada janela de armação. Os fios 5" são eletricamente conectados com os fios 5' e as respectivas barras superior e inferior das armações. As superfícies das armações metálicas 28 em contato com os fios 5' são, se necessário, cobertas com um revestimento de liga 21 que possui um baixo ponto de fusão ou são somente estanhadas.

20 Desta maneira, é possível interconectar de forma serial um conjunto de células PV de qualquer número.

As Figuras 16A, 16B e 16C descrevem uma construção similar, porém substancialmente simplificada onde o eletrodo não-perfurado 16 corresponde àquele mostrado nas Figuras 5C e 5D. Neste caso as barras longitudinais 32 com um degrau são utilizadas. Estas barras longitudinais 32 são alinhadas como as armações 28 como mostrado nas Figuras 15B e 15C.

A Figura 17 descreve em uma descrição estendida, uma representação de um conjunto total, duas armações metálicas sobrepostas 28 com um degrau no meio e dispostas em posições deslocadas umas com relação às outras. A característica especial desta disposição é que as barras transversais 31 estão transpostas sobre as respectivas janelas inferiores direitas, sendo que as ditas barras 31 são integralmente conectadas com a

armação metálica 28. Nesta modalidade, as barras 31 assumem a função dos fios 5' do eletrodo inferior 16 desta invenção, ou seja, na célula PV completa estão em contato ôhmico com a respectiva superfície inferior da pastilha 3 localizada acima delas.

5 Para completar o conjunto sem-fim de células PV conectadas em série, armações simples 30 são proporcionadas em suas extremidades, onde a armação simples 30 proporcionada na extremidade esquerda do conjunto também é proporcionada com barras 31.

10 A construção é completada por um eletrodo superior 16 com malhas de eletrodo 6, cujos fios 5' são perfurados e após o aquecimento e prensagem são conectados com a superfície superior da pastilha 3 e armações 28 e 30. O eletrodo inferior 16 possui seções de fio perfurado 5" ou campos de fio 5" que correm na direção longitudinal, sendo que as ditas seções de fio ou campos de fio são conectados na célula PV completa com as
15 barras 31 e armação 30. Aqui estes assumem a função dos fios 5", ou seja, dos fios que são indiretamente conectados com a superfície inferior da pastilha 3.

20 A Figura 18 descreve uma modalidade similar àquela da Figura 17 com a diferença que em vez do eletrodo inferior 16 um filme polimérico transparente 10 é proporcionado no qual um adesivo 11 é aplicado.

25 Por fim, na Figura 19 é mostrada uma modalidade similar àquela mostrada nas Figuras 17 e 18. O eletrodo superior 16 possui uma malha não-interrompida 6. Para que os fios 5' do eletrodo 6 possam ser perfurados após o término de conexão em série das células PV na barra esquerda e na
30 barra central da armação 28 bem como nas barras esquerda e direita da armação superior e inferior 30 um ranhura 33 é proporcionada. Esta ranhura 33 corre paralela ao degrau. Estas ranhuras 33 permitem que os fios 5' do eletrodo superior 16 sejam completamente cortados após a montagem do módulo PV. A largura da ranhura 33 é calculada de tal maneira que os fios 5' após a perfuração fiquem permanentemente interrompidos e isolados uns dos outros.

REIVINDICAÇÕES

1. Eletrodo para fazer contato com uma superfície eletricamente condutiva de um elemento fotovoltaico (3), o eletrodo compreendendo:

5 uma primeira pluralidade de fios eletricamente condutivos (5'), e
 uma primeira barra terminal (20), em que os fios (5') da primeira pluralidade são eletricamente conectados à primeira barra terminal (20),

o eletrodo sendo **caracterizado pelo fato de** que compreende adicionalmente:

 um filme opticamente transparente e eletricamente isolante (10);
10 uma camada adesiva (11) proporcionada sobre uma superfície do filme (10);

 a primeira pluralidade de fios eletricamente condutivos (5') sendo substancialmente paralelos e sendo embutidos dentro da camada adesiva (11), sendo que uma parte das superfícies dos fios (5') se projeta a partir da camada adesiva (11) e pelo menos parte das superfícies que se projetam
15 a partir da camada adesiva (11) sendo coberta por um revestimento (2) que consiste em uma liga com um baixo ponto de fusão.

2. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que compreende ainda uma segunda pluralidade de fios (5'') substancialmente paralelos uns aos outros e dispostos entre o filme transparente (10) e os fios (5') da primeira pluralidade, sendo que os fios (5', 5'') das primeira e segunda pluralidades formam juntos uma malha (6), e os fios (5'') da segunda pluralidade são eletricamente conectados a uma segunda barra terminal (22).
20

25 3. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de** que as primeira e segunda barras terminais (20, 22) são eletricamente conectadas uma à outra.

 4. Eletrodo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado pelo fato de** que as primeira e segunda barras terminais
30 (20, 22) são proporcionadas nas respectivas extremidades dos fios (5', 5'').

 5. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de** que as primeira e segunda barras terminais (20, 22) são proporci-

onadas em extremidades opostas dos fios da primeira pluralidade de fios ou das primeira e segunda pluralidades de fios (5', 5''), fora de um contorno do elemento fotovoltaico (3).

5 6. Eletrodo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado pelo fato de** que as primeira e segunda barras terminais (20, 22) são conectadas para formar um ângulo entre elas.

7. Eletrodo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado pelo fato de** que as primeira e segunda barras terminais (20, 22) são formadas como uma armação em forma de U tendo uma base e
10 pernas livres, sendo que os fios de uma das primeira e segunda pluralidades de fios (5') são conectados à base e os fios da outra das primeira e segunda pluralidades (5'') são conectados às pernas livres.

8. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo fato de** que as primeira e segunda barras terminais (32) se estendem so-
15 bre o comprimento de dois elementos fotovoltaicos adjacentes (3) a serem conectados e onde cada uma das primeira e segunda barras terminais tem um degrau no centro para permitir que uma pluralidade de barras terminais (32) seja ajustada em conjunto formando uma fileira, onde uma metade de uma das primeira e segunda barras terminais (32) é disposta abaixo ou aci-
20 ma de metades inferior ou superior, respectivamente, de uma adjacente das primeira e segunda barras terminais, e onde um filme isolante (19) é proporcionado entre as primeira e segunda barras terminais.

9. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo fato de** que as primeira e segunda barras terminais são formadas como
25 uma armação fechada (17), definindo uma área aberta (janela) da armação (17) que excede as dimensões do elemento fotovoltaico correspondente (3).

10. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo fato de** que as primeira e segunda barras terminais são formadas como uma armação dupla (17) com duas janelas adjacentes, cuja área aberta ex-
30 cede as dimensões dos elementos fotovoltaicos correspondentes (3).

11. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado pelo fato de** que a armação dupla (17) compreende primeira e segunda ar-

mações metálicas (18) com um filme isolante (19) entre estas.

12. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de** que a armação dupla inclui uma barra central que inclui um degrau que se estende na mesma para permitir que uma pluralidade de armações (17) seja ajustada em conjunto formando uma fileira, onde uma das primeira e segunda armações metálicas de uma primeira armação dupla (17) possa ser disposta abaixo ou acima de uma das primeira e segunda armações metálicas, respectivamente, de uma segunda armação dupla adjacente (17).

13. Eletrodo, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado pelo fato de** que uma ranhura (33) é proporcionada na barra central da armação dupla (28), sendo que a ranhura se estende paralela ao degrau, para facilitar o corte de porções dos fios (5') depois do eletrodo (16) ser instalado em uma pastilha para formar um módulo PV

14. Eletrodo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 13, **caracterizado pelo fato de** que inclui ainda barras metálicas (31) atravessando pelo menos uma janela de pelo menos uma das armações, sendo que as barras (31) são integralmente conectadas com a pelo menos uma das armações.

15. Pluralidade de eletrodos como definidos em qualquer uma das reivindicações 1 a 14, **caracterizada pelo fato de** que os eletrodos são formados em uma tira contínua, a qual pode ser cortada até um comprimento que corresponde ao comprimento de um conjunto de elementos fotovoltaicos adjacentes (3) a serem conectados juntos para formar um módulo PV, onde os fios (5') incluem fios correndo em uma direção longitudinal da tira, os fios sendo cortados em distâncias correspondentes às distâncias das células PV .

16. Pluralidade de eletrodos, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizada pelo fato de** que uma barra terminal contínua (22) é proporcionada ao longo de pelo menos uma das bordas do filme transparente (10).

17. Pluralidade de eletrodos, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizada pelo fato de** que compreende ainda barras terminais tipo

5 pente tendo dentes, as barras terminais tipo pente sendo dispostas ao longo de cada borda do filme transparente (10), os dentes (25) das barras terminais alcançando respectivamente a partir de um lado entre dois elementos fotovoltaicos adjacentes (3) sobre os fios (5') da primeira pluralidade e alternativamente estando em contato elétrico com os lados superior e inferior dos respectivamente elementos fotovoltaicos correspondentes (3) enquanto são isolados dos lados inferior e superior respectivamente dos elementos fotovoltaicos correspondentes.

10 18. Célula PV ou módulo PV que compreende pelo menos um eletrodo (16) conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 14 ou uma pluralidade de eletrodos (16) conforme definida em qualquer uma das reivindicações 15 a 17, **caracterizada pelo fato de** que compreende uma ou mais células fotovoltaicas (3) com um revestimento opticamente transparente, anti-reflexivo e eletricamente condutivo (4) sobre pelo menos
15 uma de suas superfícies, sendo que os fios (5') da primeira pluralidade são soldados sobre o revestimento opticamente transparente (4) e sobre as respectivas barras terminais (20) ou armações terminais (17) pelo revestimento que compreende a liga de baixo ponto de fusão (2).

20 19. Célula PV ou módulo PV, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato de** que compreende um eletrodo (16) como definido na reivindicação 2, onde os fios (5', 5'') das primeira e segunda pluralidades são ligados juntos em seus pontos transversais e sobre as respectivas barras terminais ou armações terminais pelo revestimento que compreende a liga de baixo ponto de fusão.

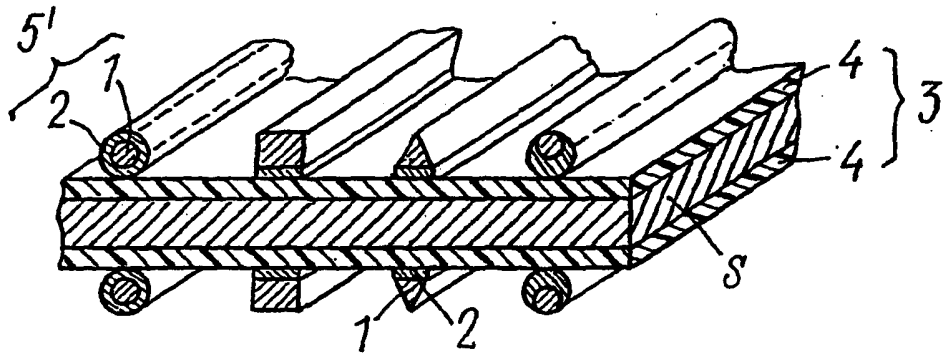


FIG. 1

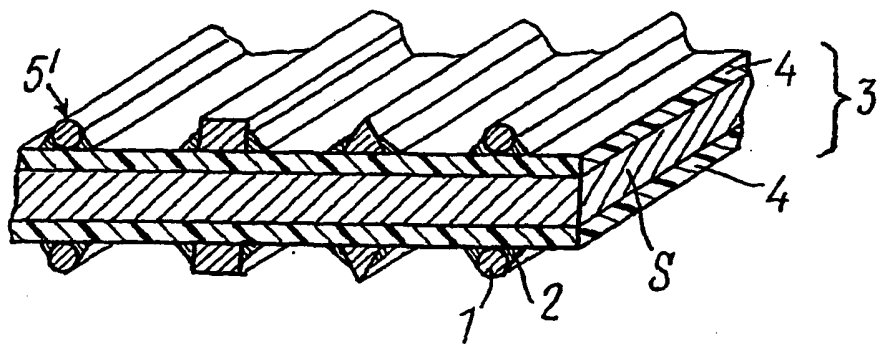


FIG. 2

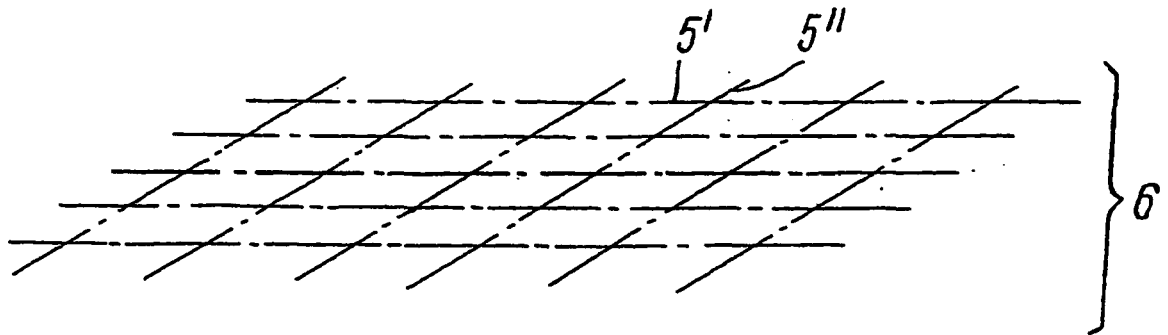


FIG. 3

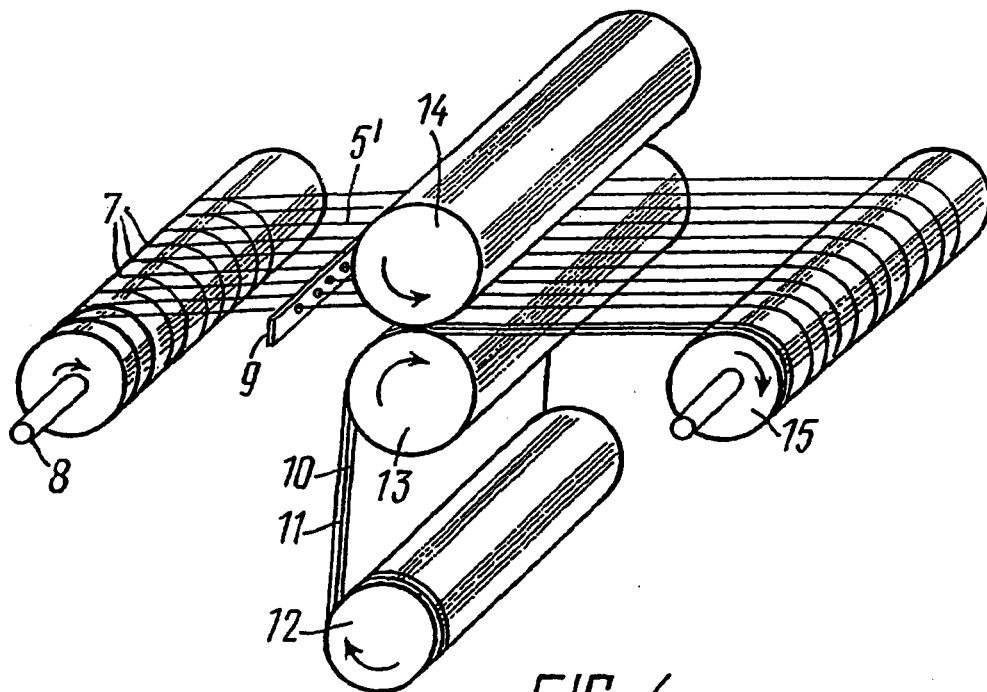
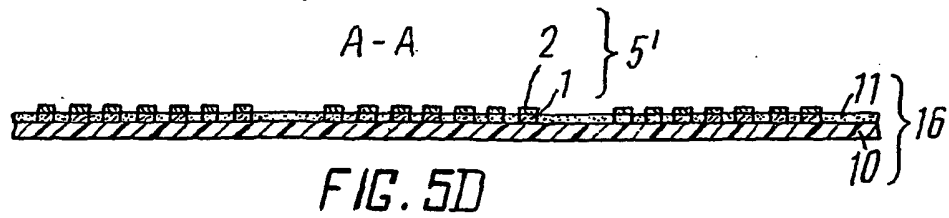
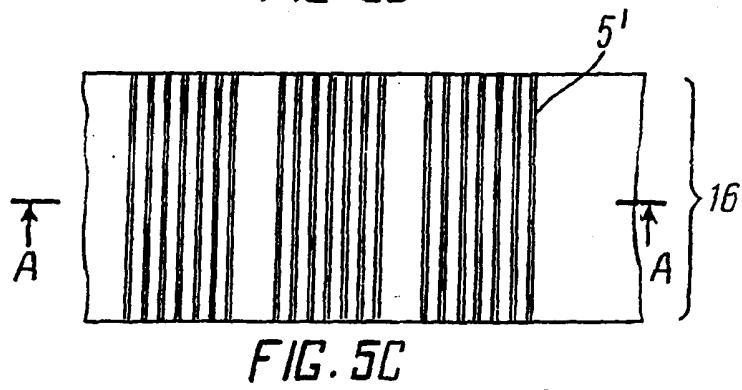
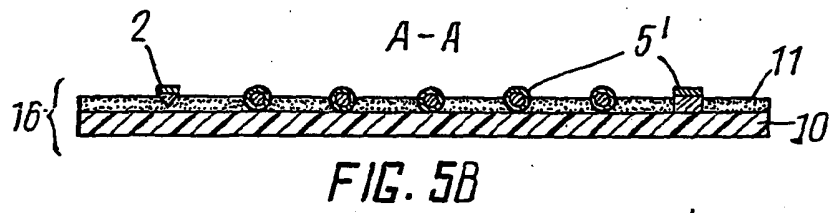
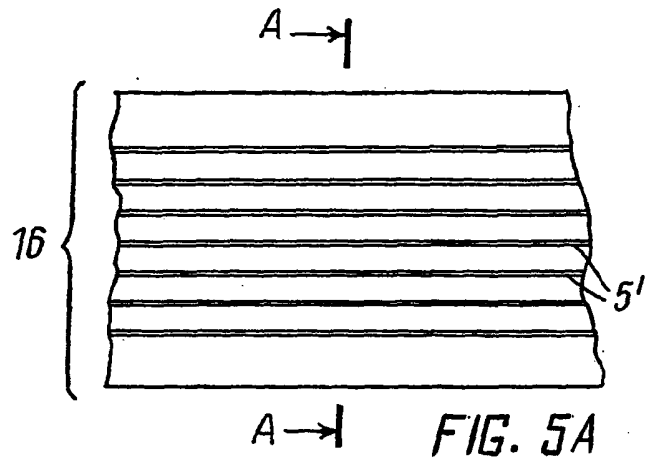
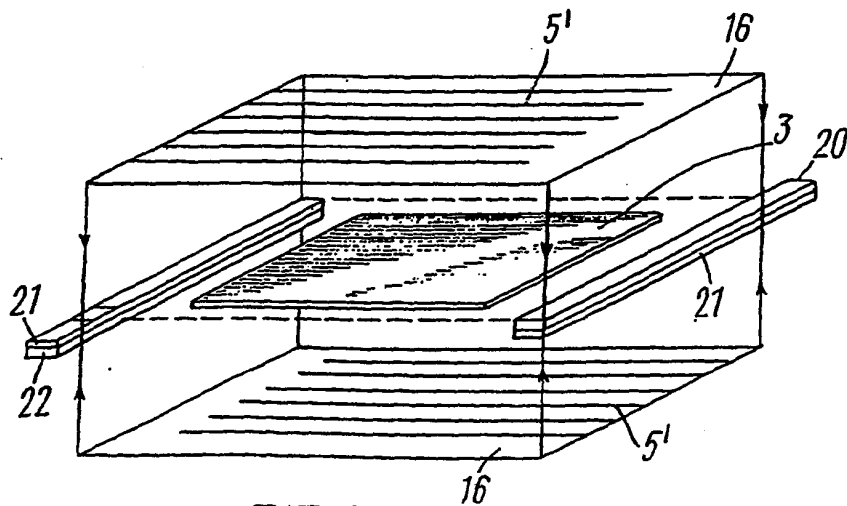
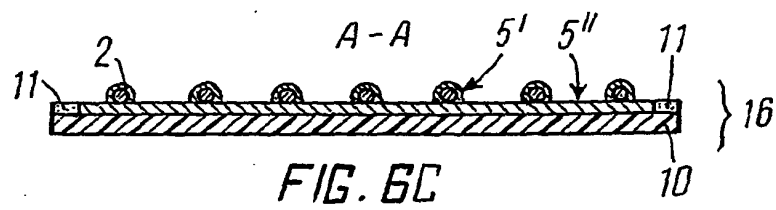
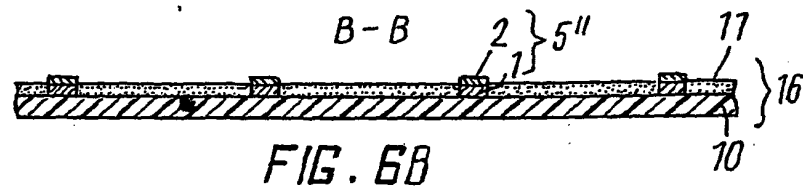
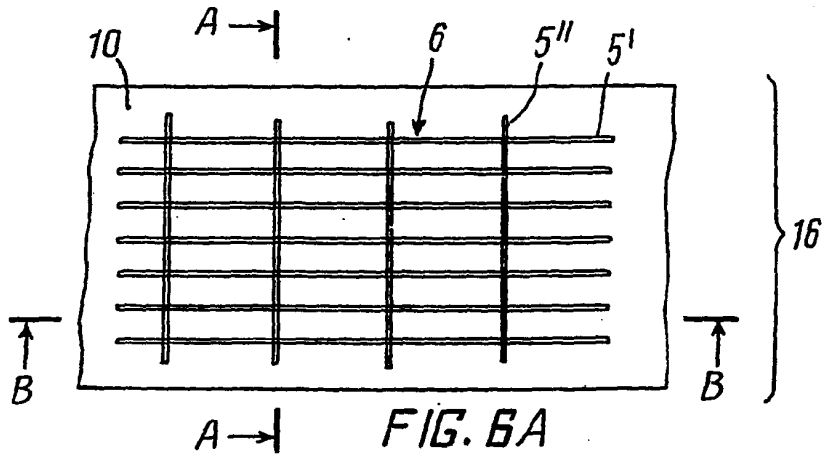


FIG. 4





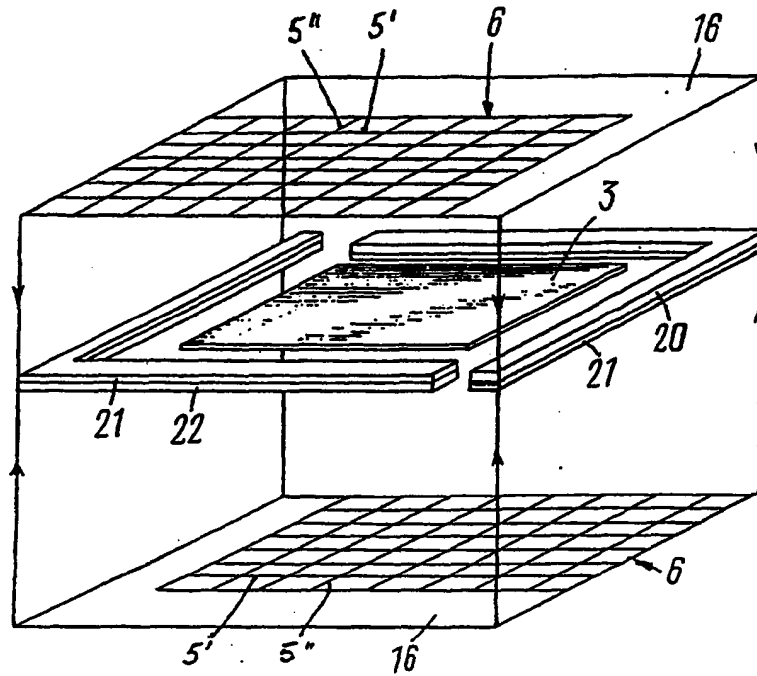


FIG. 8

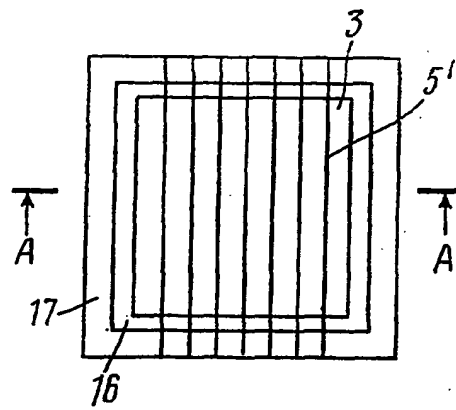


FIG. 9A

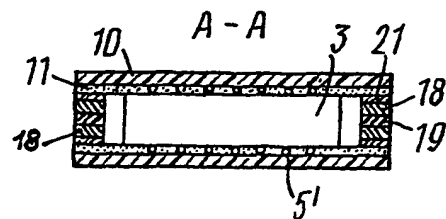


FIG. 9B

6/13

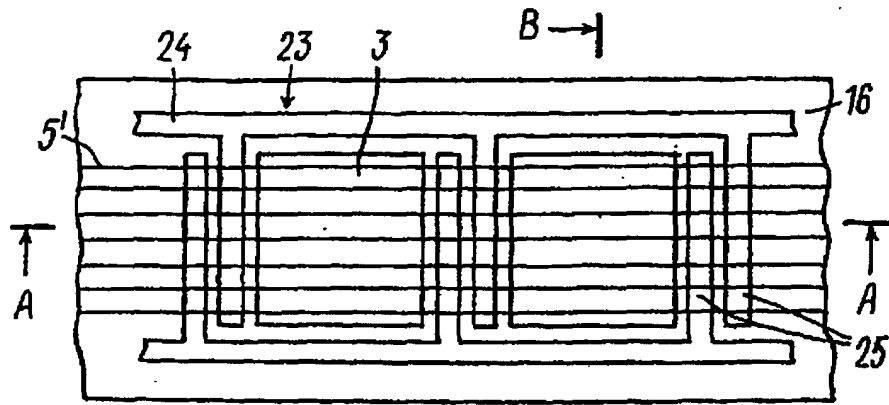


FIG. 10A B →

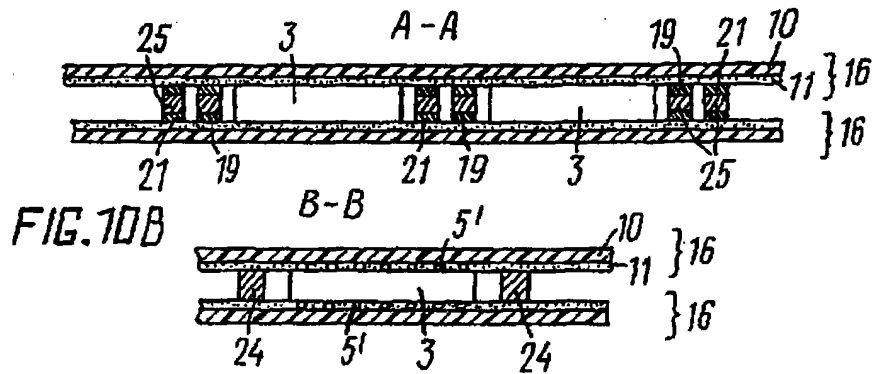


FIG. 10C

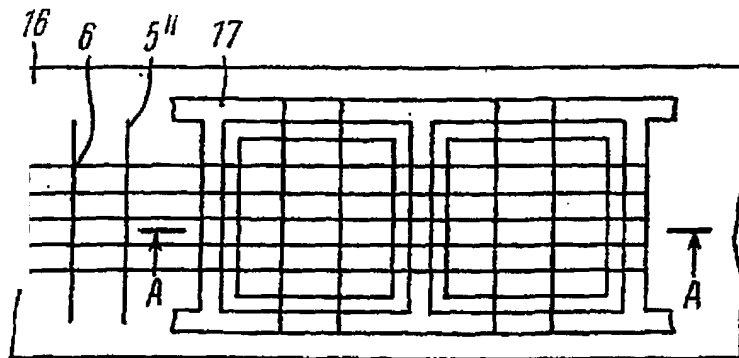


FIG. 11A

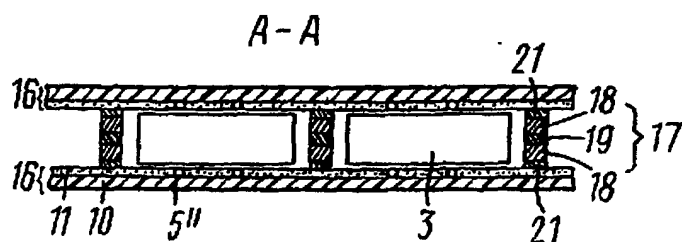


FIG. 11B

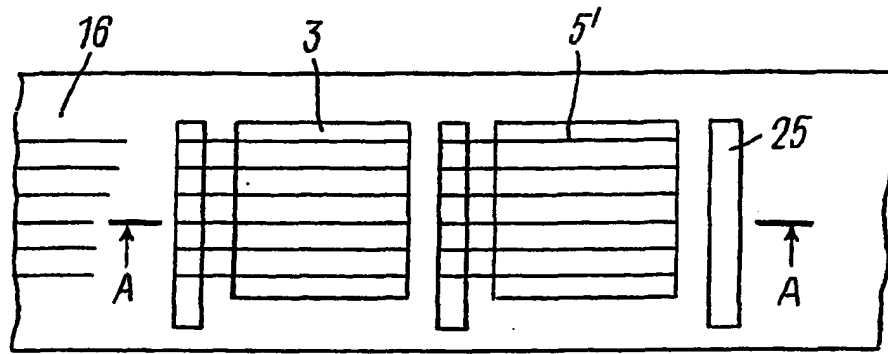


FIG. 12A

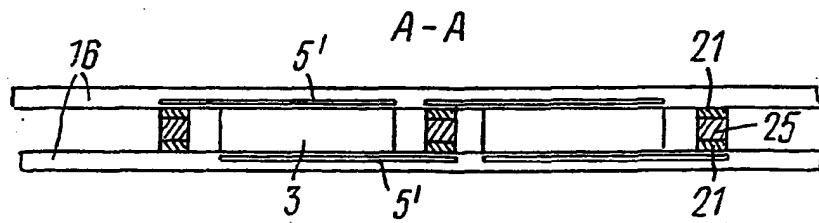


FIG. 12B

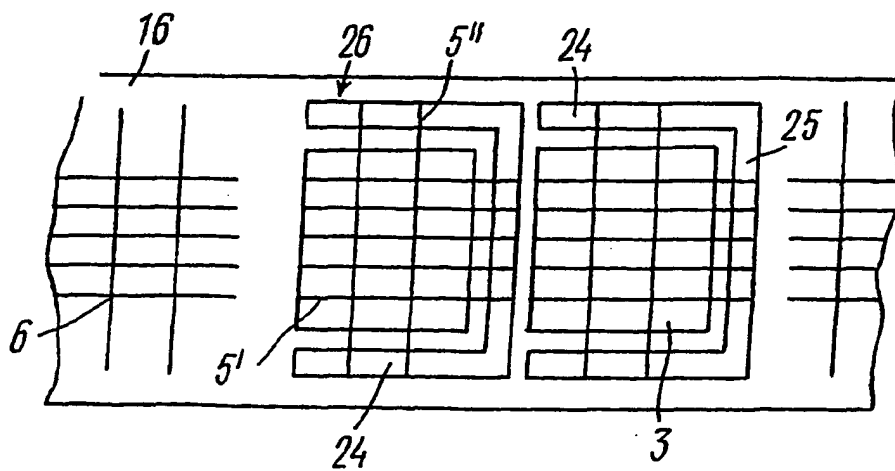


FIG. 13

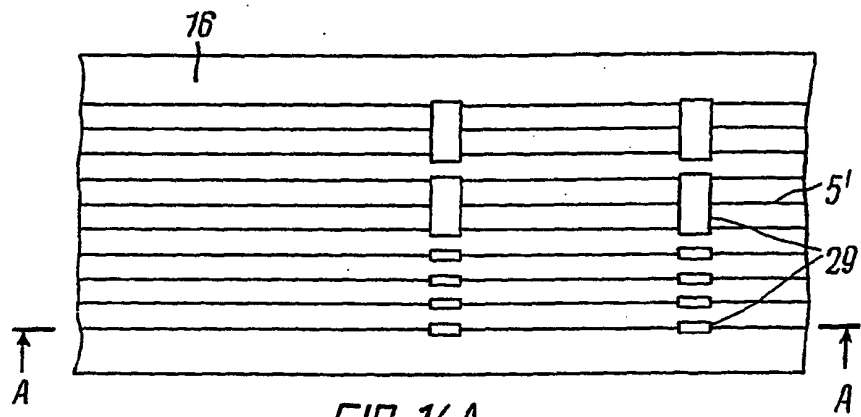


FIG. 14A

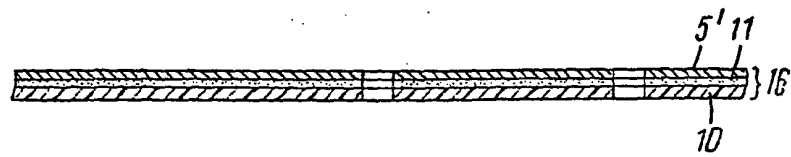


FIG. 14B

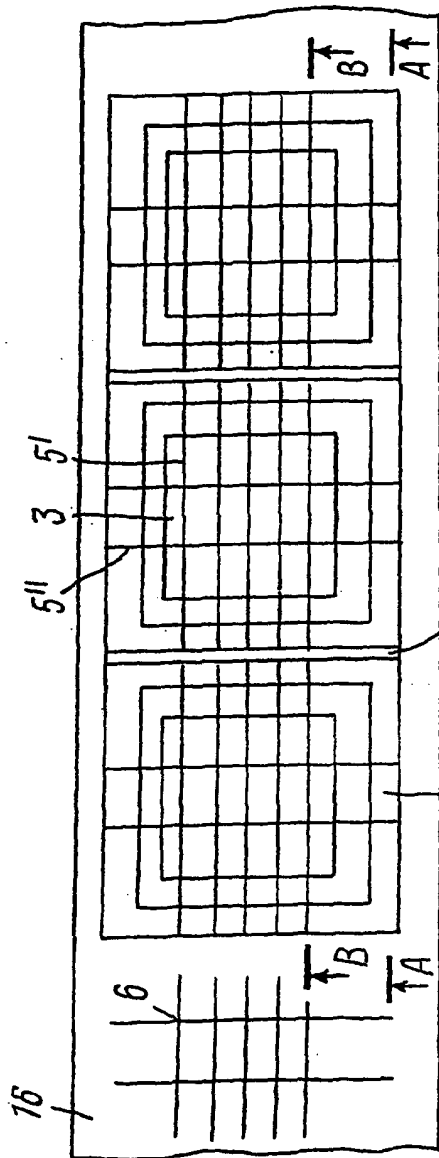


FIG. 15A

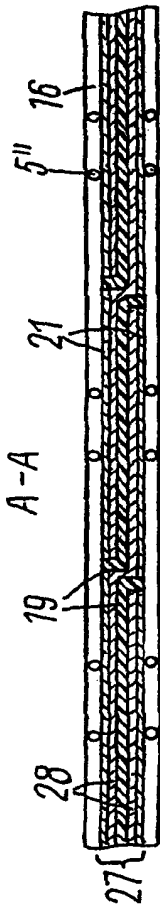


FIG. 15B

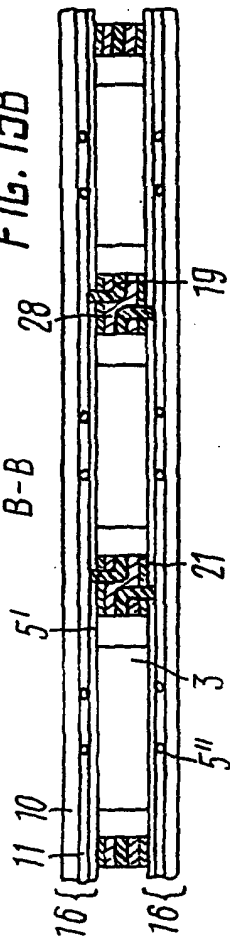
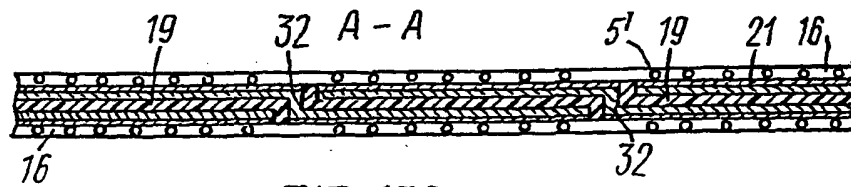
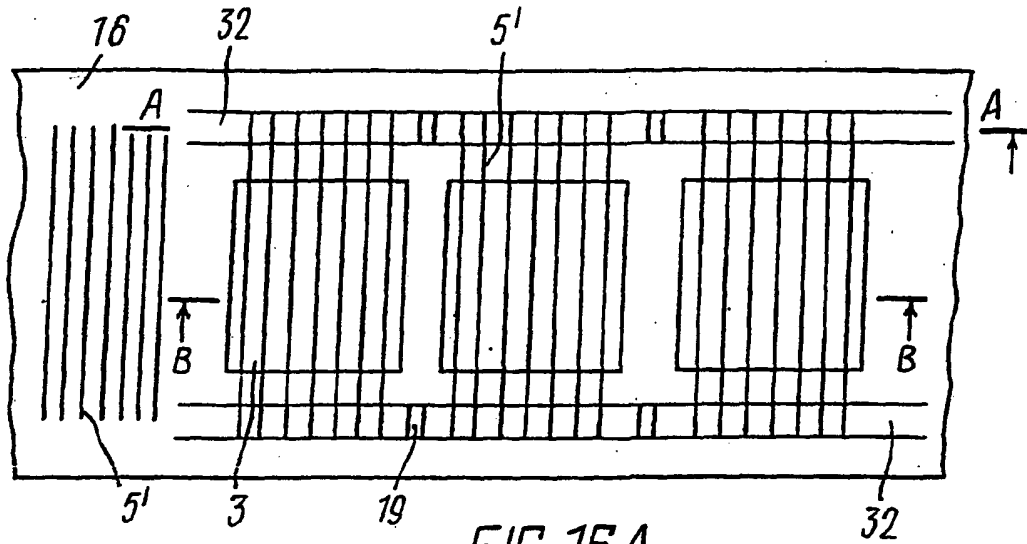


FIG. 15C



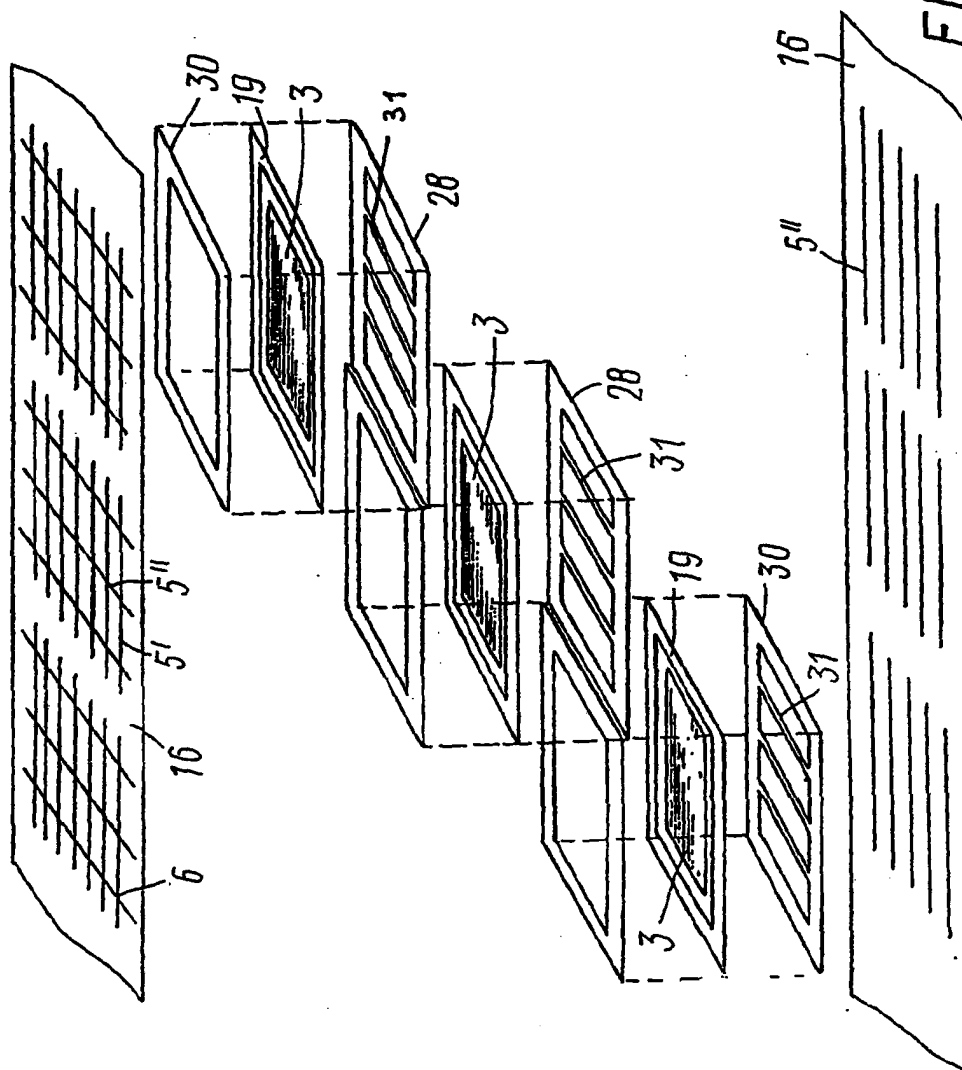
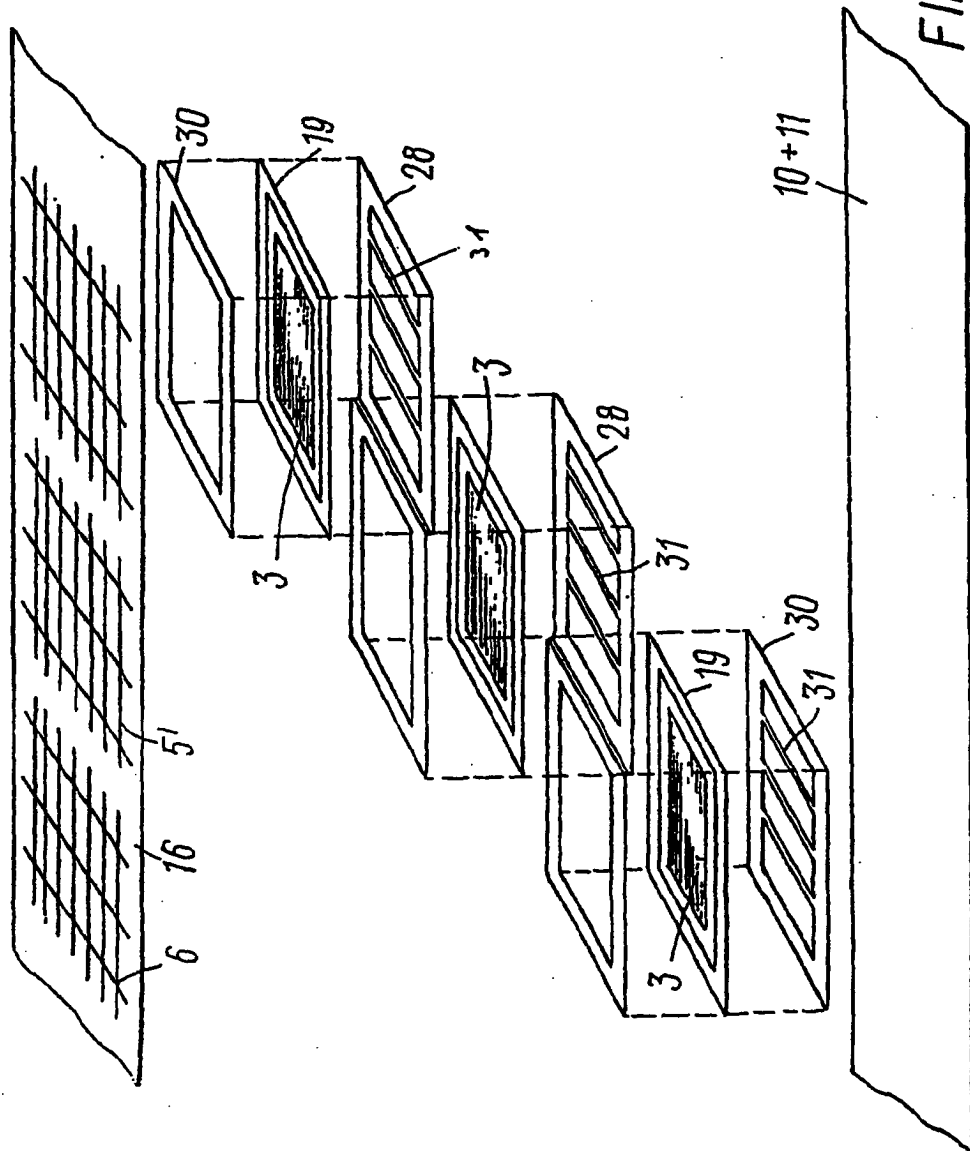


FIG. 17



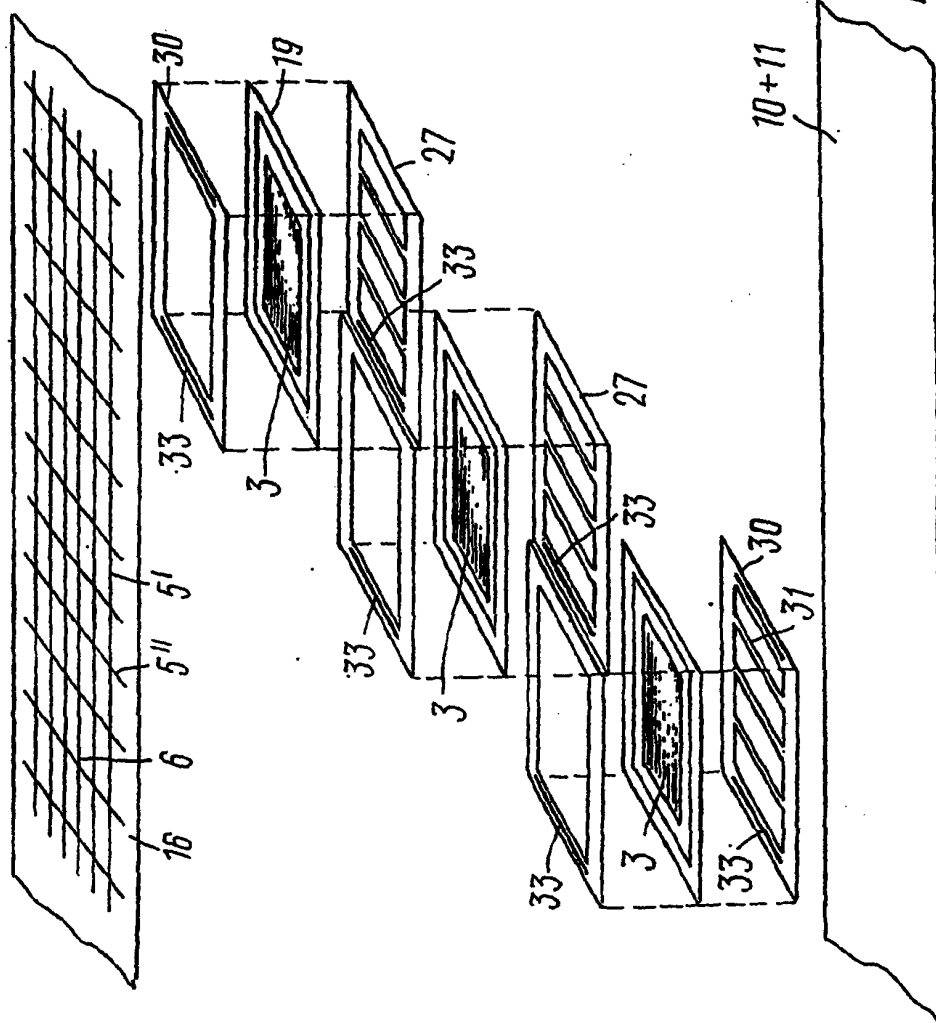


FIG. 19