



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 1014565-6 B1**



**(22) Data do Depósito: 05/05/2010**

**(45) Data de Concessão: 29/12/2020**

**(54) Título:** MÉTODO PARA PROJETAR UM CABO DE COMUNICAÇÃO, E, CABO DE COMUNICAÇÃO

**(51) Int.Cl.:** H01B 11/10.

**(30) Prioridade Unionista:** 04/05/2010 US 12/773,551; 06/05/2009 US 61/175,968; 29/07/2009 US 61/229,640.

**(73) Titular(es):** PANDUIT CORP..

**(72) Inventor(es):** RONALD A. NORDIN; MASUD BOLOURI-SARANSAR; TIMOTHY J. HOUGHTON, II; STEVEN C. WEIRATHER; HECTOR J. HOFFMAISTER.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2010033739 de 05/05/2010

**(87) Publicação PCT:** WO 2010/129680 de 11/11/2010

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 04/11/2011

**(57) Resumo:** CABO, E, MÉTODO PARA DIMENSIONAR UM COMPRIMENTO DE UM SEGMENTO CONDUTIVO. É provido um cabo de comunicação com uma pluralidade de 5 pares torcidos de condutores e uma fita matriz tendo segmentos condutivos separados por fendas. As dimensões dos segmentos condutivos são selecionadas para reduzir o acoplamento indesejável de sinais entre cabos adjacentes. Uma camada isolante pode ser provida entre os pares torcidos de condutores e a fita matriz. Em algumas formas de realização, a camada isolante é uma película em relevo ou perfurada. O uso de uma película em relevo ou perfurada diminui a constante dielétrica da camada isolante.

## MÉTODO PARA PROJETAR UM CABO DE COMUNICAÇÃO, E, CABO DE COMUNICAÇÃO

### CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção refere-se a cabos de comunicação e, mais particularmente, a métodos e aparelho para aprimorar as características elétricas de tais cabos.

### FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[0002] À medida que as redes tornam-se mais complexas e têm necessidade de cabeamento de banda-larga mais elevado, a capacidade de satisfazer especificações elétricas prescritas, tais como aquelas relacionadas com diafonia de cabo-para-cabo (“diafonia estranha”), diafonia próxima (PRÓXIMA) entre pares de fio dentro de um cabo e atenuação de sinal de dados, torna-se crescentemente importante prover um sistema de comunicação robusto e confiável.

[0003] Muitos vendedores de cabos de comunicação utilizam fendas ou espaçamento de ar entre cabos para atender às exigências de desempenho. Outra solução envolve o uso de uma fita matriz enrolada em torno dos pares de fio de um cabo de par torcido não blindado (UTP). O Pedido de Patente U.S. No. 12/399.331, intitulado “Communication Cable with Improved Crosstalk Attenuation”; e também a Publicação Internacional No. WO 2008/157175, intitulada “Communication Channels with Crosstalk-Mitigating Material”, cedidos a Panduit Corp, descreve uma tal solução e são por este meio incorporados por referência aqui em sua totalidade. A solução de fita matriz tem tido sucesso na atenuação da diafonia; entretanto, a melhoria das características elétricas adicionais, tais como reduzida atenuação de sinal de dados, ressonância de diafonia estranha controlada, compatibilidade eletromagnética (EMC) e/ou evitação de acoplamento de modo diferencial coerente entre cabos, é desejável.

### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0004] Para fins de facilitar um entendimento da invenção, os desenhos

acompanhantes e descrição ilustram suas formas de realização, de cuja invenção a estrutura, construção e operação e muitas vantagens relacionadas podem ser prontamente entendidas e apreciadas.

[0005] A Fig. 1 é uma vista esquemática de uma forma de realização de um sistema de comunicação incluindo múltiplos cabos de comunicação, de acordo com a presente invenção;

A Fig. 2 é uma vista em seção transversal de um dos cabos de comunicação, tomada ao longo da linha de seção 2 – 2 da Fig. 1;

A Fig. 3 é uma vista em planta fragmentar de uma forma de realização de uma fita de matriz de acordo com a presente invenção e usada nos cabos das Figs. 1 e 2;

A Fig. 4 é uma vista em seção transversal da fita matriz da Fig. 3, tomada ao longo da seção 4 – 4 da Fig. 3;

A Fig. 5 é uma vista em seção transversal longitudinal de modelagem de capacidade parasítica de dois cabos da arte anterior;

A Fig. 6 é uma vista em seção transversal longitudinal da modelagem de capacidade parasítica de dois cabos de acordo com uma forma de realização da presente invenção;

A Fig. 7 é uma vista em seção transversal longitudinal de uma modelagem indutiva parasítica de dois cabos da arte anterior;

A Fig. 8 é uma vista em seção transversal longitudinal de uma modelagem indutiva parasítica de dois cabos de acordo com uma forma de realização da presente invenção;

A Fig. 9 é uma vista em perspectiva de uma forma de realização do cabo da Fig. 1, ilustrando a natureza espiralante da instalação da fita matriz dentro do cabo;

A Fig. 10 é uma vista em planta fragmentar de outra forma de realização de uma fita matriz de acordo com a presente invenção;

A Fig. 11 é uma vista em seção transversal da fita matriz da

Fig. 10, tomada ao longo da linha 11 – 11 da Fig. 10;

A Fig. 12 é uma vista em seção transversal de um cabo 10 Gb/s Ethernet U/UTP Cat 6a, em que uma fita matriz de 2-tijolos, de duplo lado é empregada de acordo com uma forma de realização da presente invenção;

A Fig. 13 é uma vista em seção transversal de um cabo 10 Gb/s Ethernet U/UTP Cat 6a, em que uma fita matriz de 3-tijolos, duplo lado é empregada de acordo com uma forma de realização da presente invenção;

A Fig. 14 é uma fita matriz de 3-tijolos, duplo lado, acordo com uma forma de realização da presente invenção;

A Fig. 15 é uma vista em seção transversal de um cabo 10 Gb/s Ethernet U/UTP Cat 6a, em que uma fita matriz de 3-tijolos, de duplo lado é empregada acordo com uma forma de realização da presente invenção;

A Fig. 16 é uma vista em seção transversal de um cabo 10 Gb/s Ethernet U/UTP Cat 6a, em que uma fita matriz de 4-tijolos, duplo lado é empregada acordo com uma forma de realização da presente invenção;

A Fig. 17A-C são diagramas conceituais ilustrando perspectivas equivalentes de formatos metálicos (isto é, tijolos ou segmentos condutivos) de uma fita matriz em relação a pares de fio torcidos sobrepostos pelos formatos metálicos;

A Fig. 18 é um gráfico mostrando a especificação NEXT estranha de soma de potência (PSANEXT) e nível de resposta de cabo para uma construção de cabo empregando uma fita matriz tendo uma periodicidade de formato metálico específico, de modo que exista um elevado nível de acoplamento de modo diferencial próximo de 440 MHz entre dois cabos similarmente construídos;

As Figuras 19A-D são diagramas conceituais ilustrando mecanismos de acoplamento de diafonia estranha de modo diferencial e modo comum para cabos U/UTP com e sem fita matriz;

As Figuras 20A-D são diagramas conceituais ilustrando mecanismos de acoplamento de diafonia estranha de modo diferencial e modo comum para cabos U/UTP com e sem fita matriz;

As Figuras 20A-D são diagramas conceituais ilustrando mecanismos de acoplamento de diafonia estranha modo diferencial e modo comum para cabos U/UTP com fita matriz;

A Fig. 21A é um diagrama conceitual ilustrando extensão de coerência em função de periodicidade de formato metálico e periodicidade de par de fio torcido;

A Fig. 21B é um digrama conceitual ilustrando acoplamento capacitivo entre tijolos em dois cabos vizinhos;

As Figs. 22A-B são diagramas conceituais ilustrando a carga relativa em um tijolo quando um par torcido torce sob o tijolo, mostrados como seções transversais sucessivas progredindo longitudinalmente ao longo de um cabo;

As Figs. 23A-D são diagramas de vista lateral conceitual ilustrando a carga relativa em um tijolo, quando o comprimento do tijolo muda com respeito a camada de par torcido;

A Fig. 24A é um gráfico ilustrando as frequências em que o acoplamento de modo diferencial coerente ocorre para diferentes múltiplos do deslocamento entre a periodicidade de fita matriz e a camada de par torcido;

As Figs. 24B-D são diagramas conceituais ilustrando dependência de comprimento de coerência em um deslocamento entre periodicidade de fita matriz e camada de par torcido;

A Fig. 25A é um diagrama listando comprimentos de camada torcida “manter fora” para uma dada periodicidade de formatos metálicos;

A Fig. 25B é um diagrama de um conjunto de pares torcidos exemplo que se conforma com as diretrizes de projeto mostradas na Fig. 25A;

As Figs. 26A-B são diagramas esquemáticos ilustrando

variação posicional sob um tijolo para um padrão de tijolo retangular e um padrão de tijolo paralelogramo não-retangular;

A Fig. 27 é um diagrama esquemático ilustrando um padrão de tijolos paralelogramo alinhados com os respectivos pares;

A Fig. 28A-C são diagramas conceituais ilustrando variação de carga que pode ocorrer se a mudança de posição de um elemento condutivo, relativa à camada de par de fio, for da ordem de mais ou menos 10% do comprimento de camada de par de fio;

A Fig. 29A é um diagrama em perspectiva de uma fita matriz de tijolo-retangular enrolada em torno de um núcleo e barreira de cabo;

A Fig. 29B é um diagrama conceitual ilustrando capacidade sobreposta enrolada-espiral e capacidade sobreposta para uma fita matriz de tijolo retangular enrolada em torno de um núcleo e barreira de cabo;

A Fig. 29C é um diagrama de circuito equivalente da configuração da Fig. 29B;

A Fig. 30A é um diagrama em perspectiva de uma fita matriz de tijolo-retangular enrolada em torno de um núcleo e barreira de cabo;

A Fig. 30B é um diagrama conceitual ilustrando capacidade sobreposta enrolada-espiral e capacidade sobreposta para uma fita matriz de tijolo-paralelogramo não regular enrolada em torno de um núcleo e barreira de cabo;

A Fig. 30C é um diagrama de circuito equivalente da configuração da Fig. 30B;

A Fig. 31 é um diagrama descrevendo os espectros de atenuação de um cabo U/UTP com e sem fita matriz em relação à especificação T1A568 para atenuação, respectivamente;

As Figs. 32A-B são diagramas conceituais ilustrando campos magnético circundando cabos U/UTP sem e com fita matriz, respectivamente;

A Fig. 33 é uma vista em seção transversal de um cabo

incorporando uma película em relevo como uma camada isolante;

A Fig. 34 é uma vista em planta de uma película em relevo;

As Figs. 35(a) e (b) mostram vistas laterais da construção de uma camada de barreira perfurada;

A Fig. 36 mostra um dispositivo para manufaturar uma camada de barreira perfurada;

A Fig. 37 é uma vista em perspectiva de uma camada de barreira perfurada;

A Fig. 38 é uma vista em perspectiva de uma camada de barreira perfurada; e

A Fig. 39 é uma vista em seção transversal de um cabo tendo uma camada de barreira perfurada.

#### **DESCRIÇÃO DETALHADA DAS FORMAS DE REALIZAÇÃO PRESENTEMENTE PREFERIDAS**

[0006] Com referência agora aos desenhos e, mais particularmente, à Fig. 1, é mostrado um sistema de comunicação 20, que inclui pelo menos um cabo de comunicação 22, 23 conectado ao equipamento 24. O Equipamento 24 é ilustrado como um painel de embutimento na Fig. 1, porém o equipamento pode ser equipamento passivo ou equipamento ativo. Exemplos de equipamento passivo podem ser, mas não são limitados a painéis de embutimento modular, painéis de embutimento de perfuração descendente, painéis de embutimento acopladores, camisas de parede etc. Exemplos de equipamento ativo podem ser mas não limitados a comutadores Ethernet, roteadores, servidores, sistemas de controle de camada física e equipamento energização-Ethernet, como podem ser encontrados em centros de dados/salas de telecomunicações; dispositivos de segurança (câmeras e outros sensores etc.) e equipamento de acesso a porta; e telefones, computadores, máquinas de fax, impressoras e outros periféricos que podem ser encontrados em áreas de estação de trabalho. Os sistemas de comunicação 20 podem ainda incluir cabines, prateleiras, sistemas de controle de cabo e de

roteamento aéreo, por exemplo.

[0007] O cabo de comunicação 22, 23 pode ser na forma de um cabo horizontal de par torcido não-blindado (UTP) 22 e/ou como um cabo embutido 23 e, mais particularmente, um cabo Categoria 6A, que possa operar a 500 MHz e 10 Gb/s, como é mostrado mais particularmente na Fig. 2 e que é descrito mais detalhadamente abaixo. Entretanto, a presente invenção pode ser aplicada a e/ou implementada em uma variedade de cabos de comunicação, como já foi descrito, bem como outros tipos de cabos. Os cabos 22, 23 podem ser terminados diretamente dentro do equipamento 24 ou, alternativamente, pode ser terminado em uma variedade de plugues 25 ou módulos de tomada 27 (tais como tipo RJ45), cassetes de modulo de tomada, conectores Infiniband, RJ21 e muitos outros tipos de conectores ou suas combinações. Além disso, os cabos 22, 23 podem ser processados em tubos, ou feixes, de cabos e, adicionalmente, podem ser processados em tubos predeterminados.

[0008] O cabo de comunicação 22, 23 pode ser usado em uma variedade de aplicações de cabeamento estruturado, incluindo cordas embutidas, cordas zonais, cabeamento principal e cabeamento horizontal, embora a presente invenção não seja limitada a tais aplicações. Em geral, a presente invenção pode ser usada em telecomunicações militares, industriais, residenciais, computador, comunicações de dados e outras aplicações de cabeamento.

[0009] Com referência mais particularmente à Fig. 2, nela é mostrada uma seção transversal transversa do cabo 22, 23. O cabo 22, 23 inclui um núcleo de cabo 29 de quatro pares de fio condutivos torcidos 26, que são tipicamente separados com uma membrana-cruzada 28. Uma camada isolante interna 30 (p.ex., uma fita isolante plástica ou uma camada isolante extrusada, por exemplo, um material camisa isolante interna com a espessura de 10 mil) circunda os pares de fio condutivos 26 e a membrana-transversal 28. Um

enrolamento da fita matriz 32 (também conhecido como “fita barreira”) circunda a camada isolante interna 30. A fita matriz 32 pode ser helicoidalmente enrolada em torno da camada isolante 30. O cabo 22, 23 também pode incluir uma camisa isolante externa 33. A fita matriz 32 é mostrada em uma versão condensada para simplicidade na Fig. 2, ilustrando somente um substrato isolante 42 e segmentos condutivos 34 e 38.

[00010] Com referência também às Figs. 3 e 4 e como é discutido em mais detalhes abaixo, a fita matriz 32 inclui uma primeira camada de barreira 35 (mostrada na Fig. 2 como uma camada de barreira interna) compreendendo segmentos condutivos 34 separados por fendas 36; uma segunda camada de barreira 37 (mostrada na Fig. 2 como uma camada de barreira externa) compreendendo segmentos condutivos 38 separados por fendas 40 no material condutivo de segmentos 38; e um substrato isolante 42 separando segmentos condutivos 34 e fendas 36 da primeira camada condutiva de segmentos condutivos 38 e fendas 40 da segunda camada condutiva. As primeira e segunda camadas barreira e, mais particularmente, os segmentos condutivos 34 e segmentos condutivos 38, são escalonados dentro do cabo, de modo que as fendas 40 da camada de barreira externa alinham-se com os segmentos condutivos 34 da camada condutiva interna. A fita matriz 32 pode ser helicoidal ou espiralmente enrolada em torno da camada isolante interna 30. Alternativamente, a fita matriz pode ser aplicada em torno da camada isolante em uma maneira não-helicoidal (p. ex., estilo cigarro ou longitudinal).

[00011] A camisa isolante externa 33 pode ter a espessura de 15 – 16 mil (entretanto, outras espessuras são possíveis). O diâmetro total do cabo 22 pode ser de 300 mils, por exemplo; entretanto, outras espessuras são possíveis, tais como na faixa de 270 – 305 mils ou outras espessuras.

[00012] A Fig. 3 é uma vista em planta da fita matriz 32 ilustrando os segmentos condutivos padronizados em um substrato isolante em que duas

camadas barreira 35 e 37 de material condutivo descontínuo são usadas. Os segmentos condutivos 34 e 38 são arranjados como um mosaico em uma série de figuras planas ao longo da direção tanto longitudinal como transversal de um substrato subjacente 42. Como descrito, o uso de múltiplas camadas barreira de segmentos condutivos padronizados facilita a aumentada atenuação de diafonia estranha, reduzindo efetivamente o acoplamento por um cabo 22, 23 a um cabo adjacente e provendo uma barreira para acoplagem por outros cabos. A natureza descontínua dos segmentos condutivos 34 e 38 reduz ou elimina a radiação das camadas barreira 35 e 37. Na forma de realização mostrada, um padrão metálico semelhante a grade de camada dupla é incorporado na fita matriz 32, que espiralmente envolve em torno dos pares de fio torcidos 26 do cabo exemplar de alto desempenho 10 Gb/s. O padrão pode ser escolhido de modo que segmentos condutivos de uma camada de barreira sobreponham-se às fendas 36, 40 da camada de barreira vizinha. Nas Figs. 3 e 4, por exemplo, as camadas barreira tanto de topo 35 como de base 37 têm segmentos condutivos que são arranjados em uma série de quadrados (com cantos redondos) aproximadamente 330 mil x 330 mil com um tamanho de vão de 60 mil 44 entre quadrados. De acordo com uma forma de realização, os cantos redondos são providos com um raio de aproximadamente 1/32" (0,08 mm).

[00013] Com referência à camada de barreira interna 35, o desempenho de qualquer camada única de material condutivo é dependente do tamanho do vão 44 do padrão descontínuo e do comprimento longitudinal 46 dos segmentos descontínuos e pode ser de pelo menos um tanto dependente das larguras transversais 48 dos segmentos condutivos. Em geral, quanto menor o tamanho do vão 48 e mais longo o comprimento longitudinal 46, melhor a atenuação de diafonia de cabo-para-cabo será. Entretanto, se o comprimento do padrão longitudinal 46 for demasiado longo, as camadas de material condutivo descontínuo irradiarão e serão suscetíveis de energia

eletromagnética na faixa de frequência de relevância. Uma solução é projetar o comprimento do padrão longitudinal 46, de modo que seja ligeiramente maior do que a camada de par mais longa dos pares de fio condutivos torcidos dentro do cabo circundado, porém menor do que um quarto do comprimento de onda do sinal de mais alta frequência transmitido através dos pares de fio. A camada de par é igual ao comprimento de uma torção completa de um par de fio torcido.

[00014] Comprimentos de torção típicos (isto é, camadas de par) para cabo de alto desempenho (p. ex., 10 Gb/s) são na faixa de 0,8 cm a 13 cm. Em consequência os comprimentos de segmento condutivo são tipicamente dentro da faixa de aproximadamente 1,3 cm a aproximadamente 10 cm para cabos adaptados para uso em uma frequência de 500 MHz. Em mais elevadas ou mais baixas frequências, os comprimentos variarão para menos ou para mais, respectivamente.

[00015] Além disso, para um sinal tendo uma frequência de 500 MHz, o comprimento de onda será de aproximadamente 40 cm quando a velocidade de propagação for de 20 cm/ns. Neste comprimento de onda, os comprimentos dos segmentos condutivos das camadas barreira devem ser menores do que 10 cm (isto é, um quarto de um comprimento de onda) para evitar que os segmentos condutivos irradiem ou sejam susceptíveis a energia eletromagnética.

[00016] É também desejável que as larguras transversais 48 dos segmentos condutivos “cubram” os pares de fio torcidos quando eles torcem no núcleo de cabo. Em outras palavras, é desejável que as larguras transversais 48 dos segmentos condutivos sejam bastante grandes para sobrepor-se a um a um par torcido em uma direção radial para fora do centro do cabo. Genericamente, quanto mais largas as larguras transversais 48, melhor é a atenuação da diafonia cabo-para-cabo. É ainda desejável que a fita matriz 32 seja helicoidalmente enrolada em torno do núcleo de cabo a

aproximadamente na mesma taxa que a taxa torcida do cone de cabo. Para cabo de elevado desempenho (p. ex., 10 Gb/s), camadas de cordão de cabo típicas (isto é, a taxa de torção do núcleo de cabo) são na faixa de aproximadamente 6 cm a aproximadamente 12 cm. Prefere-se que as fitas matriz de acordo com a presente invenção sejam enroladas na mesma taxa que a camada de cordão de cabo (isto é um enrolamento completo na faixa de aproximadamente 6 cm a aproximadamente 12 cm). Entretanto, a presente invenção não é limitada a esta faixa de comprimentos de enrolamento e comprimentos de enrolamento maiores ou menores podem ser usados.

[00017] Uma aplicação de elevado desempenho de uma fita matriz de segmentos condutivos descontínuos é a utilização de uma ou mais camadas barreira condutivas para aumentar a atenuação de diafonia cabo-para-cabo. Para barreiras de múltiplas camadas, camadas barreira são separadas por um substrato, de modo que as camadas não fiquem em contato elétrico direto entre si. Embora duas camadas barreira 35 e 37 sejam ilustradas, a presente invenção pode incluir uma única camada de barreira, ou três ou mais camadas barreira.

[00018] A Fig. 4 ilustra uma vista em seção transversal de fita matriz 32 em mais detalhes, quando empregada com duas camadas barreira 35 e 37. Cada camada de barreira inclui um substrato 50 e segmentos condutivos 34 ou 38. O substrato 50 é um material isolante e pode ser aproximadamente de 0,7 mils de espessura, por exemplo. A camada de segmentos condutivos contém figuras planas, por exemplo, quadrados com cantos arredondados, de alumínio tendo uma espessura de aproximadamente 0,35 mils. De acordo com outras formas de realização da presente invenção, os segmentos condutivos podem ser feitos de diferentes formatos, tais como polígonos regulares ou irregulares, outros formatos irregulares, formatos fechados curvados, regiões isoladas formadas por fissuras de material condutivo, e/ou combinações dos acima. Outros materiais condutivos, tais como cobre, ouro, ou níquel, podem também ser usados para os segmentos condutivos. Materiais semicondutivos podem ser usados naquelas áreas também.

Exemplos do material do substrato isolante incluem poliéster, polipropileno, polietileno, poliimida, e outros materiais.

[00019] Os segmentos condutivos 34 e 38 são fixados a um substrato isolante comum 42, via camadas de cola spray 52. As camadas de cola spray 52 podem ser de 0,5 mils de espessura, e a camada comum de substrato isolante 42 pode ser de 1,5 mil de espessura, por exemplo. Dadas as espessuras exemplares ilustradas para as camadas, a espessura total da fita matriz 32 da Fig. 4 é de aproximadamente 4,6 mils. É para ser compreendido que diferentes espessuras de material podem ser empregadas para as diferentes camadas. De acordo com algumas formas de realização, é desejável manter uma grande distância entre as duas camadas de segmentos condutivos 34 e 38, a fim de reduzir a capacidade entre estas camadas.

[00020] Quando usando múltiplas camadas de material condutivo descontínuo como material barreira, a cobertura do vão entre camadas ajuda na diminuição da diafonia de cabo-para-cabo. Isto pode ser melhor compreendido examinando-se o acoplamento capacitivo e indutivo entre os cabos.

[00021] A Fig. 5 ilustra um modelo de acoplamento capacitivo parasita de dois cabos da arte anterior 401 e 402. Aqui, os dois cabos 401 e 402 empregam camisas isolantes 404, como um método de atenuação da diafonia de cabo-para-cabo entre os dois pares torcidos de fios 403 de norma 10 Gb/s comprimento torcido de ethernet 54 (camada par). O acoplamento capacitivo parasita resultante, como ilustrado por capacitores modelados 405-408, cria significativa diafonia de cabo-para-cabo. Embora os capacitores 405-408 sejam mostrados como elementos capacitivos aglomerados para fins de modelagem na Fig. 5, eles são de fato uma capacidade distribuída.

[00022] Ao contrário, a Fig. 6 ilustra o acoplamento capacitivo parasita de dois cabos 22a e 22b, usando-se a técnica de barreira da presente invenção. Embora o efeito total resulte de uma capacidade distribuída, modelos de capacitor de elemento aglomerado são mostrados para fins de ilustrar o

acoplamento capacitivo parasita distribuído. Os primeiro e segundo fios torcidos 101 e 102, do par torcido 26a, carregam um diferente sinal e podem ser modelados quando tendo polaridades opostas. O sinal de polaridade “positiva” carregado pelo primeiro fio 101 e o sinal de polaridade “negativa” carregado pelo segundo fio 102 acoplam-se aproximada e igualmente ao segmento condutivo 34a. Este acoplamento é modelado pelos capacitores 504 e 505. Como resultado, muito pouca carga líquida é capacitivamente acoplada pelo par torcido 26 no segmento condutivo 34a, resultando em um potencial insignificante. Qual pequena carga é acoplada no segmento condutivo 34a é ainda distribuído pelo acoplamento sobre os segmentos condutivos 38a e 38b da camada de barreira externa do cabo 22a, via capacitores modelados 506 e 507. Em razão dos segmentos condutivos 38a e 38b serem também capacitivamente acoplados com segmentos condutivos internos adicionais 34b e 34c, o grau de acoplamento capacitivo é ainda mitigado devido aos efeitos de cancelamento resultantes das polaridades opostas dos fios torcidos 101 e 102. Efeitos de cancelamento similares completam os capacitores modelados adicionais 508-513, de modo que o acoplamento capacitivo total entre o par torcido 26a, do primeiro cabo 22a, e o par torcido 26b, do segundo cabo 22b, seja substancialmente diminuído quando comparado a um sistema da arte anterior. O espaçamento das fendas 36 e 40 nas duas camadas barreira de uma fita matriz reduz muito a oportunidade para acoplamento capacitivo direto de cabo-para-cabo.

[00023] Retornando para modelagem indutiva, a Fig. 7 ilustra a modelagem indutiva distribuída parasita de dois cabos da arte anterior. Nas Figs. 7 e 8, correntes dos condutores produzem campos magnéticos e a indutância distribuída dos condutores resulta em acoplamento indutivo, mostrado pelas setas. Para fins de ilustração, regiões específicas dos campos magnéticos são indicadas por setas, porém os campos magnéticos são realmente distribuídos por todas as áreas ilustradas. Aqui, ambos os cabos 601 e 602 empregam somente camisas isolantes 604 como um método de atenuar

a diafonia de cabo-para-cabo entre os dois pares torcidos de fios 605 de norma 10 Gb/s comprimento torcido de ethernet 54 (camada par). O acoplamento indutivo parasita resultante modelado em 606-609 cria significativa diafonia de cabo-para-cabo.

[00024] A Fig. 8 ilustra a modelagem indutiva de dois cabos, usando-se as técnicas de barreira como proposto pela presente invenção. Os dois fios de cabos torcidos 22a e 22b, respectivamente, contêm os pares torcidos 26a e 26b e a mesma norma 10 Gb/s comprimento torcido de ethernet 56 (camada par) como modelo da arte anterior. Entretanto, os dois cabos 22a e 22b são protegidos com fita matriz 32. As camadas barreira 35 e 37 contêm fendas respectivas 36 e 40 sobre o material condutivo, para evitar que os segmentos de material condutivo 34 e 38 irradiiem. Os segmentos condutivos são escalonados dentro do cabo, de modo que mais fendas no material condutivo sejam alinhadas com segmentos condutivos da camada adjacente.

[00025] Campos magnéticos são induzidos no primeiro cabo 22a pelo par de fios torcido 20a. Entretanto, como os campos magnéticos passam através da camada de barreira interna da fita matriz 32, eles criam correntes parasitas nos segmentos condutivos, reduzindo a extensão do acoplamento magnético 710 e 711 e reduzindo a diafonia de cabo-para-cabo. Entretanto, a necessidade por fendas 36 e 40 nas camadas barreira 35 e 37 resulta em algumas partes dos campos magnéticos passando próximas a um limite ou vão. Correntes parasitas não são tão fortemente induzidas próximas a um limite ou vão resultando em menor redução do campo magnético passando nestas regiões.

[00026] Uma solução, novamente, é usar múltiplas camadas barreira 35 e 37, de modo que um vão de uma camada seja revestido por material condutivo da camada adjacente. O segundo cabo 22b ilustra uma camada de barreira externa (segmento particularmente condutivo 38) cobrindo um vão 36 na camada condutiva interna 35. Como discutido acima, os campos magnéticos passando através da camada condutiva 35 e 37 não perdem muita

energia, em razão das correntes parasitas não serem tão fortemente induzidas próximas aos limites ou fendas 36 e 40. Entretanto, garantindo-se que um vão 36, da camada condutiva interna 35, seja revestido por um segmento condutivo da camada de barreira externa, os campos magnéticos passando através da camada de barreira interna criam correntes parasitas mais fortes, enquanto passando através da camada de barreira externa, portanto, reduzindo sua energia e reduzindo a diafonia de cabo-para-cabo. Portanto, é desejável dispor as fendas 36 e 40 das camadas barreira para serem alinhados com segmentos condutivos de uma camada de barreira adjacente, entretanto, algumas fendas das camadas barreira podem permanecer sem revestimento, sem significativamente afetar a atenuação de diafonia de cabo-para-cabo da presente invenção.

[00027] A Fig. 9 ilustra como a fita matriz 32 é enrolada em espiral entre a camada isolante 30 e a camisa externa 33 do cabo 22. Alternativamente, a fita matriz pode ser aplicada em torno da camada isolante em um modo não helicoidal (por exemplo, estilo cigarro ou longitudinal). É desejável para o enrolamento helicoidal da fita matriz 32 ter uma taxa de enrolamento aproximadamente igual ao comprimento da camada de núcleo do cabo 22 (isto é, a taxa em que os pares torcidos 26 do cabo enrolam entre si). Entretanto, em algumas formas de realização, o enrolamento helicoidal da fita matriz 32 pode ter uma taxa de enrolamento maior do que ou menor do que o comprimento da camada de núcleo do cabo 22.

[00028] A Fig. 10 ilustra outra forma de realização de uma fita matriz 80 de acordo com a presente invenção. A fita matriz 80 é similar à fita matriz 32, mostrada e descrita acima, exceto que a fita matriz 80 é provida com segmentos condutivos retangulares superior e inferior 82 e 83. Os segmentos retangulares de cada camada são separados por fendas 84. Os segmentos condutivos retangulares 82 e 83 têm um comprimento longitudinal 86 e uma largura transversal 88. De acordo com uma forma de realização, o

comprimento longitudinal 86 de cada segmento condutivo retangular 82 é de aproximadamente 822 mils, e a largura transversal 88 é de aproximadamente de 332 mils. Nesta forma de realização, as fendas 84 são aproximadamente de 60 mils de largura. Uma vez que o formato e o tamanho do segmento condutivo podem ser variados, assim pode ser a largura do vão. Por exemplo, o vão pode ser de 55 mils ou outras larguras. Em geral, quanto mais elevada a relação dos comprimentos longitudinais dos segmentos condutivos com as larguras das fendas, melhor a atenuação de diafonia. Diferentes dimensões podem ser providas, entretanto, dependendo das características de desempenho desejadas do cabo. Os segmentos condutivos retangulares 82 são providos com cantos arredondados 90 e, na forma de realização ilustrada, os cantos arredondados 90 têm um raio de aproximadamente 1/32”.

[00029] É desejável que segmentos condutivos, de acordo com a presente invenção, sejam providos com cantos curvados, a fim de reduzir as chances de indesejáveis efeitos de campo, que poderiam surgir se cantos mais conformados fossem usados. De acordo com algumas formas de realização da presente invenção, cantos curvados tendo raios na faixa de 10 mils a cerca de 500 mils são preferíveis, embora raios maiores ou menores possam ser benéficos em certas formas de realização.

[00030] A Fig. 11 é uma vista em seção transversal da fita matriz 80, tomada ao longo da linha 11-11 da Fig. 10. A fita matriz 80 comprehende um substrato isolante 92 e camadas barreira superior e inferior 91 e 93, tendo segmentos condutivos retangulares 82 e 83. Os segmentos condutivos retangulares 82 e 83 são fixados ao substrato 92 por uma camada de cola spray 94 e são limitados por camadas de substrato externo 96. De acordo com uma forma de realização, o substrato isolante 92 tem uma espessura de cerca de 1,5 mils, as camadas de cola spray 94 têm espessuras de aproximadamente 0,5 mils, os segmentos condutivos 82 e 83 têm espessuras de cerca de 1 mil, e as camadas de substrato externo 96 têm espessuras de cerca de 1 mil. Outras

espessuras podem ser usadas para as camadas, dependendo da capacidade física e de desempenho desejadas da fita matriz 80.

### Redução de Diafonia Próxima Interna em um Cabo Utilizando Fita Matriz

[00031] Muitas das discussões acima focalizaram exclusivamente a diafonia de cabo-para-cabo estranha. Outra característica elétrica para ser considerada em um projeto de cabo é a diafonia próxima (NEXT) entre pares de fio, também conhecida como NEXT interna. O projeto de barreira entre os pares de fio e fita matriz, bem como o projeto padrão da própria fita matriz, podem ser escolhidos para reduzir a NEXT interna. A seguinte discussão descreve várias possíveis escolhas de projeto que pode ser utilizado para reduzir tal NEXT, enquanto ainda mantendo significativa atenuação de diafonia entre cabos.

[00032] NEXT interna é tipicamente controlada por dois parâmetros: (1) a camada de torção de cada par e (2) a distância entre dois pares (que é geralmente mantida pequena para minimizar o diâmetro do cabo). Quando a fita matriz (tal como a fita matriz 26) é introduzida em um cabo, um mecanismo de diafonia adicional é introduzido. Este mecanismo é o acoplamento capacitivo entre dois pares de fio através da fita matriz. Os parâmetros de controle para este acoplamento são (1) a distância entre os pares de fio e a fita matriz e (2) o padrão metálico da própria fita matriz.

[00033] A distância entre os pares de fio e a fita matriz controla o grau de acoplamento capacitivo que um par de fios tem com a fita matriz. Uma vez que a camada isolante interna (por exemplo, camada isolante interna 30 na Fig. 2) produz uma parte significativa desta distância, a impedância característica (ou perda de retorno) de um par tem um componente que é controlado pela separação da camada isolante interna e constante dielétrica da camada isolante interna. Um material preferido para usar a barreira é polipropileno ou polietileno espumado, em razão deles proverem uma

constante dielétrica de cerca de 1,7. Com um tal material, uma espessura de camada isolante interna de 10 mils provê uma distância de separação adequada. Mais genericamente, uma distância preferida (mils) para relação de constante dielétrica (ddr) para a camada isolante interna é maior do que em torno de 5,88 (isto é,  $ddr > \sim 5,88$ ). Relações mais elevadas ajudarão a reduzir mais a diafonia interna.

[00034] Além da distância entre os pares de fio e a fita matriz, outro parâmetro para controlar o acoplamento capacitivo entre dois pares através da fita matriz é o projeto da própria fita matriz. As Figs. 12-16 ilustram diferente acoplamento capacitivo de controle de projetos de fita matriz. Na seguinte discussão, os segmentos condutivos são referidos como “tijolos”. Isto somente para conveniência, e não é destinado a indicar que os segmentos condutivos precisam ser conformados em tijolo. Como previamente citado, muitos diferentes formatos podem ser usados sem fugir do escopo das formas de realização da presente invenção.

[00035] A Fig. 12 é uma vista em seção transversal de um cabo 10 Gb/s Ethernet U/UTP Cat 6a 1200, em que uma fita matriz de 2-tijolos, de duplo lado 80 (como a fita ilustrada nas Figs. 10 e 11) é empregada. Como pode ser facilmente visto com referência às Figs. 10 e 11, a fita matriz 80 é de duplo lado, com cada lado incluindo duas fileiras paralelas de segmentos condutivos retangulares ou tijolos 82 e 83, separados por um substrato isolante 92. O cabo ainda inclui quatro pares de fios 1202 – 1208 separados entre si por uma película transversal 1210. Uma barreira 1212 (camada isolante interna) circunda os pares de fios 1202 – 1208 e a película transversal 1210. Uma camisa isolante externa 1214 circunda a fita matriz 80, que é enrolada em espiral em torno da barreira 1212.

[00036] A configuração de 2-tijolos, de duplo lado, para a fita matriz 80, mostrada na Fig. 12, resulta nos acoplamentos capacitivos C1, C2, C3 e C4, bem como outros que não são mostrados para facilidade. C1 é o

acoplamento entre o primeiro par de fios 1202 e a fita matriz 80, C2 é o acoplamento entre o segundo par de fios 1204 e a fita matriz 80, C3 é o acoplamento entre o terceiro par de fios 1206 e a fita matriz 80, e C4 é o acoplamento entre o quarto par de fios 1208 e a fita matriz 80. Como pode ser visto, o acoplamento entre C1 e C2 é significativo, em razão de C1 e C2 compartilharem um tijolo comum 83a ou segmento condutivo. Similarmente, uma vez que C3 e C4 compartilham o tijolo comum 83b, o acoplamento entre C3 e C4 é significativo. Como resultado, a diafonia entre os primeiro e segundo pares 1202 e 1204 é significativa e a diafonia entre o terceiro e quarto pares 1206 e 1208 é significativa. Esta diafonia interna é indesejada, uma vez que degrada o desempenho do cabo 1200.

[00037] As Figs. 13-15 ilustram um cabo 10 Gb/s Ethernet U/UTP Cat 6a 1300, em que uma fita matriz de 2-tijolos de duplo lado 1302 (vide Fig. 14) é empregada. Cada lado da fita matriz de duplo lado 1302 inclui três fileiras paralelas de segmentos condutivos retangulares ou tijolos 1304 e 1306 separados por um substrato isolante 1308. Os tijolos superiores 1304 e tijolos inferiores 1306 substancialmente sobrepõem-se nas respectivas fendas 1310 e 1312, para atenuar a diafonia estranha entre os cabos e cabos vizinhos. Outras partes do cabo 1300 são muito similares ao cabo 1200 da Fig. 12, desse modo, igual numeração foi utilizada.

[00038] Igual a configuração de 2-tijolos de duplo lado para a fita matriz 80 mostrada na Fig. 12, a configuração de 2-tijolos de duplo lado para a fita matriz mostrada nas Figs. 13-15 resulta nos acoplamentos capacitivos C1, C2, C3 e C4, bem como outros que não são mostrados para facilidade. Entretanto, diferente da configuração de 2-tijolos, a configuração de 3 tijolos tem acoplamento mínimo entre C1 e C2, uma vez que C1 e C2 não compartilham um tijolo comum. Em vez disso, C1 é acoplado ao tijolo 1306 e C2 é acoplado ao tijolo 1306b. Assim, em razão dos tijolos 1306a e 1306b serem segmentos condutivos separados, a NEXT interna entre os primeiro e

segundo pares, 1202 e 1204, é mínima. Uma vez que C3 e C4 compartilham tijolo comum 1306, o acoplamento entre C3 e C4 é significativo. Como resultado, a NEXT interna entre os terceiros e quarto pares 1206 e 1208 é significativo. Assim, para o cabo de 3 tijolos de duplo lado 1300, enquanto NEXT interna é ainda significativa entre os pares 3 e 4, a NEXT interna para os pares 1 e 2 é melhorada através do cabo 1200 da Fig. 12.

[00039] A Fig. 16 é uma vista em seção transversal de um cabo 10 Gb/s Ethernet U/UTP Cat 6a 1600, em que uma fita matriz de 4-tijolos, de duplo lado, é empregada. Como pode ser visto, cada um dos acoplamentos C1-C4 é acoplado para separar os tijolos 1602-1608, de modo que haja mínimo acoplamento entre cada um de C1-C4. Portanto, a NEXT interna para pares vizinhos 1202-1206 é também mínima. Um perito poderia ver que quando o número de tijolos está aumentado, o acoplamento entre todos os pares de fios é reduzido. Entretanto, uma desvantagem para ter um grande número de tijolos é que um grande número correspondente de bordas de fendas e tijolo é aumentado. Este aumento na quantidade de bordas de fendas e tijolo reduz muito a atenuação de acoplamento indutivo entre cabos vizinhos e, assim, a atenuação de diafonia estranha é sacrificada.

[00040] Como foi mostrado acima, com referência às Figs. 12-16, o projeto da própria fita matriz é um parâmetro que pode ser usado para controlar o acoplamento capacitivo entre dois pares de fios através da fita matriz. Para equilibrar objetivos de competição de (1) atenuar diafonia estranha entre cabos vizinhos e (2) reduzir NEXT interna com um cabo, uma configuração preferida para a fita matriz é a configuração de 3-tijolos, de duplo lado, mostrada nas Figs. 13 e 14. Naturalmente, ambos índices (diafonia estranha e NEXT interna) melhorariam, se a espessura de camada isolante interna fosse aumentada ou se a DDR da camada isolante interna fosse substancialmente aumentada. Assim fazendo, entretanto, também aumentaria o diâmetro do cabo, o que é tipicamente indesejável.

## Evitação de Acoplamento de Modo Diferencial Coerente em um Cabo Utilizando Fita Motriz

[00041] Introduzir fita matriz em uma construção do cabo ajuda a satisfazer especificações de diafonia estranha (por exemplo, como definido por TIA 568C). A técnica de fita matriz (ao contrário das fendas ou espaçamento de ar entre os cabos) adicionalmente reduz o diâmetro do cabo (por exemplo, de 350 mils para, possivelmente, 280 mils ou menor). Esta redução de diâmetro é benéfica, quando se instalando cabo em uma instalação. Entretanto, dependendo do projeto particular da fita matriz, a diafonia estranha em certas frequências pode ser acentuada, devido ao elevado acoplamento de modo diferencial entre os cabos. Este acoplamento é referente ao acoplamento de modo diferencial, devido ao grau de coerência requerido entre o sinal de modo diferencial aplicado (residindo nos pares de fio torcidos) e a periodicidade da interação entre os formatos metálicos da fita matriz e o comprimento de camada dos pares de fios. A amplitude e largura de banda da resposta de acoplamento de modo diferencial coerente estão relacionadas com a precisão ou exatidão da periodicidade da fita matriz e os comprimentos da camada de par de fios torcidos. A largura de banda da resposta do pico amplia-se quando estes comprimentos variam. Este acoplamento de modo diferencial coerente pode tornar-se difícil para um cabo satisfazer as especificações de diafonia estranha, se certas precauções de projeto (fornecidas abaixo) não forem tomadas.

[00042] O acoplamento de modo diferencial coerente é principalmente um problema potencial em configurações em que comprimentos fixados de formatos metálicos são utilizados em um padrão periódico fixado. As formas de realização ilustradas nas Figs. 2-4, 6 e 8-16 são exemplos de tais configurações. Fitas matrizes empregando padrões aleatórios, ou pseudopadrões aleatórios de formatos metálicos, são menos susceptíveis ao acoplamento de modo diferencial coerente em razão do número de opções,

para comprimentos de camada de par de fios torcidos, ser aumentado. A verdadeira aleatoriedade é preferida, em razão da dependência, entre a camada de par de fios torcidos e a periodicidade de comprimento dos formatos metálicos, ser removida. Entretanto, processos de manufatura típicos com frequência são incapazes de obter verdadeiros padrões aleatórios ou mesmo significativos comprimentos de padrão pseudoaleatórios. Como resultado, fitas matrizes geralmente têm formatos metálicos de comprimento periódico fixado.

[00043] Com formatos metálicos de comprimento periódico fixado, o desafio torna-se o de sintonizar comprimentos de par de fios ao comprimento periódico fixado, a fim de evitar acoplamento de modo diferencial coerente nas frequências de interesse. As Figs. 17-28 e a discussão anexa descrevem o acoplamento de modo diferencial coerente (e geralmente acoplamento) e fornecem a base para o processo de sintonização de comprimentos de par de fios para o comprimento periódico fixado. Nos exemplos mostrados, o cabo é um cabo 10 Gb/s Ethernet U/UTP Cat 6a, em que uma fita matriz de 3 tijolos de duplo lado 1302 é empregada. Vide Figs. 13-15.

[00044] As Figs. 17A-C são diagramas conceituais ilustrando equivalentes perspectivas de formatos metálicos (isto é, tijolos ou segmentos condutivos) de uma fita motriz em relação aos pares de fios torcidos sobrepostos pelos formatos metálicos. Observa-se que estas perspectivas equivalentes não representam precisamente a construção física do cabo e sejam destinadas a ilustrar colocações relativas entre formatos metálicos e correspondentes pares de fios torcidos.

[00045] A Fig. 17A ilustra o caso em que a fita matriz é helicoidalmente enrolada em torno do cabo com a mesma camada de cordão de cabo que a experiência de pares de fios. Neste caso, a periodicidade dos formatos metálicos 1700 é igual para a periodicidade das dimensões (isto é, comprimento longitudinal e largura transversal) da própria fita.

[00046] A Fig. 17B ilustra o caso em que a fita matriz é enrolada em uma configuração longitudinal. Como mostrado aqui, a periodicidade dos formatos metálicos da fita 1700 é aproximadamente igual à diagonal dos formatos. Similarmente, a Fig. 17C ilustra um caso em que a periodicidade é mais complexa e, portanto, o cálculo para a frequência de acoplamento de modo diferencial coerente é mais complexo.

[00047] A Fig. 18 é um gráfico 1800 mostrando a especificação NEXT estranha de soma de potência (PSANEXT) 1802 e um nível de resposta de cabo 1804 para uma construção de cabo empregando uma fita matriz tendo uma periodicidade de formato metálico específico, de modo que exista um elevado nível de acoplamento de modo diferencial coerente 1806 próximo de 440 MHz entre dois cabos similarmente construídos; Este projeto de cabo particular ilustrado não atende a especificação que é requerida para aplicações U/UTP Cat 6A 10G Base-T. Observa-se que o desempenho de diafonia estranha externa do acoplamento de pico a 440 MHz satisfaz a especificação muito bem com significativa margem. Com uma modificação para o comprimento da periodicidade dos formatos metálicos e/ou uma mudança no comprimento das camadas de par de fios, como descrito abaixo e usado na presente invenção, o elevado grau de acoplamento mostrado no gráfico 1800 pode ser eliminado.

[00048] Há dois mecanismos de acoplamento fundamentais em que diafonia estranha pode ocorrer entre pares de fios torcidos em dois similarmente diferentes cabos construídos: um acoplamento radioativo eletromagnético e um mecanismo de acoplamento não radioativo baseado em acoplamento capacitivo e indutivo. Os mecanismos não-radioativos dominam quanto à diafonia estranha, principalmente devido a proximidade de cabos vizinhos e a faixa de frequência de interesse (por exemplo, 1 MHz a 500 MHz). A seguinte discussão é direcionada a estes mecanismos de acoplamento não-radioativo. Um entendimento destes mecanismos de

acoplamento ajuda na compreensão da natureza do acoplamento de modo diferencial coerente.

[00049] As Figuras 19A-D e 20A-D são diagramas conceituais ilustrando mecanismos de acoplamento de diafonia estranha de modo diferencial e modo comum para cabos U/UTP sem (Figs. 19A, C) e com (Figs. 19B, D e 20A-D) a incorporação de fita matriz. As figuras ilustram como a fita matriz (um ajuste periódico descontínuo de formato metálico) pode prover atenuação a estes mecanismos de acoplamento.

[00050] Nas Figs. 19A-D, as magnitudes dos acoplamentos são representadas pelo comprimento e nitidez das setas (em que um comprimento maior e/ou uma seta mais nítida iguala-se a uma magnitude mais elevada). O acoplamento DM domina sobre o acoplamento CM em um cabo U/UTP típico, em razão do sinal de propagação no par de fios ser DM e a conversão de DM em CM ser tão fraca (por exemplo, -40 dB).

[00051] A Fig. 19B mostra que o acoplamento DM (tanto elétrico como magnético) é muito reduzido (daquele mostrado na Fig. 19A), quando a fita matriz é incorporada dentro do cabo. Os mecanismos de atenuação responsáveis são descritos nas Figs. 20A e 20C. Similarmente, a Fig. 19D mostra que o acoplamento elétrico (capacitivo) CM é ligeiramente aumentado e o acoplamento magnético (indutivo) CM é ligeiramente reduzido. Os mecanismos de atenuação responsáveis são descritos nas Figs. 20B e 20D. As Figs. 20A-D não serão descritas em mais detalhes.

[00052] As Figs. 20A-D ilustram dois mecanismos de atenuação. As Figs. 20A e 20C ilustram acoplamento magnético e elétrico de modo diferencial, enquanto as Figs. 20B e 20D ilustram acoplamento magnético e elétrico de modo comum.

[00053] Para acoplamento magnético (indutivo) surgindo da corrente diferencial no par de fios 2000 (como mostrado na Fig. 20A) entre dois pares de fios torcidos 2000 e outro par de fios (não mostrado) em dois diferentes,

porém, similarmente cabos construídos, uma corrente parasita 2004 é criada onde o campo magnético 2006 passa através dos formatos metálicos 2008. Esta corrente parasita provê perda de força (em uma taxa da resistência multiplicada pelo quadrado da corrente) para o campo magnético 2006 e, portanto, reduz a diafonia estranha associada com o acoplamento magnético. A Fig. 20C mostra como a magnitude do campo elétrico é atenuada, devido a um sinal de modo diferencial no par de fios 2000. O formato metálico 2008 provê um potencial substancialmente igual através do comprimento do par de fios 2000 que o formato metálico 2008 reveste e, assim, provê um efeito de mediação sobre o comprimento da cobertura. O valor potencial igual tende para zero quando o comprimento coberto aproxima-se de um múltiplo de número inteiro de períodos de par de fios. Similarmente, o valor potencial igual tende a uma magnitude máxima quando o comprimento coberto aproxima-se de um múltiplo de número semi-inteiro de períodos de par de fios. Diminuindo-se o valor potencial igual, diminui-se o acoplamento de campo elétrico entre pares de fios de diferentes cabos.

[00054] Com respeito ao acoplamento de modo comum, as Figs. 19C e 19D, mostradas como acoplamento de campo magnético, são ligeiramente atenuadas e o acoplamento de campo elétrico é real e ligeiramente aumentado. A Fig. 20B ilustra que a magnitude do campo magnético 2012 é somente ligeiramente atenuada devido ao formato do campo magnético. Isto é somente em razão do componente de vetor normal do campo magnético 2012, com referência ao formato metálico 2008, produzir uma corrente parasita 2014. Uma vez que o componente normal é menor do que o correspondente componente normal em um sinal DM, este resulta em uma menor atenuação. O acoplamento de campo elétrico é realmente mais forte devido ao tamanho do formato metálico 2008 que está revestindo um comprimento do par de fios 2000 em uma magnitude de potencial comum. Aqui, os formatos metálicos estão essencialmente atuando como um “dispersor” físico, desse modo

provendo mais fácil acoplamento de cabo-para-cabo.

[00055] A descrição acima, dos mecanismos de acoplamento primário responsáveis por diafonia estranha, provê uma base para entendimento de que maneira o acoplamento de modo diferencial coerente pode ocorrer entre cabos de comunicação tendo fita matriz enrolada em espiral com formatos metálicos periódicos de comprimento fixado. As Figs. 21-25 são diagramas conceituais ilustrando ajustes em que o acoplamento de modo diferencial coerente pode ocorrer. Estas delineiam tijolos de referência (formatos metálicos) 2100 e pares torcidos 2102 e 2104.

[00056] Como mostrado na Fig. 21A, para uma periodicidade de formato metálico particular (de comprimento  $L$ ), existem camadas de par de fios torcidos (com periodicidade  $x$ ) que produzem potenciais iguais não-zero nos formatos metálicos que compõem a fita matriz. Os potenciais iguais não-zero em tal relação periódica podem ter valores periódicos ao longo da direção longitudinal, com cada período tendo um comprimento periódico característico (“comprimento de coerência” 2106). As Figs. 22A-B e 23A-D ilustram isto simbolicamente, nas seções transversais oblíquas e longitudinais ao longo do comprimento do cabo, respectivamente. As Figs. 22A-B ilustram a carga relativa sobre o tijolo 2100, quando o par torcido 2102 torce sob o tijolo 2100. As Figs. 23A-D ilustram a carga relativa sobre o tijolo 2100, quando o comprimento  $L$  do tijolo 2100 muda em relação à camada par  $x$  do par torcido. Quando um sinal de modo diferencial é aplicado a um par de fios torcidos, que tem uma tal relação periódica entre seu comprimento de camada e com a periodicidade de formato metálico da fita matriz, um forte acoplamento pode resultar entre dois pares torcidos entre dois cabos similarmente construídos. O acoplamento entre os dois pares de dois diferentes cabos é largamente capacitivo, como mostrado na Fig. 21B. Este forte acoplamento capacitivo ocorre se o sinal aplicado for coerente com os potenciais iguais longitudinalmente periódicos (ou dito de outro modo, se o

comprimento de onda do sinal aplicado for igual ao comprimento coerente 2106, como previamente definido e mostrado na Fig. 21A).

[00057] O comprimento coerente 2106 (definido como o período dos potenciais periódicos iguais) indica em que frequência de sinal um grande acoplamento existe entre cabos vizinhos de construção similar. É preferido que esta frequência de sinal (se ela existir) seja fora da faixa de frequência de interesse. A faixa de frequência de interesse é a faixa de frequência da aplicação que o cabo está transmitindo (por exemplo, cabos de Base-T 10 Gb/s têm uma faixa de frequência de aplicação entre 1 e 500 MHz). Assim, é desejável produzir um comprimento de coerência 2106, de modo que a frequência de sinal pertinente seja fora da faixa de frequência da aplicação sendo transmitida.

[00058] Para projetar um cabo em que a frequência de sinal em que o acoplamento de modo diferencial coerente ocorre está fora da faixa de frequência de interesse, pode-se ajustar valores para **L** e **x** (definidos acima). A relação entre o comprimento de coerência 2106 e a frequência de sinal é:

$$\text{Frequência (Hz)} = (\text{velocidade de fase}) / (\text{comprimento de coerência})$$

A velocidade de fase é a velocidade de propagação do sinal de modo diferencial dentro do par de fios torcidos. Tipicamente, esta velocidade (que é meio dependente) é na ordem de 20 cm/ns. Portanto, se um comprimento de coerência de 60 cm ocorreu, então a frequência de elevado acoplamento é de aproximadamente 333 MHz. Isto pareceria igual ao pico PSANEXT 1806, mostrado na Fig. 18, exceto que ocorreria a 333 MHz.

[00059] A fim de criar esta forma de acoplamento coerente, a periodicidade **L** dos formatos de metal 2100 compondo a fita matriz deve ser um múltiplo de número inteiro ou múltiplo de semi-inteiro do comprimento de camada de par de fios torcidos **x**. Além disso, quando esta condição existe, o comprimento de coerência resultante 2106 é dependente da diferença de

comprimento  $\delta$  entre o comprimento de camada do par de fios torcidos  $x$  e a periodicidade de formato metálico  $L$ . Esta diferença de comprimento  $\delta$  é igual à magnitude de  $L$  menos  $x$ . Assim, quando  $L$  é exatamente igual a um múltiplo de  $x$  (isto é,  $\delta = 0$ ), o comprimento de coerência resultante é grande (e a frequência é muito baixa). Entretanto, se houver uma leve diferença ou desvio entre  $L$  e um múltiplo de  $x$  (isto é,  $\delta$  não for zero), o comprimento de coerência resultante pode ser mais curto (a frequência será maior) ou mais longa (a frequência será menor).

[00060] As Figs. 24A-D ilustram as frequências em que o acoplamento de modo diferencial coerente ocorre para diferentes múltiplos de  $\delta$  ( $L$  menos  $x$ ), quando  $L=2x$ . Esta relação pode ser usada para construir um guia de projeto para escolher valores “próprios” de  $L$  e  $x$  (observa-se que todos os pares de fios torcidos devem conformar-se a este guia de projeto). Os limites para o comprimento de camada de par de fios torcidos  $x$  são de modo que a frequência resultante (quando derivada do comprimento de coerência) seja menor do que a frequência mais larga utilizada na aplicação que é projetada para. Por exemplo, em aplicações de Base-T 10G, a frequência mais larga especificada é de 500 MHz e, portanto, a camada de pares de fios torcidos pode ser selecionada dos valores que não resultam de uma frequência coerente de menos do que 500 MHz. Portanto, o maior valor aceitável para o comprimento de coerência que suporta esta aplicação é de 40 cm.

[00061] Os conceitos acima podem ser usados para criar um gráfico de comprimentos de camada de torção “keep-out” para uma dada periodicidade de formatos metálicos. A Fig. 25A ilustra um exemplo 2300 de tal gráfico. A Fig. 25B mostra um exemplo de ajuste de camada de par torcido 2302 que se conforma a esta diretriz de projeto. De acordo com esta diretriz, cabos vizinhos não experimentam elevado acoplamento de modo diferencial coerente acima de e incluindo a frequência de aplicação máxima de 500 MHz.

[00062] Há uma restrição sobre o máximo de periodicidade de

comprimento metálico da fita matriz  $L$ , de modo que se o comprimento  $L$  for longo o bastante, então o acoplamento terá uma pequena amplitude e uma largura de banda ampla. Por exemplo, o comprimento de onda para um de sinal de modo diferencial propagando-se sobre os pares de fios torcidos a 200 MHz é de aproximadamente 100 cm. Quando a periodicidade de formato metálico da fita matriz  $L$  é na ordem de 2,54 cm, cerca de 40 formatos metálicos 2100 compõem um comprimento de coerência 2106 nesta frequência. O espectro de resposta resultante tem uma amplitude significativamente larga e uma estreita largura de banda. Entretanto, se a periodicidade de formato fosse na ordem de 25,4 cm, haveria somente quatro formatos que poderiam compor um comprimento de coerência na mesma frequência. Se um acoplamento de modo diferencial coerente fosse existir empregando-se esta periodicidade de formato metálico  $L$  de 24,4 cm, a resposta de diafonia estranha teria um pico com uma amplitude menor, com uma ampla largura de banda.

[00063] Também se observa que a periodicidade de formato metálico tem um limite superior devido à susceptibilidade (e emissões) de energia eletromagnética radioativa. Este limite superior é principalmente válido (ou importante) somente no caso em que o par de fios 2102 tem um baixo equilíbrio (isto é, conversão DM em CM ou CM em DM dentro do cabo ou dentro da conectividade do canal). Os efeitos na emissão são quando um sinal CM é convertido em DM e, portanto, aparece como um contribuinte de ruído, ou quando um sinal DM se converte em um sinal CM e irradia (isto é, para um cabo vizinho). Quando o comprimento periódico de formato metálico  $L$  tem uma relação de múltiplo número inteiro para a frequência máxima que ele deve suportar, então a fita matriz irradia energia de ou em um sinal de modo comum propagando-se sobre o par de fios 2102. Por exemplo, a 500 MHz, o comprimento de onda é cerca de 40 cm para um sinal de modo comum propagando-se sobre o par de fios torcidos 2102. Se o comprimento periódico

**L** dos formatos metálicos 2100 for na ordem de 10 cm (o que corresponde a uma antena de um quarto de comprimento de onda), então a fita matriz eficientemente irradia energia afastada do cabo. Naturalmente, este sistema tem reciprocidade, de modo que a fita matriz possa receber esta energia radioativa de uma fonte externa ou de outro cabo similarmente construído. Caso contribua para indesejável diafonia estranha.

[00064] Além disso, para os limites superiores do comprimento periódico de formato metálico **L**, há também um limite inferior que é principalmente ajustado pelo comprimento de camada **x** do par de fios torcidos 2102. A atenuação de campo eletromagnético é reduzida, quando o comprimento de formato metálico **L** aproxima-se (ou é menor do que) daquele de um comprimento de camada de par de fios torcidos **x**. Esta sensibilidade é novamente controlada pela atenuação atribuída ao campo elétrico e ao campo magnético. Por exemplo, se os formatos metálicos 2100 tiverem comprimentos na ordem de metade do comprimento de par de fios torcidos **x**, então há um mínimo de atenuação de campo elétrico benéfico devido à ausência da segunda metade do comprimento de par de fios que compensa quanto à primeira metade. A atenuação benéfica de acoplamento de campo magnético é também diminuída quando o comprimento de formato metálico **L** é menor do que o comprimento da camada de par de fios **x**. A atenuação reduzida é devida principalmente a uma quantidade aumentada de bordas de formato metálico onde a corrente parasita não pode instalar-se eficazmente.

[00065] Além disso, variando o comprimento periódico de formato metálico ou o comprimento de camada **x**, outra técnica envolve utilizar a variabilidade inerente em uma posição do par de fios (circunferencialmente no cabo) sob um formato metálico particular (isto é, tijolo). Esta variação posicional pode ser na ordem de 60 mils. Como mostrado na Fig. 26A, para um padrão de tijolo “retangular”, a variação posicional do par de fios 2102

não muda na região do par de fios que o tijolo 2100 reveste. Entretanto, como mostrado na Fig. 26B, para um padrão de tijolo paralelogramo não-regular, a variação posicional do par de fios 2102 pode variar na região do par de fios que o tijolo reveste, mudando o valor da carga aumentada e ajudando a dispersar qualquer distribuição de carga longitudinal periódica que poderia conduzir ao acoplamento de modo diferencial coerente.

[00066] A Fig. 27 mostra um tal padrão de tijolos, paralelogramo não-regular 2100, alinhados com respectivos pares de fios 2102. Se o ângulo do paralelogramo for de 20 graus, então, para uma carga de 60 mils, na posição do par de fios, o comprimento do par de fios é comutado por cerca de 22 mils. Esta comutação de 22 mils representa cerca de 5 % de um comprimento do par de fios típico, que ajuda a reduzir a amplitude do pico de acoplamento de modo diferencial coerente e, desse modo, aumenta sua largura de banda (o pico é essencialmente reduzido e a largura de pico tende a dispersar-se). As Figs. 28A-C ilustram a variação de carga que pode ocorrer se a comutação de comprimento for na ordem de mais ou menos 10 % do comprimento de camada do par de fios. Aumentando o ângulo do paralelogramo, ainda aumenta-se esta variação.

[00067] Em resumo, para evitar acoplamento de modo diferencial coerente em cabos utilizando fita matriz, pode-se usar uma ou mais das seguintes técnicas: (1) selecionar o comprimento de camada do par e o comprimento de periodicidade dos formatos metálicos fixados que resultem em um comprimento de coerência aceitável (usando-se os princípios fornecidos acima); (2) introduzir aleatoriedade ou suficiente pseudoaleatoriedade no padrão de formato metálico, dimensões de formato metálico individuais, ou comprimento de camada par, ou (3) escolher a esmo a camada de filamento de fita matriz com respeito às camadas de filamento dos pares de fios. Outras técnicas similares podem também ser possíveis e podem ser abrangidas por uma ou mais formas de realização da presente

invenção.

Melhorada Compatibilidade Eletromagnética (EMC) para um Cabo de Comunicação tendo Fita Matriz

[00068] Se uma impedância longitudinal do cabo for muito fraca, um sinal de modo comum pode propagar-se nos formatos metálicos da fita matriz (tijolos), potencialmente fazendo o cabo irradiar e tornar-se susceptível à radiação eletromagnética. Para minimizar a susceptibilidade ou radiação de EMC, a impedância longitudinal deve ser aumentada.

[00069] Como será descrito com referência às Figs. 29A-C e 30A-C, a impedância longitudinal de um cabo enrolado em fita matriz pode ser aumentada, escolhendo-se o padrão de formatos metálicos sobre a fita matriz para ser um padrão regular de formatos metálicos de paralelogramo não-regular. Isto, por sua vez, reduz a capacidade de sobreposição (entre dois formatos metálicos sobrepondo-se nos lados opostos do formato metálico) e a capacidade de sobreposição enrolada em espiral (entre dois formatos metálicos que são trazidos em uma configuração de sobreposição devido à fita matriz sendo enrolada ao longo do núcleo de cabo). A capacidade de sobreposição enrolada em espiral (Figs. 29A-B e 30A-B) será geralmente o componente dominante da impedância longitudinal, em razão de representar uma capacidade que se estende de um tijolo para outro tijolo, localizada em alguns tijolos afastados longitudinalmente.

[00070] A Fig. 29A-C ilustra o caso em que formatos metálicos de paralelogramo regular (isto é, retângulos) são usados como os tijolos, enquanto a Fig. 30A-C ilustra o caso em que formatos metálicos de paralelogramo não-regular (isto é paralelogramo) são usados. Como pode ser visto nos diagramas de circuito equivalentes das Figs. 29C e 30C (em combinação com as Figs. 29B e 30B), a capacidade de sobreposição enrolada em espiral está essencialmente em paralelo com um cordão em série de capacitores. Com o cordão em série de capacitores, a capacidade total é

reduzida proporcionalmente pelo número de capacitores que estão em série (portanto, tijolos mais curtos resultam em uma mais elevada impedância longitudinal desejável). Quando a capacidade de sobreposição enrolada em espiral é colocada em paralelo, ela aumenta a capacidade total, desse modo reduzindo a impedância longitudinal. Por outro lado, quando um padrão regular de paralelogramos não-regulares é utilizado (Figs. 30A-C), a capacidade de sobreposição enrolada em espiral é colocada em paralelo com um número menor de cordão em série de capacitores, resultando em uma diminuição na capacidade total e um correspondente aumento na impedância longitudinal. Isto, por sua vez, resultará em menos radiação e susceptibilidade eletromagnética.

#### Características de Atenuação de Sinal Melhorado

[00071] O uso de fita matriz provê características de atenuação melhorada de benefício adicional, resultando em uma aumentada relação de sinal-para-ruído e outros benefícios que podem ser derivados desta (por exemplo, capacidade de taxa de dados do canal). Este espectro de atenuação melhorada resulta da reorientação dos campos eletromagnéticos (correspondendo a novas condições limite que a fita matriz oferece), que redistribui a densidade de corrente nos pares de fios. A redistribuição da densidade de corrente tem uma área de superfície de seção transversal aumentada que reduz a atenuação dentro dos pares de fios.

[00072] O nível de sinal no lado receptor de um Equipamento de rede de ethernet é amplamente controlado pela atenuação dentro do cabo. Há dois contribuintes principais para perdas dentro de um cabo. Eles são (1) perda condutiva (condutividade e perda de condutor relacionadas ao diâmetro de cobre e aspereza de superfície) e (2) perda dielétrica (relacionada com a perda dentro do material dielétrico que circunda os fios de cobre). Colocar a fita matriz em estreita proximidade com os pares de fios muda os campos eletromagnéticos de serem concentrados entre os fios para serem ligeiramente

mais espalhados (isto é, uma mais elevada densidade de campo elétrico terminará nos formatos metálicos). Isto ajuda por três razões principais. Primeiro, aumenta a área de seção transversal para densidade de corrente dentro do fio de cobre, o que reduz a perda condutiva. Segundo, reduz a perda dielétrica, quando uma parte do campo agora pode passar através do meio dielétrico de perda inferior. Terceiro, a fita matriz reduz a quantidade de campo eletromagnético que alcança o dielétrico do material de camisa externa, o que poderia de outro modo contribuir para perda dielétrica. As Figs. 31 e 32A-B proveem uma ilustração conceitual destes benefícios. Estas figuras admitirão um cabo 10 Gb/s com fita matriz, quatro pares de fios de cobre (~25 mil de cobre) com um dielétrico de polietileno (retardante de fogo) carregado-FR circundando o cobre (~46 mil de diâmetro), um espaçador de polietileno espumado separando os pares de fios (~15 mil de largura por 155 mil de comprimento), uma barreira de polipropileno ou polietileno espumado entre os pares de fios e a fita matriz (-10 mils de largura), e uma camisa (PVC) de polivinilcloreto externa (~16 mils) (Vide, por exemplo, Fig. 13).

[00073] Os campos eletromagnéticos produzidos pelos pares de fios penetram o dielétrico condutor, o separador, a barreira e a fita matriz. Os campos eletromagnéticos são elevadamente reduzidos fora da fita matriz. Assim, a camisa externa e elementos externos ao cabo somente minimamente afetarão a atenuação dos pares de fios. A Fig. 31 mostra um gráfico 3100 descrevendo o espectro de atenuação de um cabo U/UTP que emprega a fita matriz 3102, um cabo U/UTP que não usa a fita matriz 3104, e a especificação TIA568 para atenuação 3106. Observa-se melhoria do espectro de atenuação para um cabo utilizando a fita matriz.

[00074] A Figura 32A é uma ilustração conceitual dos campos magnéticos 3200 que circundam um cabo U/UTP 3202 que não utiliza a fita matriz. Observa-se que a densidade de corrente 3204 dentro do fio de cobre 3206a-b distribui-se por si mesma de acordo com estes campos

eletromagnéticos 3200. Esta distribuição de corrente de pequena área de seção transversal resultante 3204, no par de fios 3206a-b, é concentrada entre os fios e tem uma profundidade superficial de penetração no par de fios. Como mostrado na Fig. 32B, quando uma superfície condutiva (por exemplo, a fita matriz) é trazida próxima ao par de fios 3206a-b, os campos 3208 redistribuem-se, fazendo uma redistribuição de corrente 3210 dentro dos fios de cobre 3206a-b. Esta redistribuição produz uma grande área de seção transversal para condução e, portanto, uma menor quantidade de atenuação. Este mecanismo é responsável pela parte condutiva da redução de atenuação. A perda dielétrica é também reduzida, devido a esta redistribuição dos campos 3200, 3208, por meio do que os campos dispersam-se em partes de material dielétrico dentro do cabo, que tem fatores de dissipação inferiores. Esta redução das perdas condutiva e dielétrica dentro do cabo resulta em um desempenho mais elevado do desempenho de canal 10 Gb/s Ethernet, devido à melhorada relação de sinal-para-ruído.

Película em relevo Alternativa como uma Camada Isolante Interna com uma Fita Matriz

[00075] A Fig. 33 é uma vista em seção transversal de outro cabo 130 tendo uma película em relevo 132 como a camada isolante entre os pares de fios torcidos 26 e a fita matriz 32. De acordo com algumas formas de realização, a película em relevo 132 está na forma de uma fita em relevo feita de um polímero, tal como polietileno, polipropileno ou etileno propileno fluorado (FEP). Em algumas formas de realização, a película em relevo 132 é feita de uma camada em relevo de polietileno ou polipropileno espumado. Polietileno retardante de fogo não espumado pode ser usado como o material de base. Gravar em relevo a película 132 provê uma camada isolante tendo uma espessura total maior do que a espessura do material de base da película. Isto produz uma espessura de camada maior por massa unitária do que películas sólidas ou espumadas não em relevo. A incorporação de mais ar na

camada, via gravação em relevo, diminui a constante dielétrica da camada resultante, permitindo um menor diâmetro de cabo total em razão da menor constante dielétrica total da camada permitir um nível similar de desempenho, como uma camada mais espessa de um material tendo uma constante dielétrica mais elevada. O uso de uma película em relevo reduz o custo total do cabo, reduzindo-se a quantidade de material sólido no cabo, e também melhora o desempenho da queima do cabo, em razão de uma quantidade menor de material inflamável ser provida dentro do cabo do que se uma camada isolante sólida fosse usada. O uso de uma película em relevo como a camada isolante também foi constatado melhorar o desempenho de perda de inserção do cabo. Isolar camadas de acordo com a presente invenção pode ser em espiral ou de outro modo enrolada em torno de um núcleo de cabo.

[00076] A Fig. 34 é uma vista em planta de uma forma de realização de uma película em relevo 132. Vistas em detalhes laterais são também mostradas na Fig. 34. Na forma de realização mostrada na Fig. 34, a película em relevo 132 toma a forma de um padrão de repetição de quadrados estampados em relevo 140 em um material de base, tal como polietileno ou polipropileno espumado ou não espumado. Em uma forma de realização preferida, um material de película polimérica espumado é usado. A relação de alongamento da película em relevo 132 é a relação entre a espessura efetiva da película em relevo  $t_e$ , e a espessura do material de base,  $t_b$ . Relações de alongamento de até 5, por exemplo, com uma espessura de material de base de 3 mils e uma espessura efetiva de 15 mils para a película em relevo, são usadas de acordo com algumas formas de realização. Outras relações úteis incluem uma espessura de material de base de 3 mils e uma espessura efetiva de 14 mils; uma espessura de material de base de 5 mils e uma espessura efetiva de 15 mils. De acordo com algumas formas de realização, os materiais de base na faixa de 1,5 a 7 mils são estampados em relevo para espessuras efetivas de 8 mils a 20 mils. Enquanto quadrados estampados em relevo 140

são mostrados na Fig. 34, outros formatos podem ser usados, como uma combinação de diferentes formatos através do comprimento da película 132, incluindo o uso de gravação em relevo padronizada.

[00077] As Figs. 35-39 ilustram uma forma de realização alternativa de uma camada de barreira, feita de uma fita perfurada, tal como uma fita de etileno propileno fluorado (FEP) perfurado ou politetrafluoroetileno (PTFE). Nesta forma de realização, a perfuração ou outra deformação da película sólida aumenta a espessura da película, deslocando material além do plano da película. A Fig. 35 (a) é uma vista lateral de uma camada de película 3500 sem perfurações, e a Fig. 35 (b) mostra a mesma película 3500 com perfurações 3502, que aumentam a espessura efetiva total da película. Como resultado desta perfuração com deformação, a espessura efetiva da camada de película é aumentada em aplicações de cabo. Isto resulta em uma espessura de barreira maior por massa unitária do que fita sólida. Também, usar a película 3500 como uma camada de barreira coloca mais ar entre os pares torcidos de um cabo e uma fita matriz, diminuindo a constante dielétrica da camada de barreira e resultando em uma menor espessura requerida da camada de barreira. Em razão da constante dielétrica total resultante da camada de barreira ser menor, o cabo pode ser manufaturado com um diâmetro menor. Além disso, uma redução na quantidade total de material no cabo diminui o custo total do cabo e melhora o desempenho de queima UL do cabo.

[00078] Espessuras de película iniciais exemplares para uso em cabos de acordo com a presente invenção são de 0,0055" e 0,004", embora, por exemplo, espessuras de 0,002" a 0,020" possam ser usadas. Em seguida à perfuração, a espessura efetiva da película (isto é, a distância de um "pico" de uma perfuração para a camada oposta da película) aumenta de aproximadamente um fator de dois. Esta duplicação efetiva de espessura é um tanto reduzida durante a construção de cabo, uma vez que a película perfurada é comprimida. Maiores ou menores aumentos de espessura efetivos podem ser

obtidos usando-se diferentes técnicas de perfuração.

[00079] Um método de manufaturar uma película perfurada de acordo com a presente invenção é usar uma “matriz de agulha” aquecida para perfurar a película. O calor usado neste processo ajuda no “ajuste” da deformação de material resultante. A Fig. 36 mostra uma matriz de agulha rotativa 3602 e uma escova de rolo oposta 3604. Durante manufatura, o material a ser perfurado é alimentado entre a matriz de agulha rotativa 3602 e a escova de rolo 3604.

[00080] As Figs. 37 e 38 mostram vistas em perspectiva de películas perfuradas 3500, tendo perfurações 3502 que são providas com um ajuste de deformação permanente.

[00081] A Fig. 39 mostra uma seção transversal de um cabo 3900, tendo uma película perfurada 3500 provida com uma camada de barreira entre o núcleo de cabo (que pode incluir um separador 3902) e uma camada de fita matriz 32. Uma camisa 33 circunda a fita matriz 32.

[00082] As fitas matrizes, de acordo com a presente invenção, podem ser em espiral ou de outro modo enroladas em torno de pares torcidos individuais dentro do cabo para melhorar a atenuação de diafonia entre os pares torcidos. Além disso, camadas barreira, de acordo com a presente invenção, podem ser incorporadas em diferentes estruturas dentro de um cabo, incluindo uma camada isolante, uma camisa isolante externa, ou uma estrutura divisora de par torcido.

[00083] Pelo precedente, pode ser visto que foram provados aspectos para desempenho melhorado de cabos para aumentar a atenuação de diafonia de cabo-para-cabo, enquanto também melhorando outras características eletromagnéticas. Embora formas de realização particulares da presente invenção tenham sido mostradas e descritas, será óbvio àqueles hábeis na arte que mudanças e modificações podem ser feitas sem afastar-se da invenção em seus aspectos mais amplos. Portanto, o objetivo é abranger todas tais

mudanças e modificações quando se situam dentro do verdadeiro espírito e escopo da invenção. O assunto fornecido na descrição precedente e desenhos anexos é proposto por meio de ilustração somente e não como uma limitação.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para projetar um cabo de comunicação (22) para transportar um sinal de comunicação com uma frequência mais alta, o método compreendendo:

formar um núcleo de cabo (29) compreendendo uma pluralidade de pares torcidos de condutores (26) para transportar o sinal de comunicação, os pares torcidos (26) sendo torcidos em comprimentos de camada par (54); e

circundar o núcleo de cabo (29) com uma fita matriz (32), a fita matriz (32) compreendendo uma primeira camada barreira (35) de segmentos condutivos (34) separados por fendas (36),

caracterizado pelo fato de os comprimentos longitudinais (46) dos segmentos condutivos (34) serem maiores que o maior dos comprimentos de camada par (54) torcido, mas menores que um quarto do comprimento de onda do sinal de frequência mais alta a ser transmitido sobre os pares torcidos de condutores (26).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a fita matriz (32) compreende ainda uma segunda camada barreira (37) de segmentos condutivos (38) separados por fendas (40), os segmentos condutivos (38) sendo fornecidos em um padrão tal que os segmentos condutivos (38) da segunda camada barreira (37) geralmente estejam alinhados com as fendas (36) da primeira camada barreira (35).

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os segmentos condutivos (34) têm larguras transversais (48) suficientemente largas para cobrir um dos pares torcidos (26) em uma direção radial.

4. Cabo de comunicação (22) compreendendo:  
um núcleo de cabo (29) compreendendo uma pluralidade de pares torcidos de condutores (26), os pares torcidos (26) sendo torcidos em

comprimentos de camada par (54) e transportando um sinal de comunicação com uma frequência mais alta, cada uma das frequências tendo um comprimento de onda correspondente; e

uma fita matriz (32) circundando o núcleo de cabo (29), a fita matriz (32) compreendendo uma primeira camada barreira (35) de segmentos condutivos (34) separados por fendas (36),

caracterizado pelo fato de que comprimentos longitudinais (46) dos segmentos condutivos (34) serem maiores que o maior dos comprimentos de camada par (54) torcido, mas menores que um quarto do comprimento de onda do sinal de frequência mais alta a ser transmitido sobre os pares torcidos de condutores (26).

5. Cabo (22), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma membrana-cruzada (28) que separa os pares torcidos de condutores (26).

6. Cabo (22), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma camisa isolante externa (33).

7. Cabo (22), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a fita matriz (32) compreende ainda uma segunda camada barreira (37) de segmentos condutivos (38) separados por fendas (40), os segmentos condutivos (38) sendo fornecidos em um padrão tal que os segmentos condutivos (38) da segunda camada barreira (37) geralmente estejam alinhados com as fendas (36) da primeira camada barreira (35).

8. Cabo (22), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que os segmentos condutivos (34) têm larguras transversais (48) suficientemente largas para cobrir um dos pares torcidos (26) em uma direção radial.

9. Cabo (22), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma camada isolante interna (30) que separa o núcleo de cabo (29) e a fita matriz (32).

10. Cabo (22), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a fita matriz (32) é enrolada helicoidalmente em torno da camada isolante interna (30).

11. Cabo (22), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma película em relevo (132) entre o núcleo de cabo (29) e a fita matriz (32).

12. Cabo (22), de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a película em relevo (132) compreende uma película espumada em relevo.

13. Cabo (22), de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma película perfurada (3500) entre o núcleo de cabo (29) e a fita matriz (32).

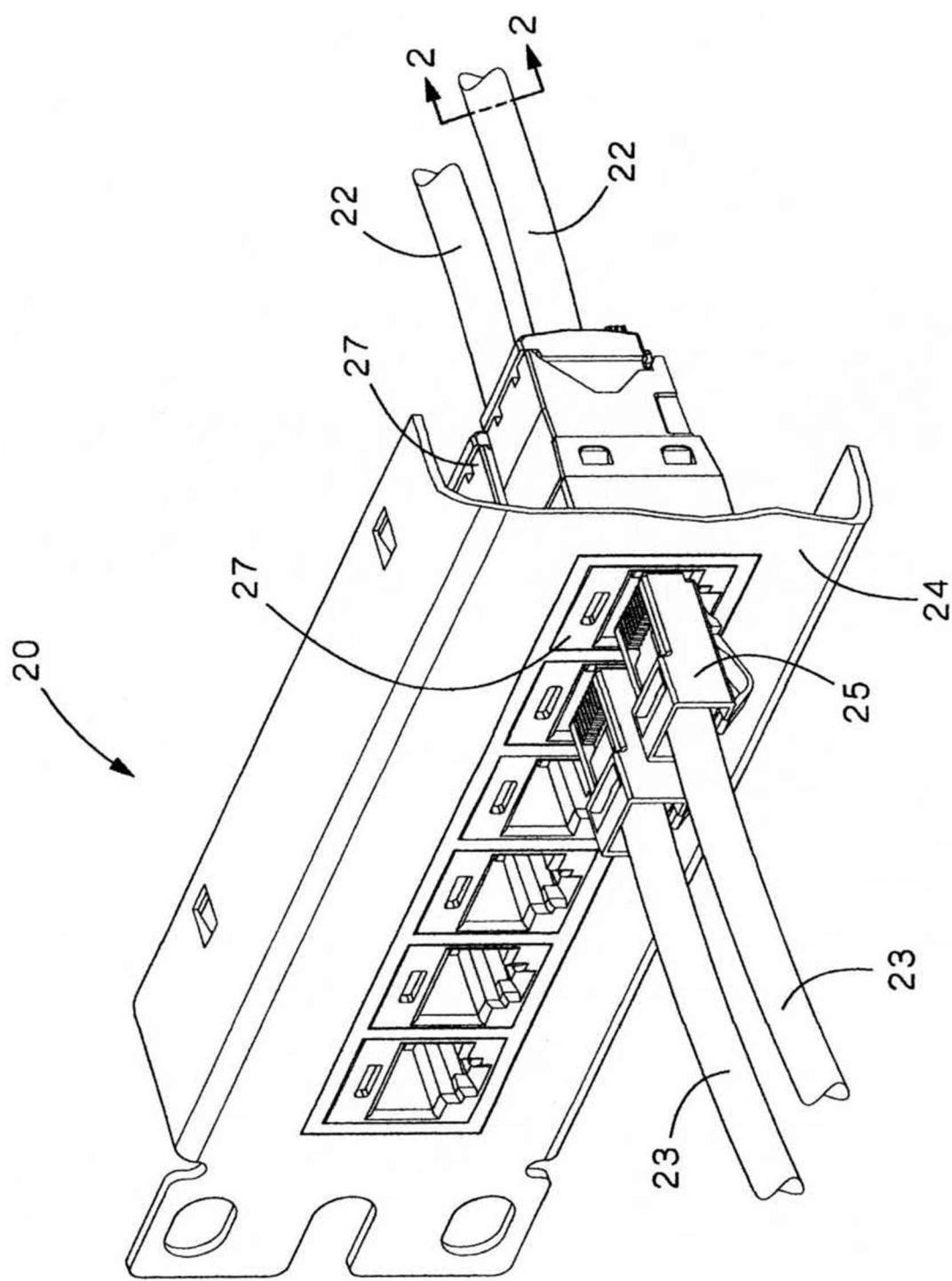


FIG. 1

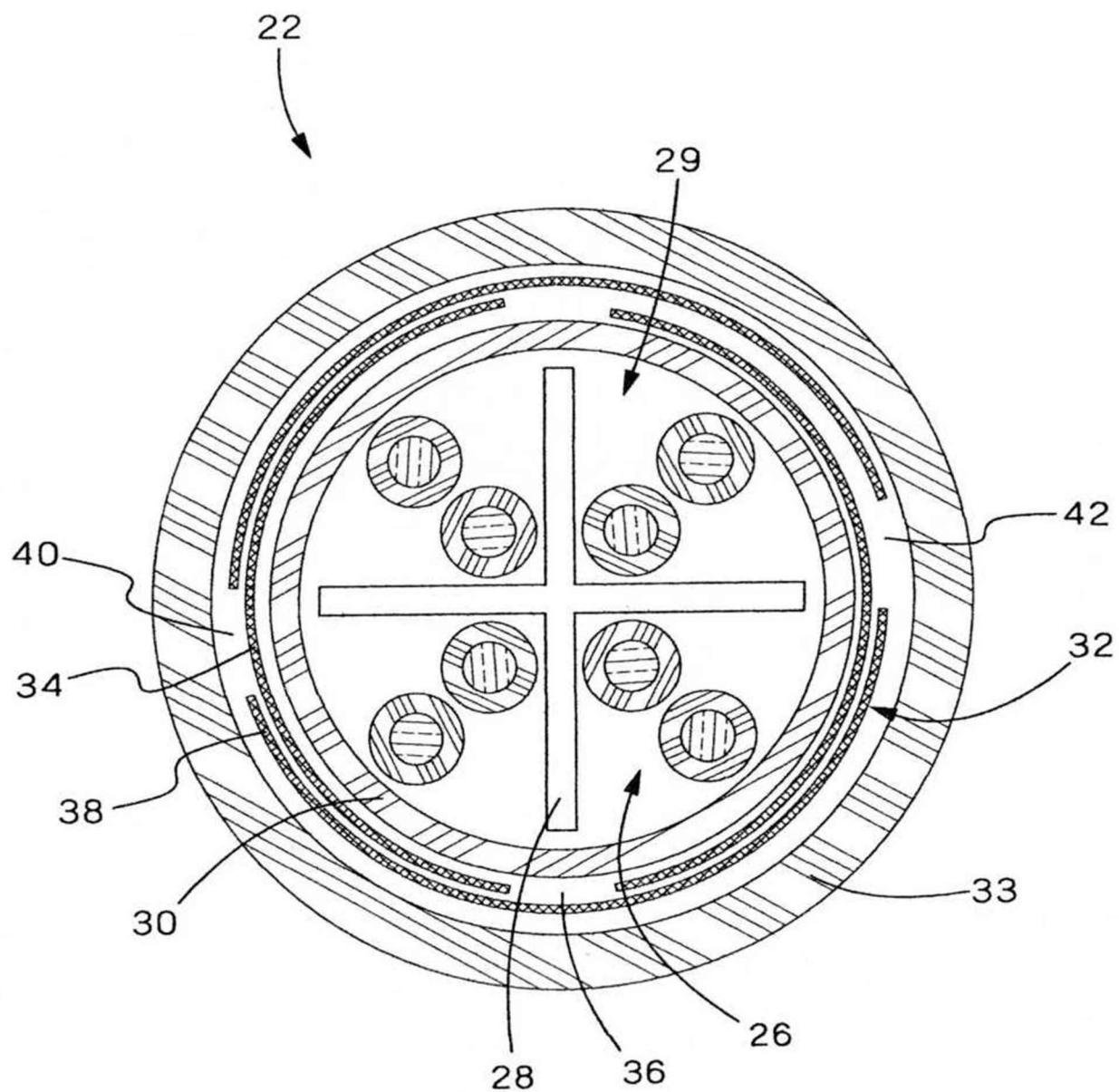


FIG.2

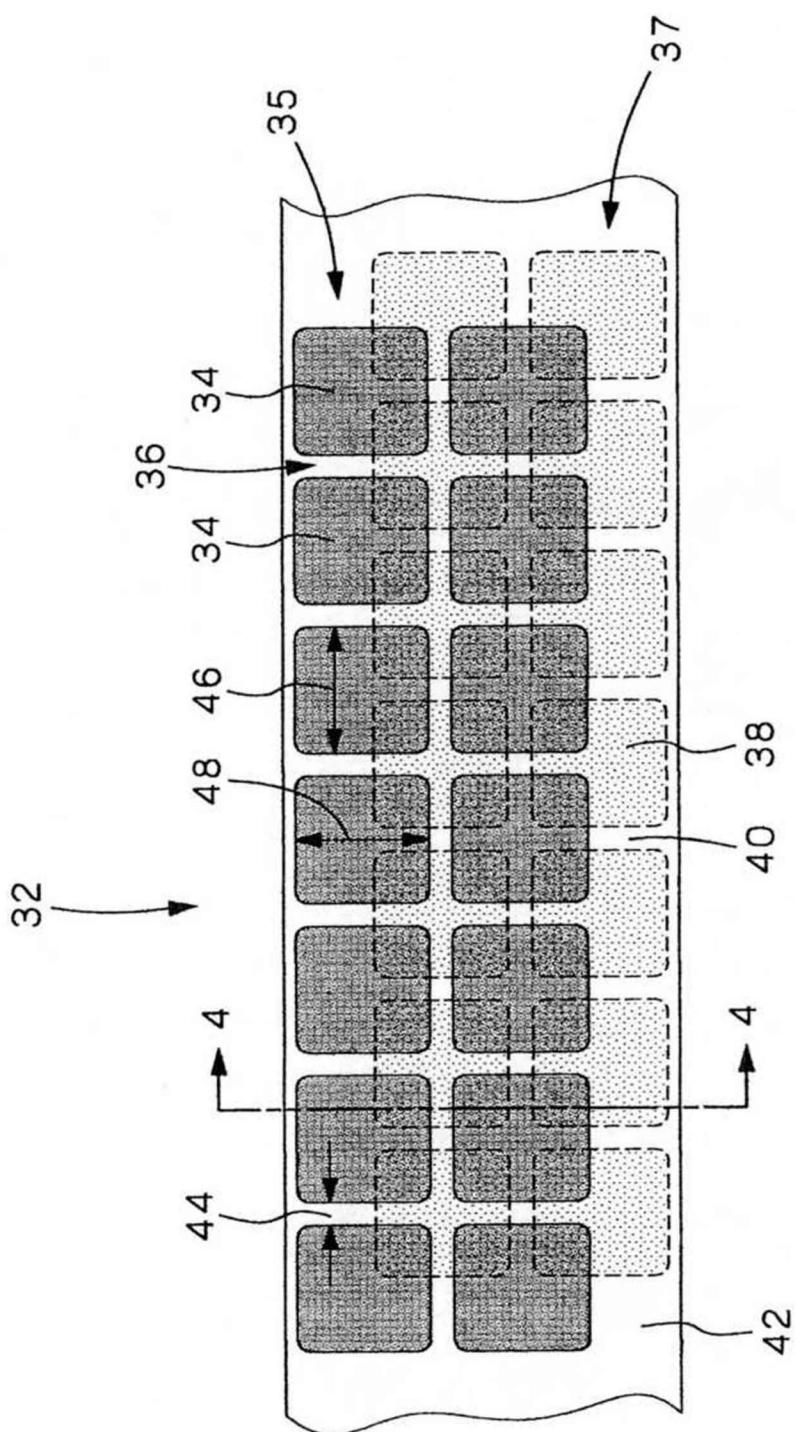


FIG. 3

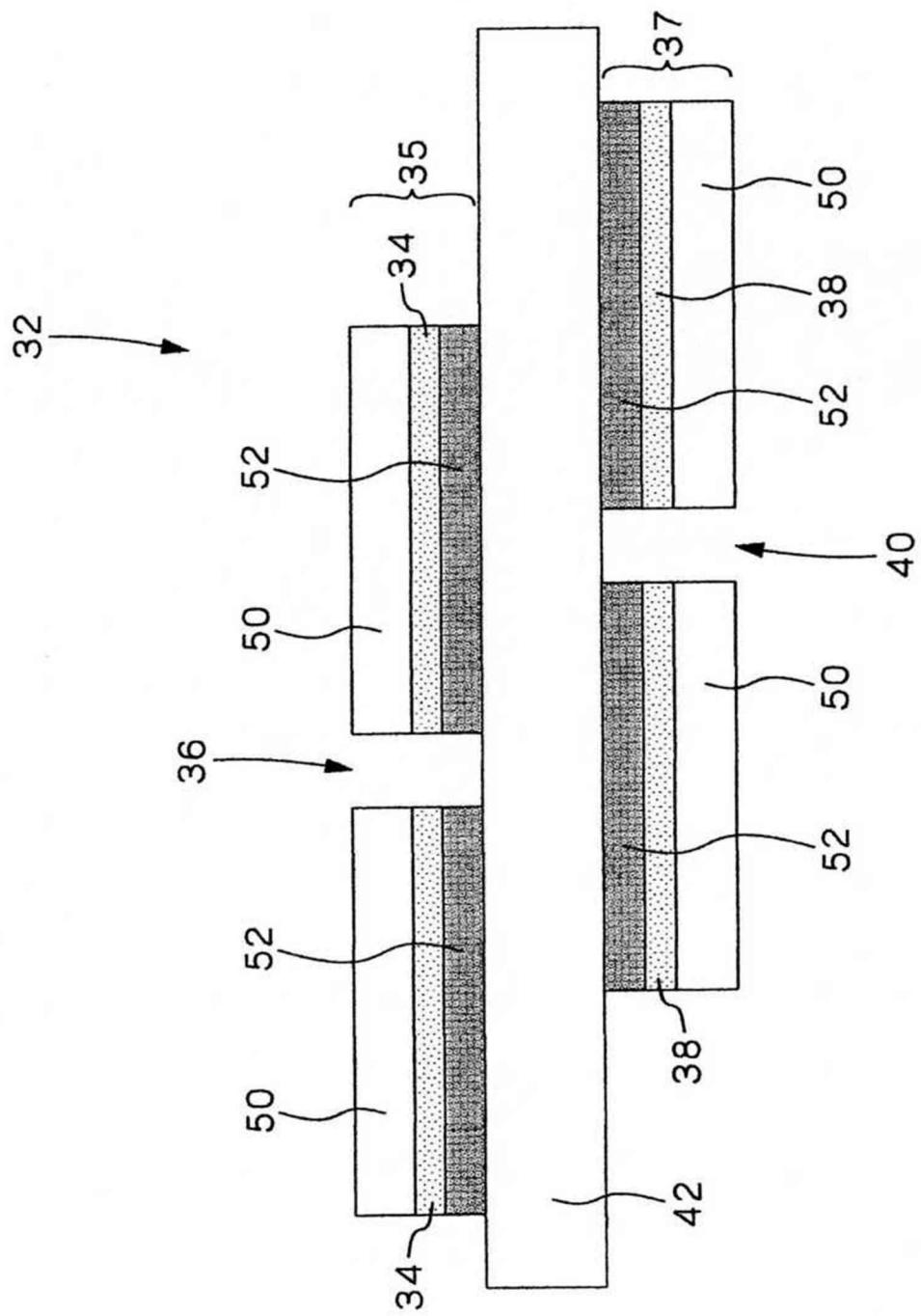
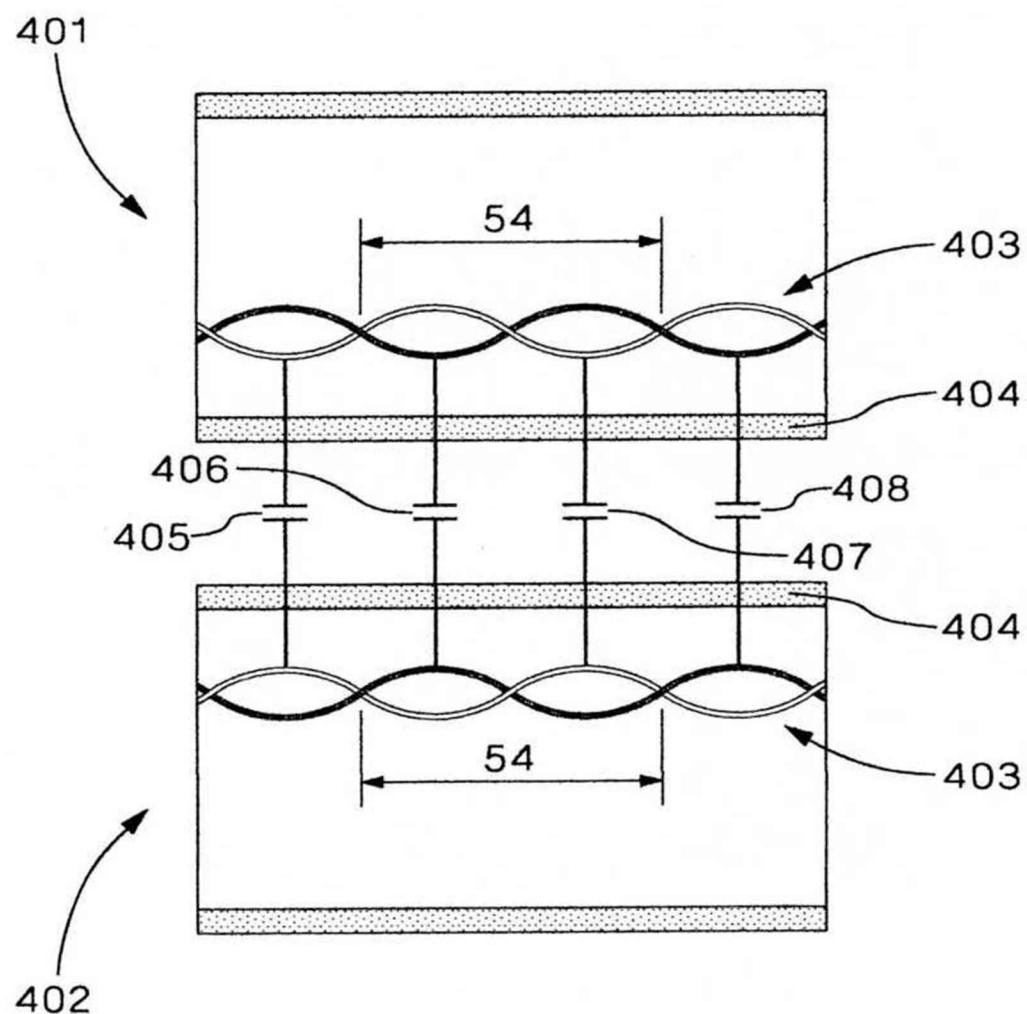


FIG.4



**FIG.5**  
Técnica anterior

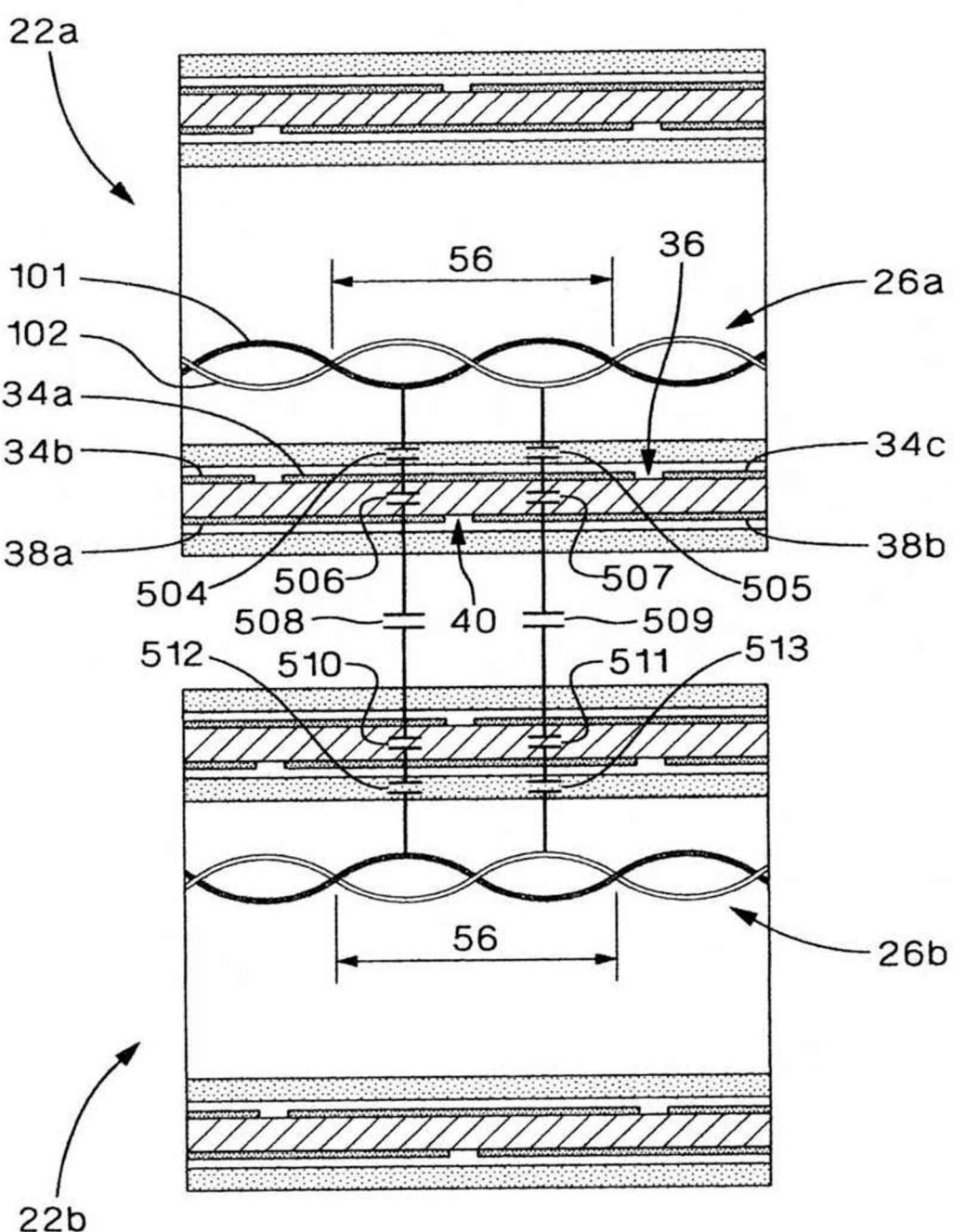
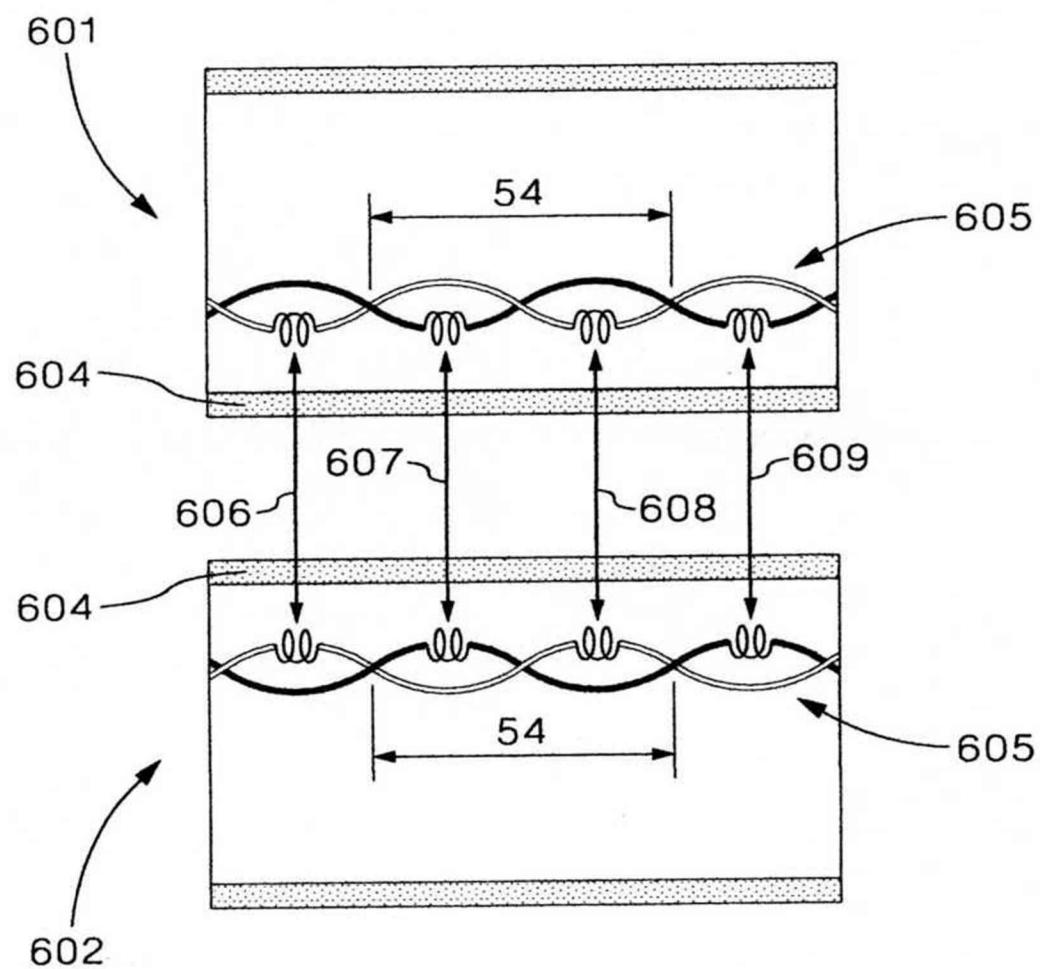


FIG.6



**FIG. 7**  
Técnica anterior

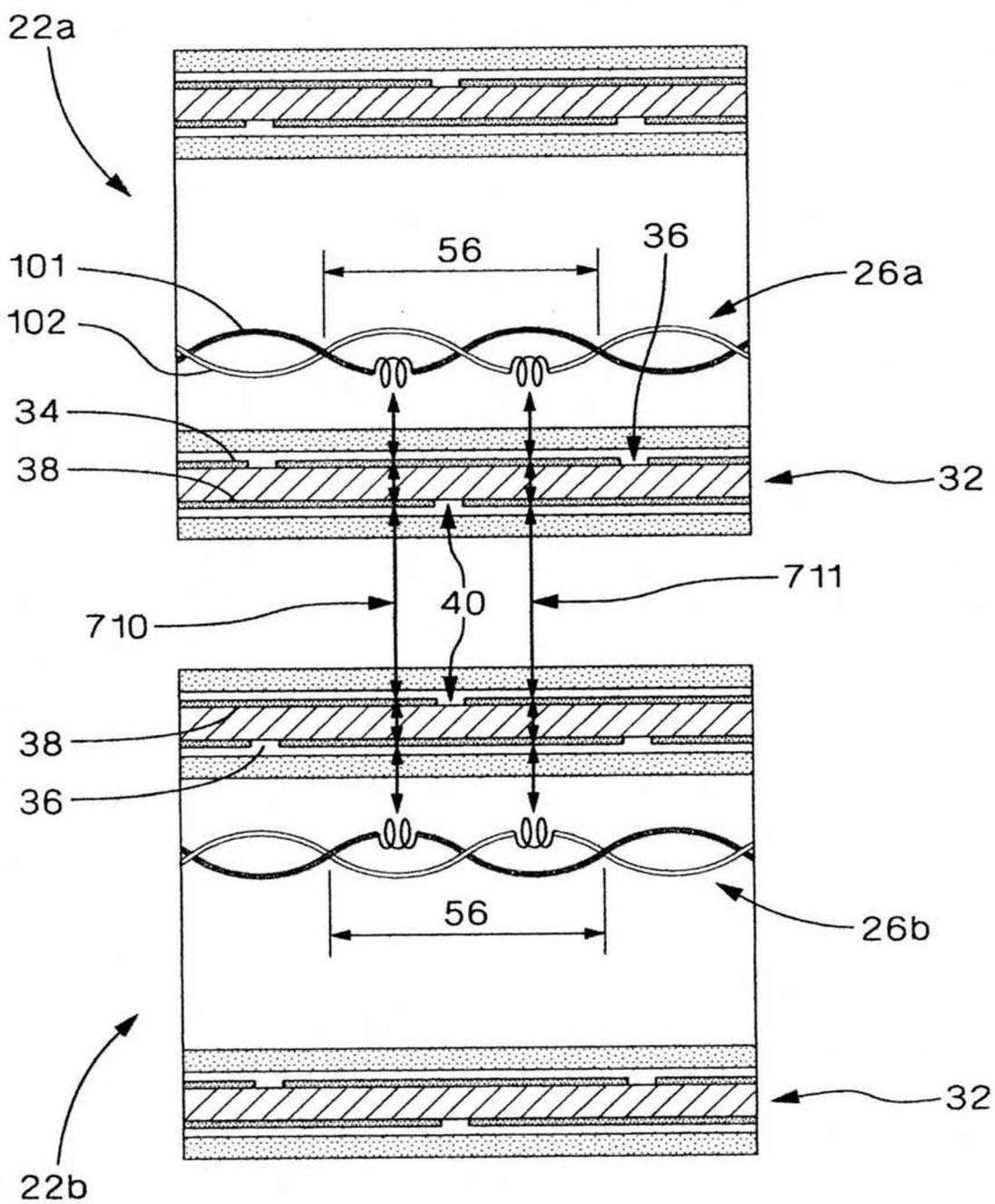


FIG.8

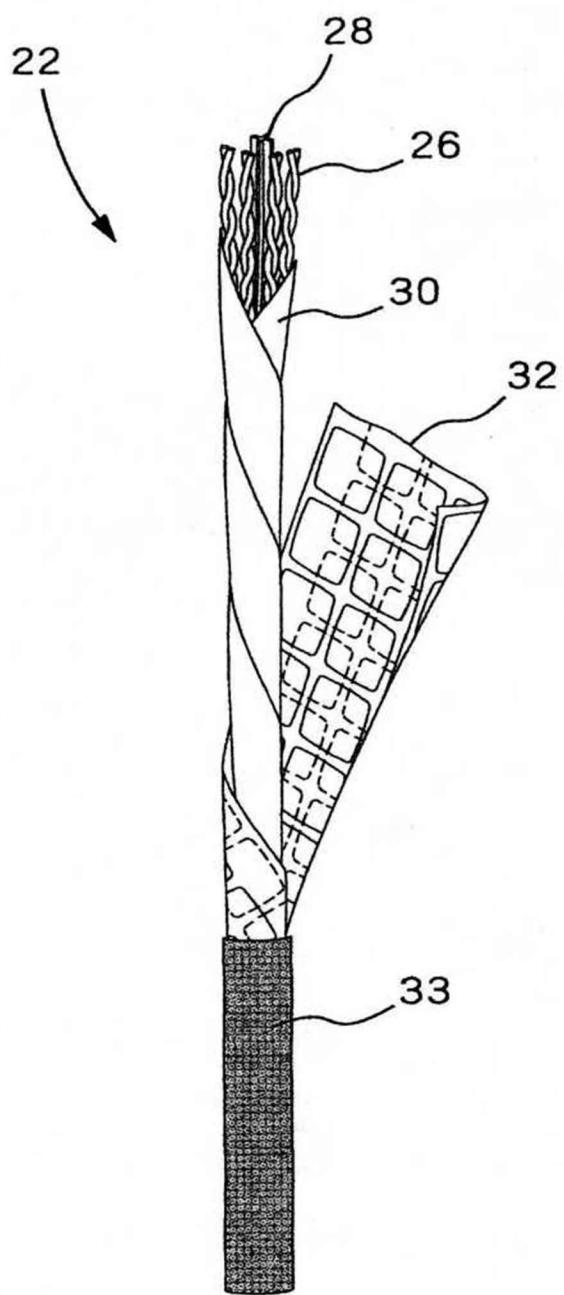


FIG.9

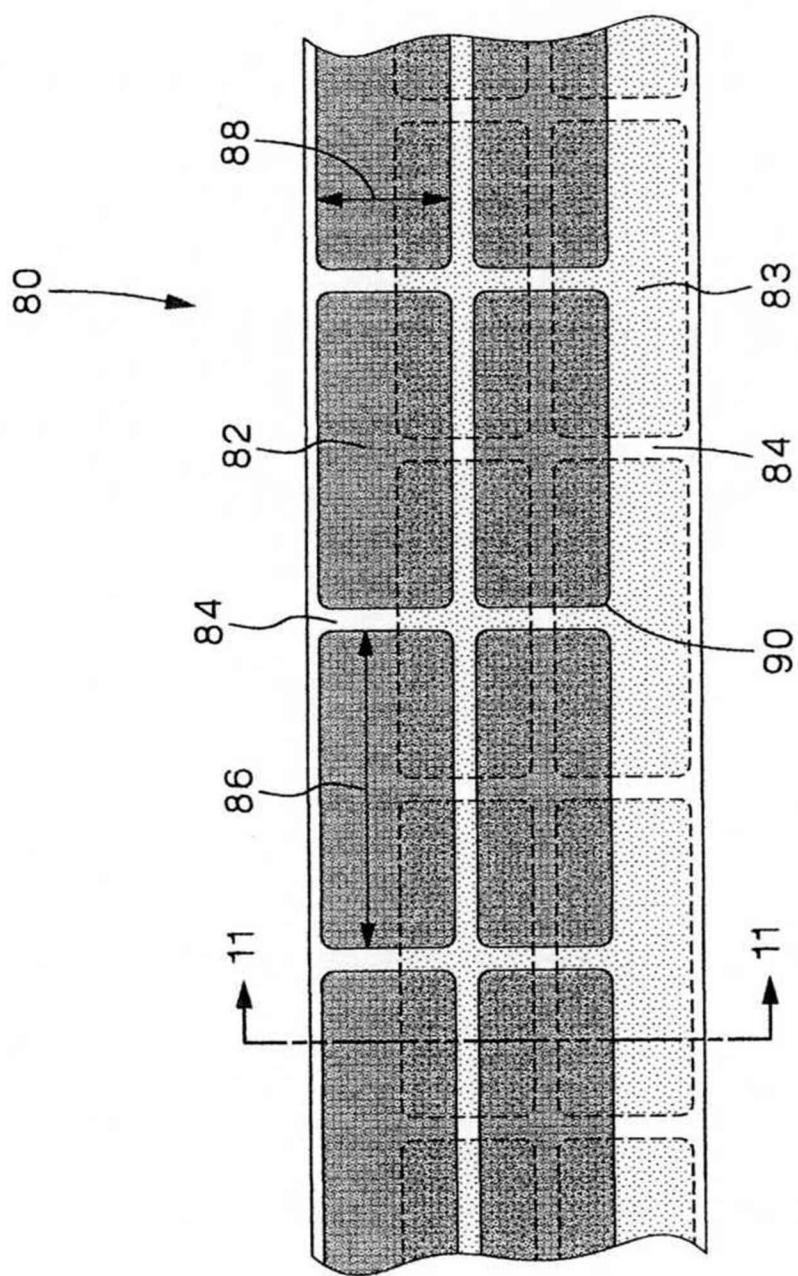


FIG. 10

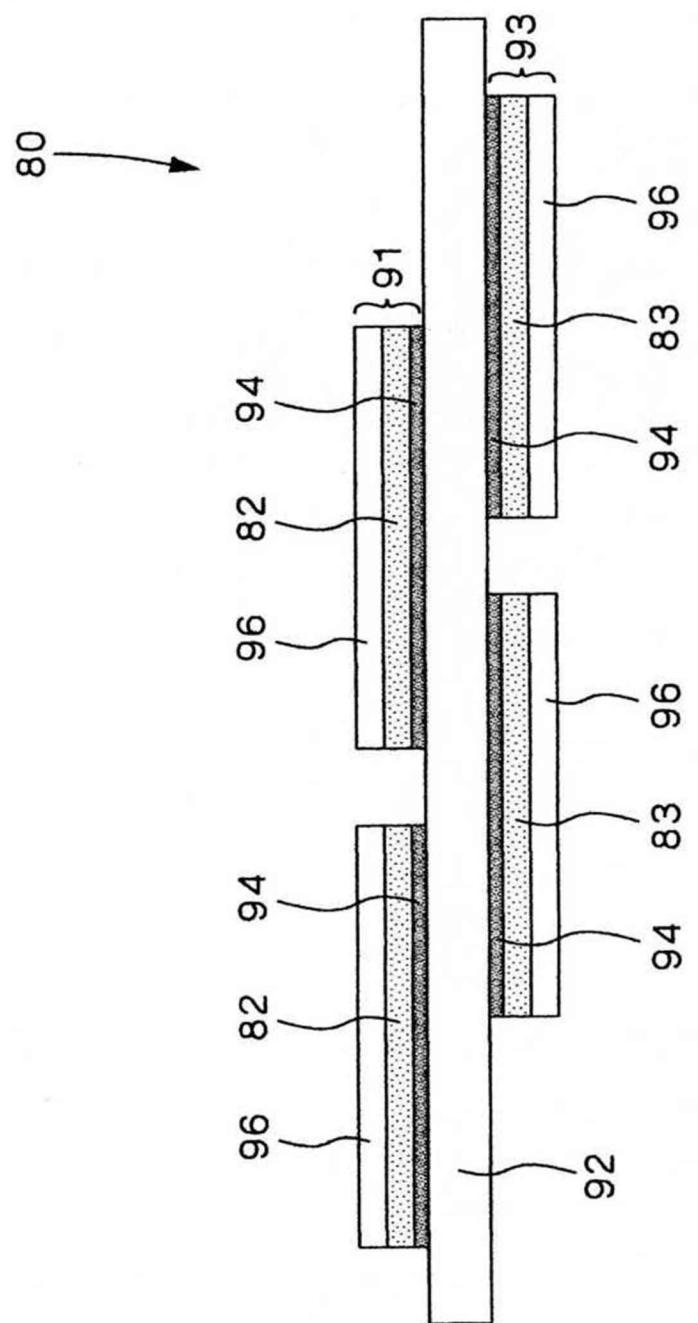


FIG. 11

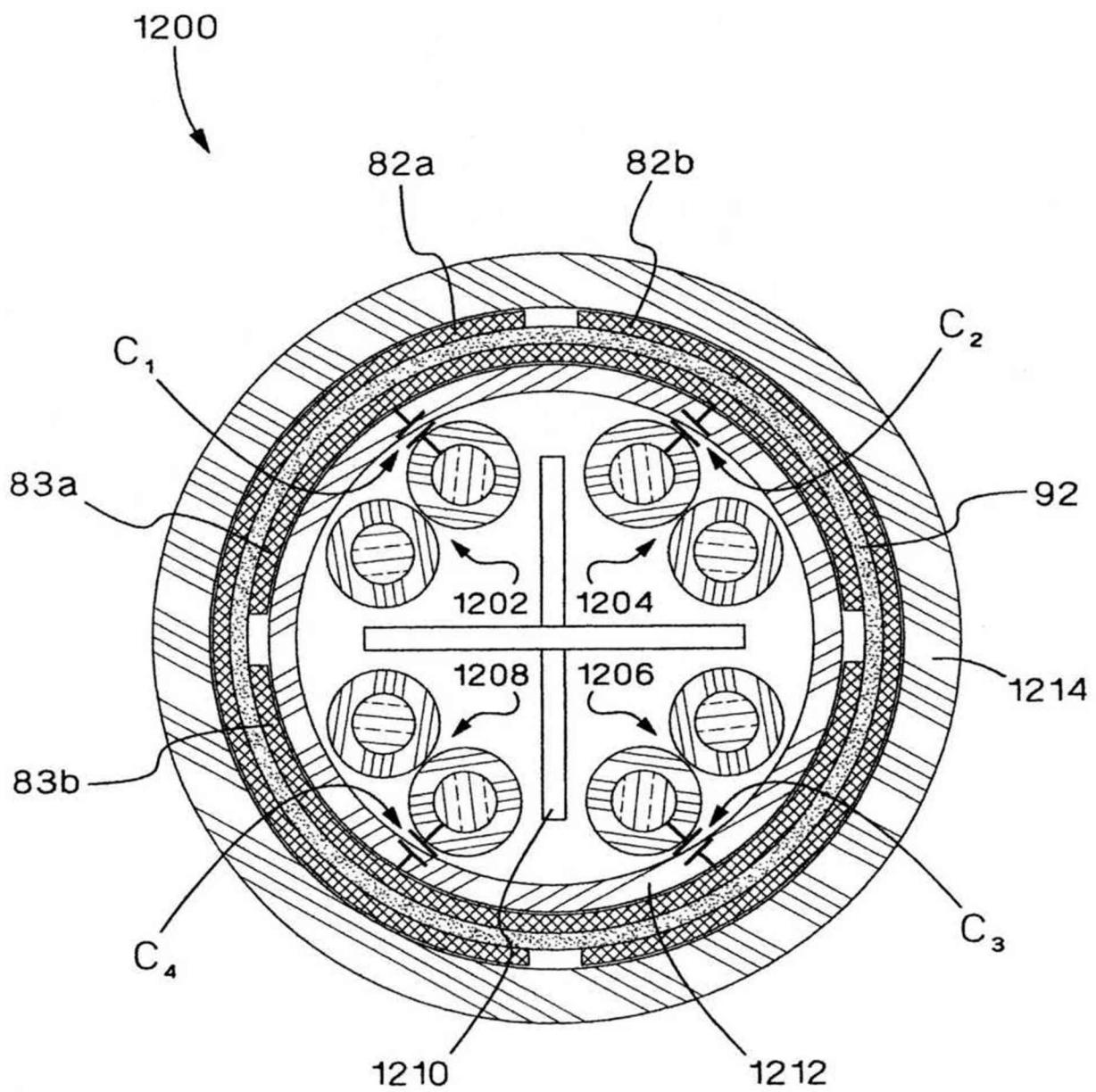


FIG.12

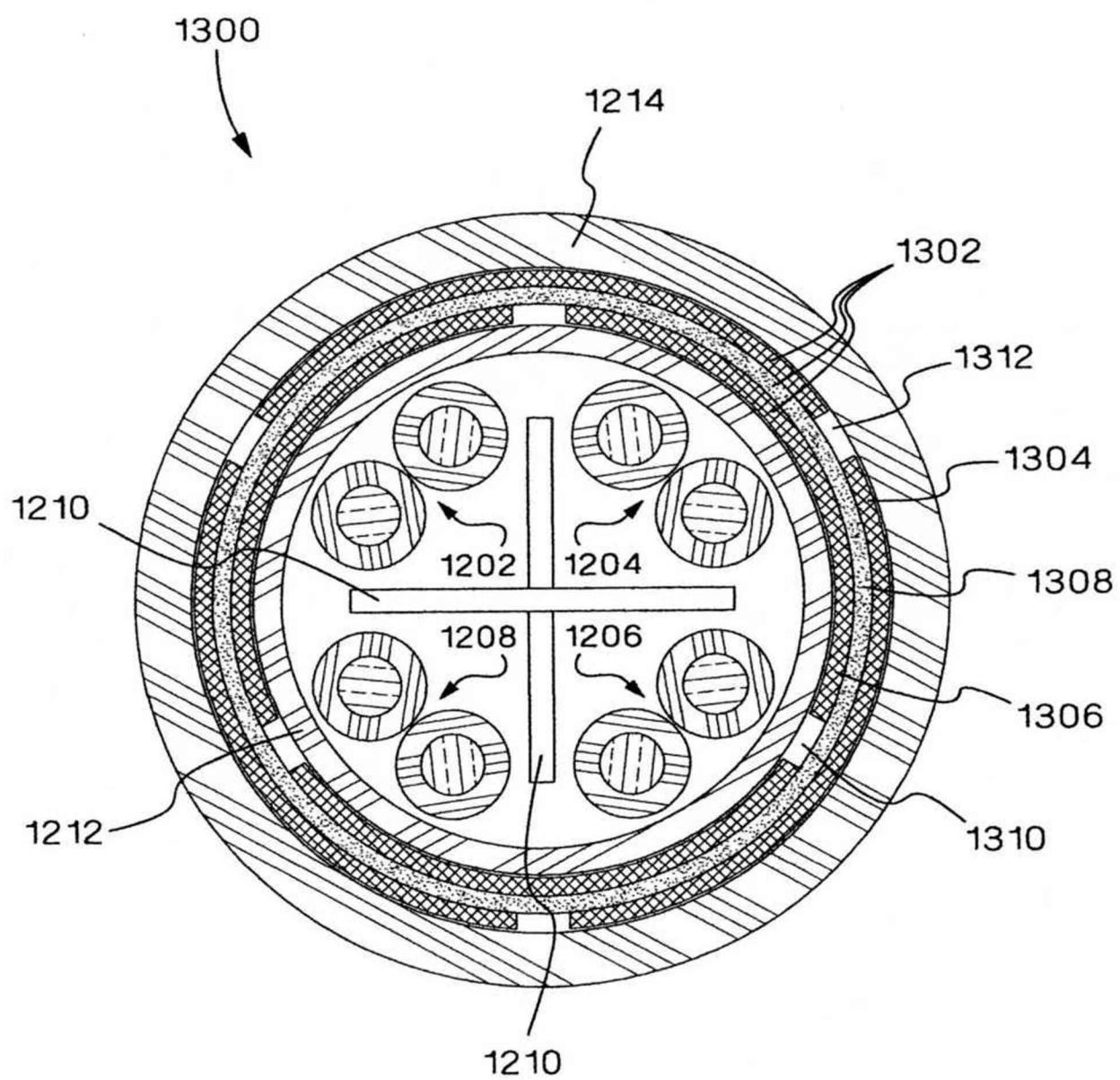


FIG.13

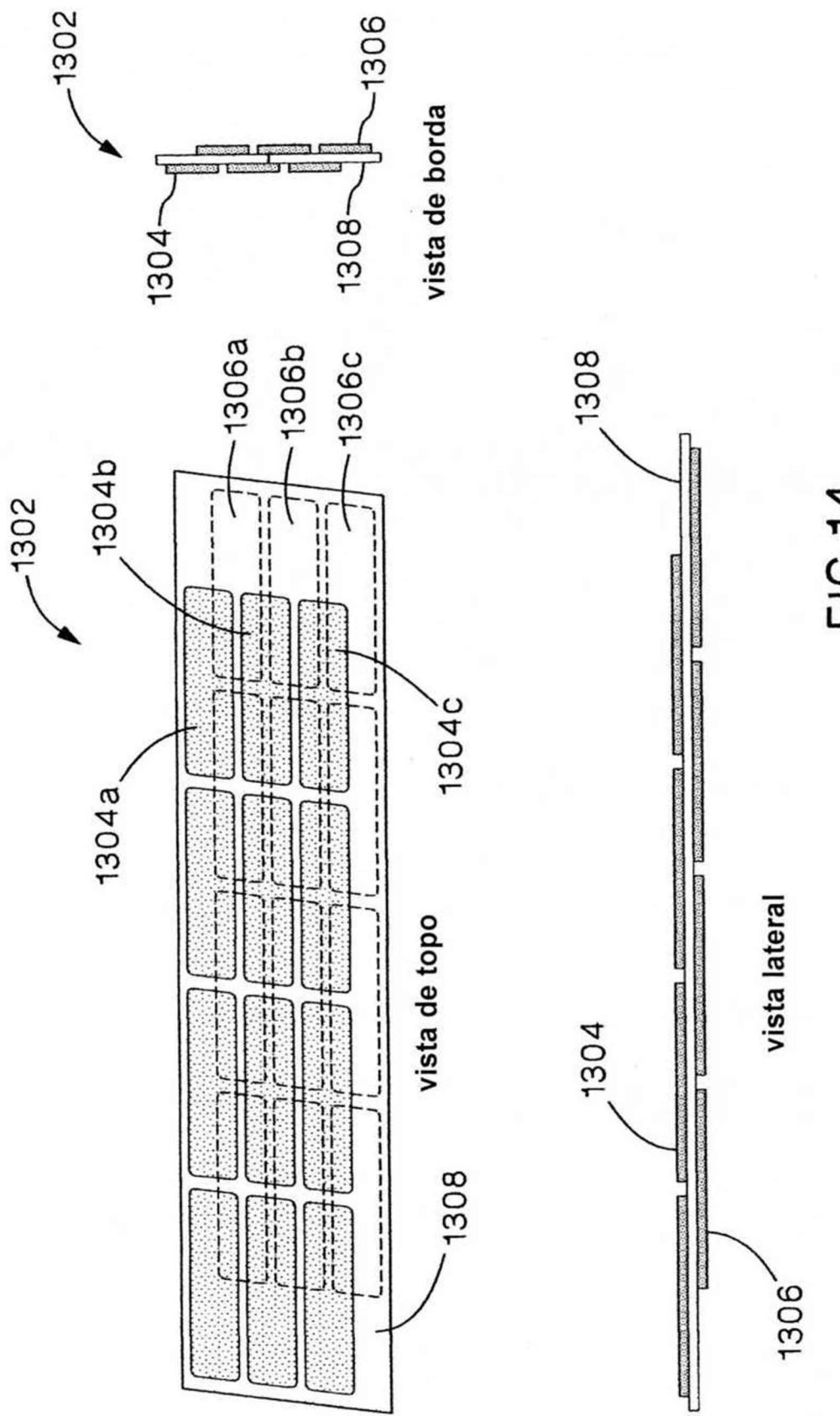


FIG. 14

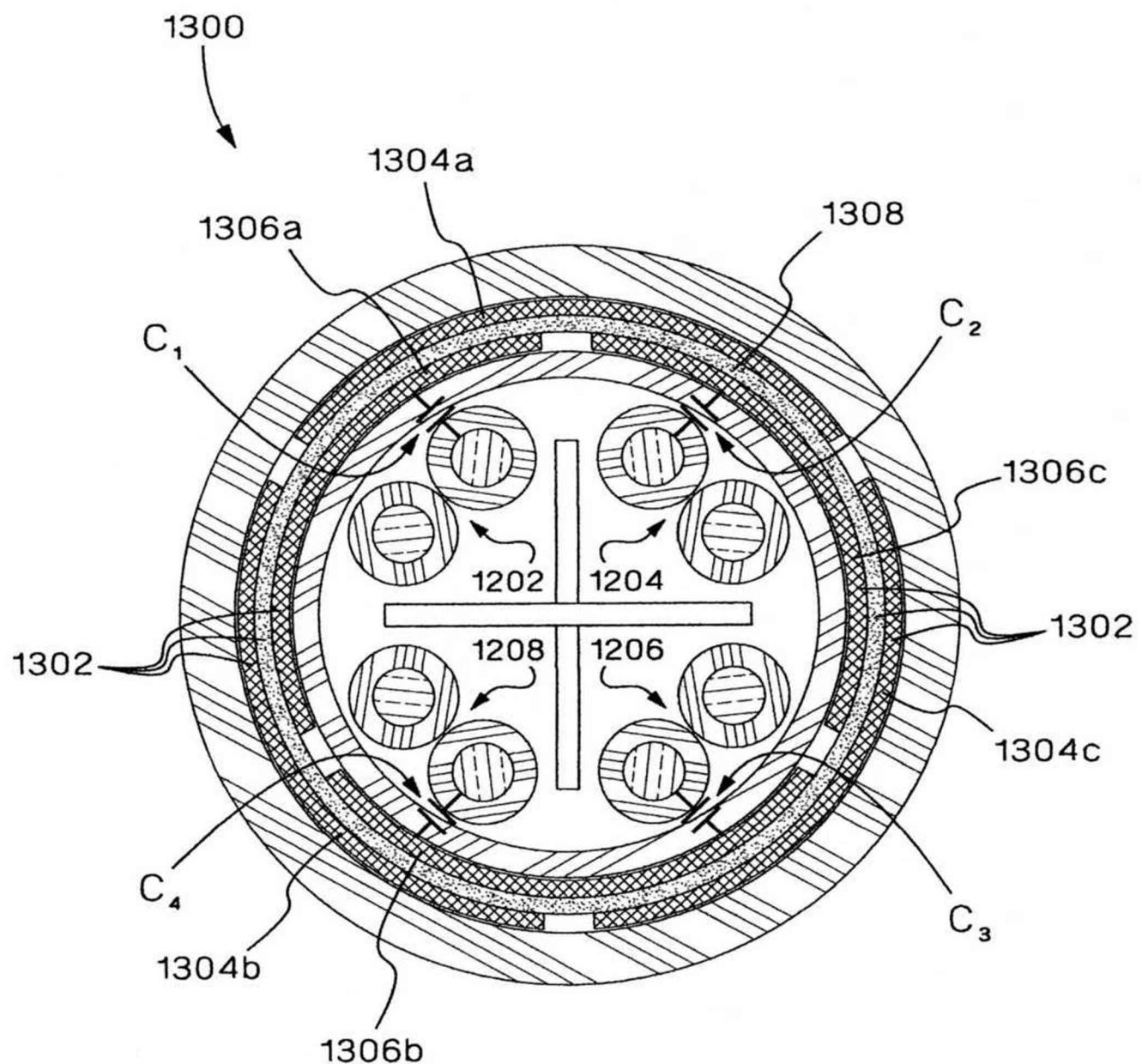


FIG.15

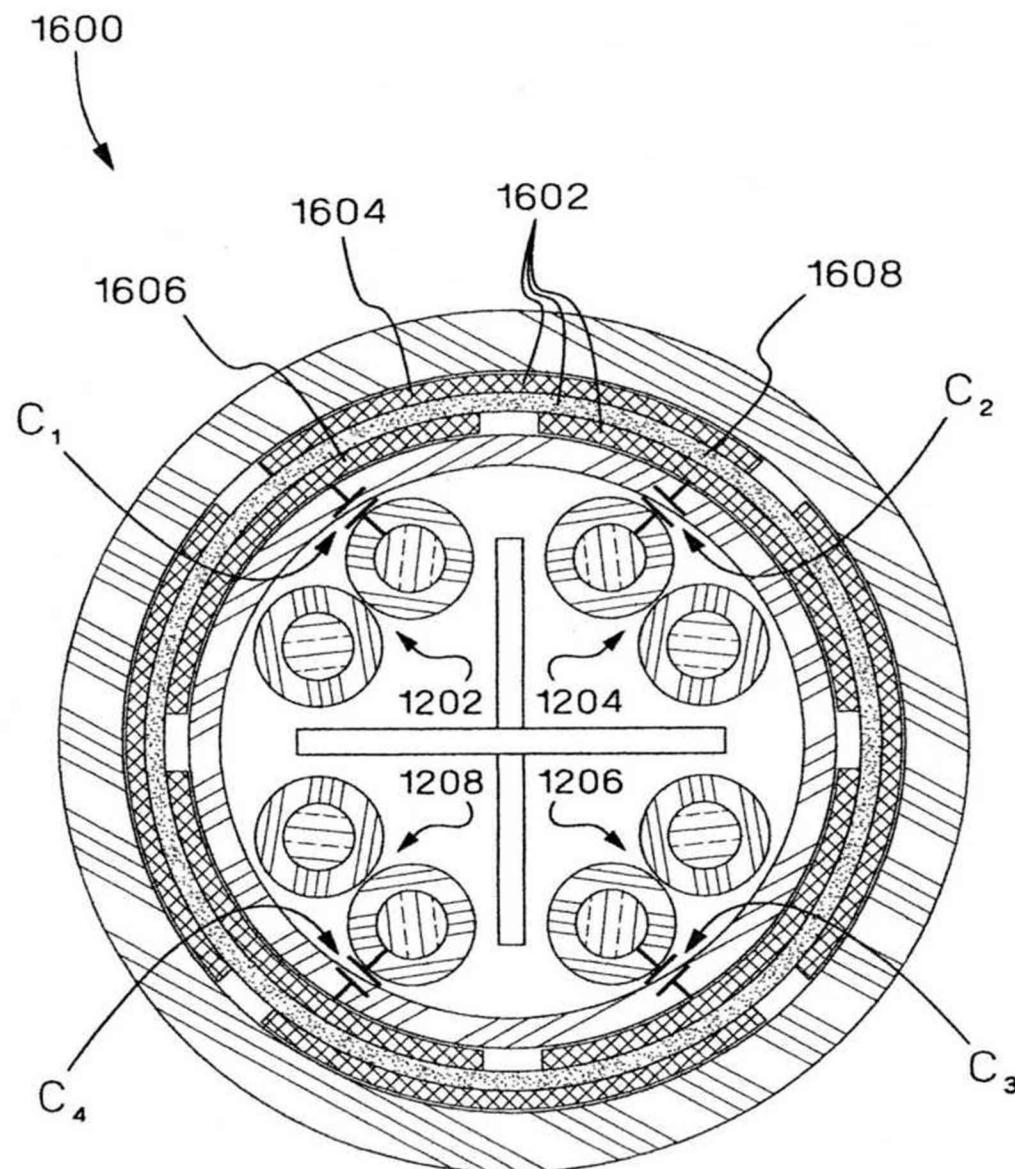


FIG. 16

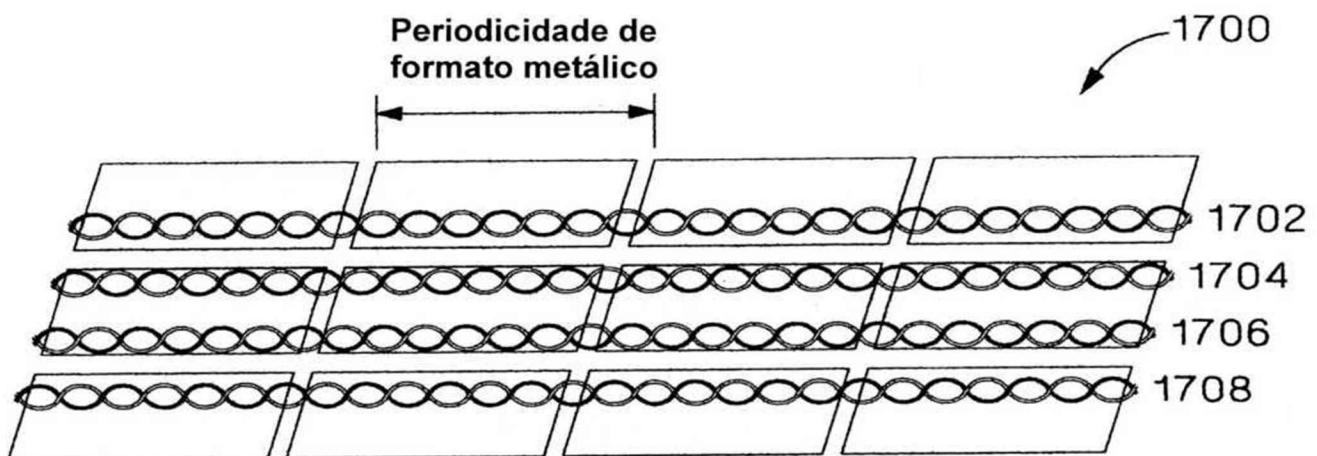


FIG.17a

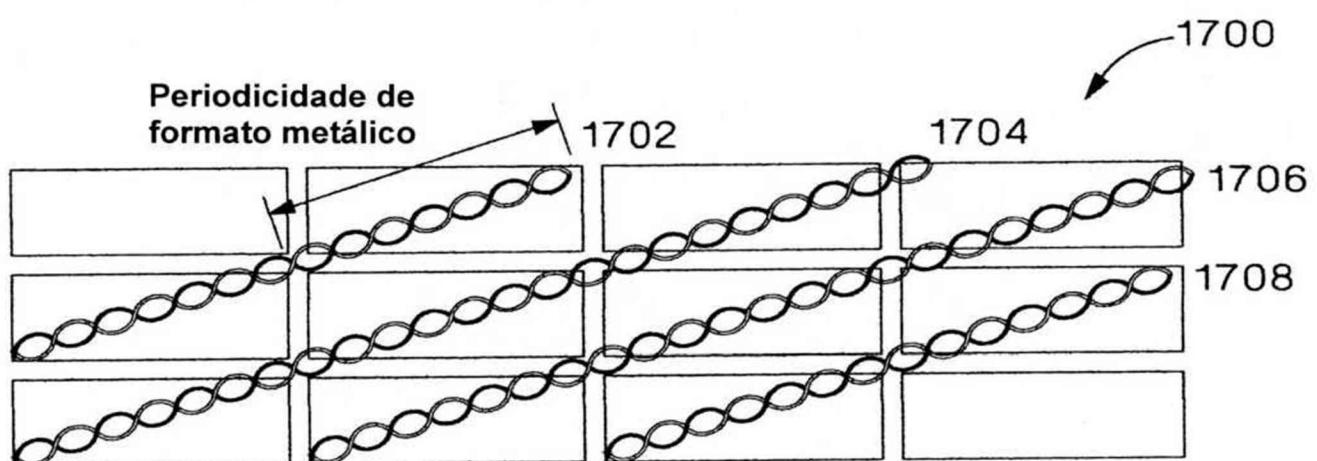


FIG.17b

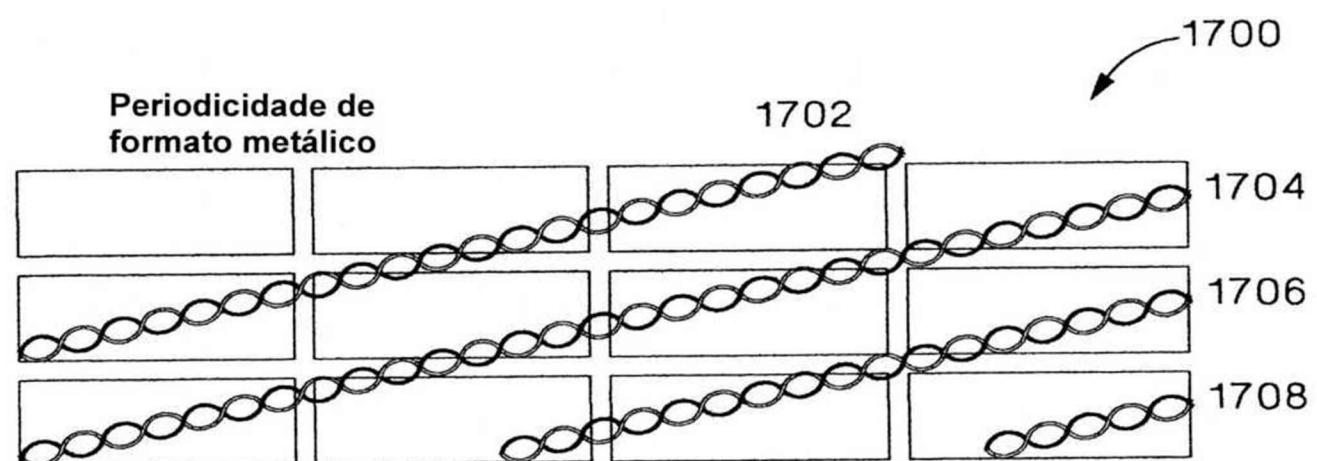


FIG.17c

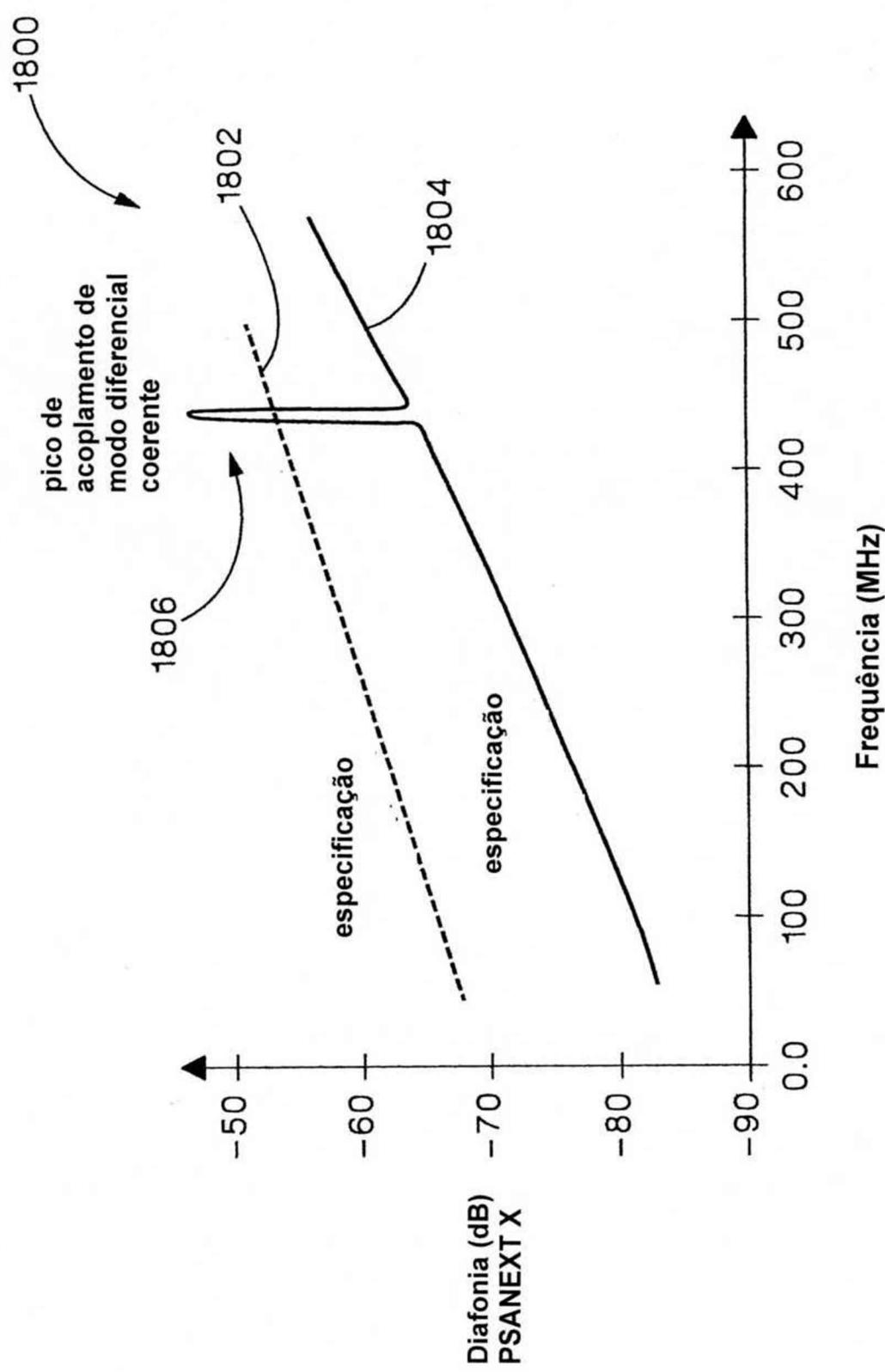


FIG. 18

Acoplamento de par-2-par de modo diferencial estranho e comum

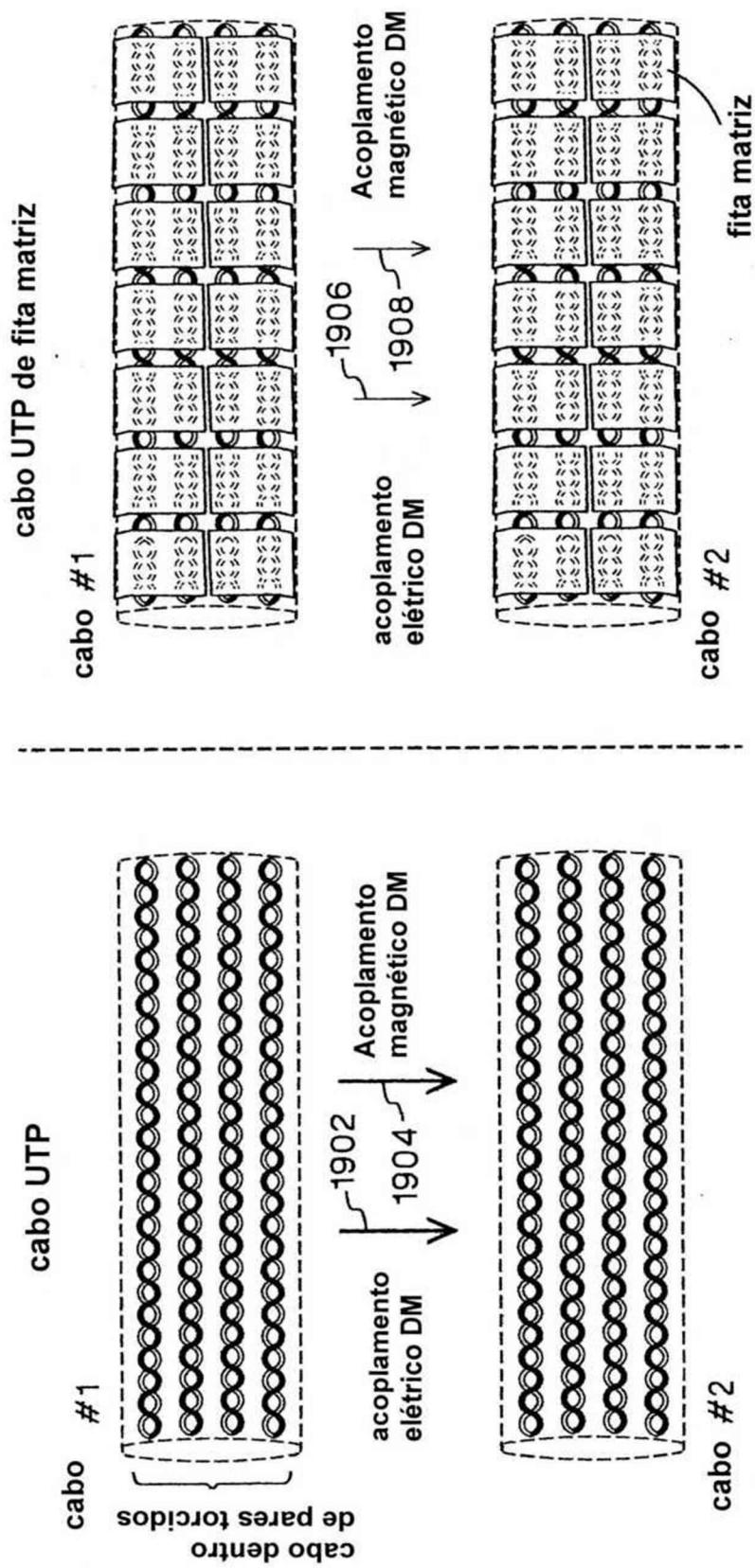


FIG. 19A

FIG. 19B

Acoplamento de par-2-par de modo diferencial estranho e comum

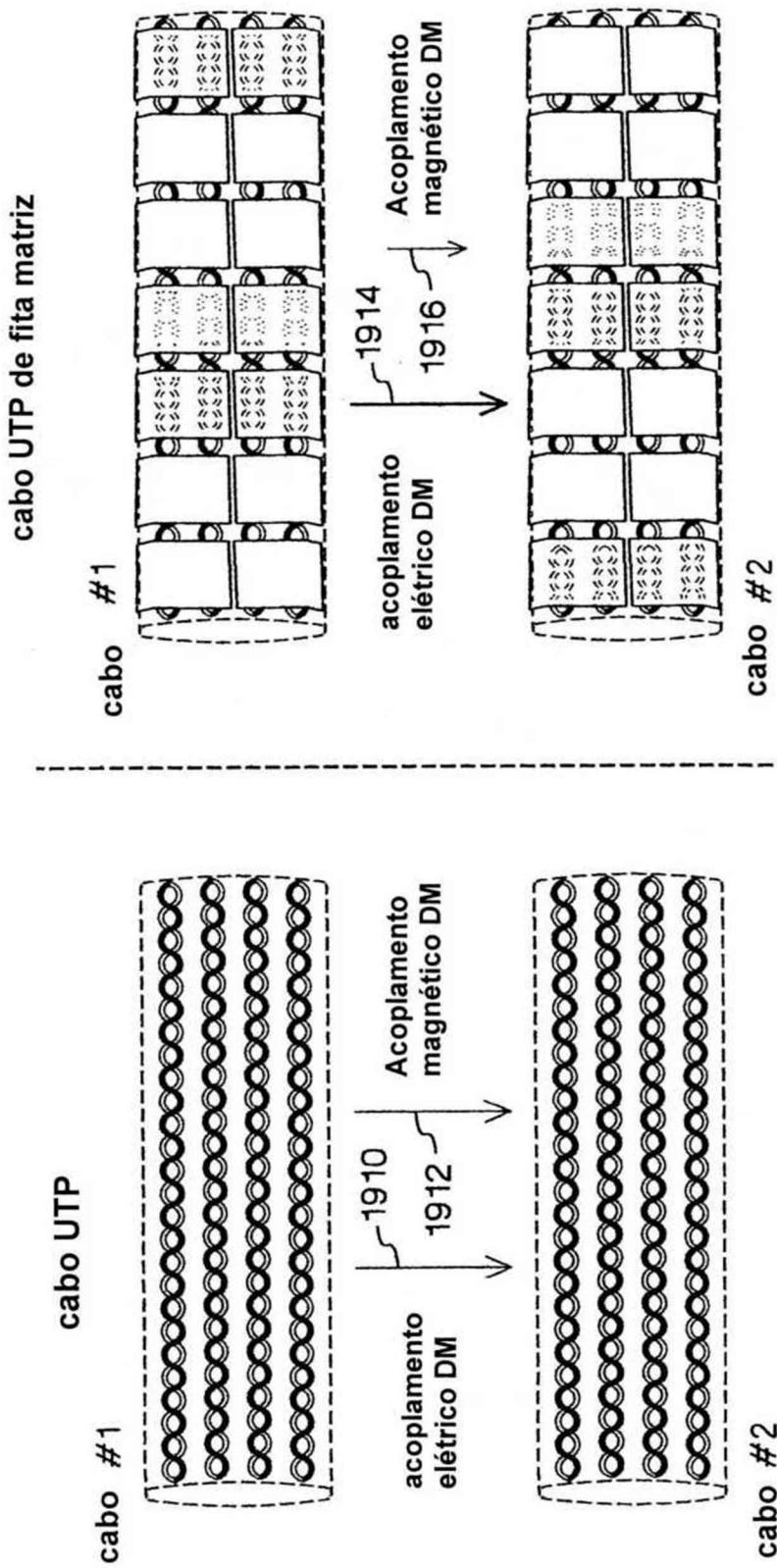


FIG. 19C

FIG. 19D

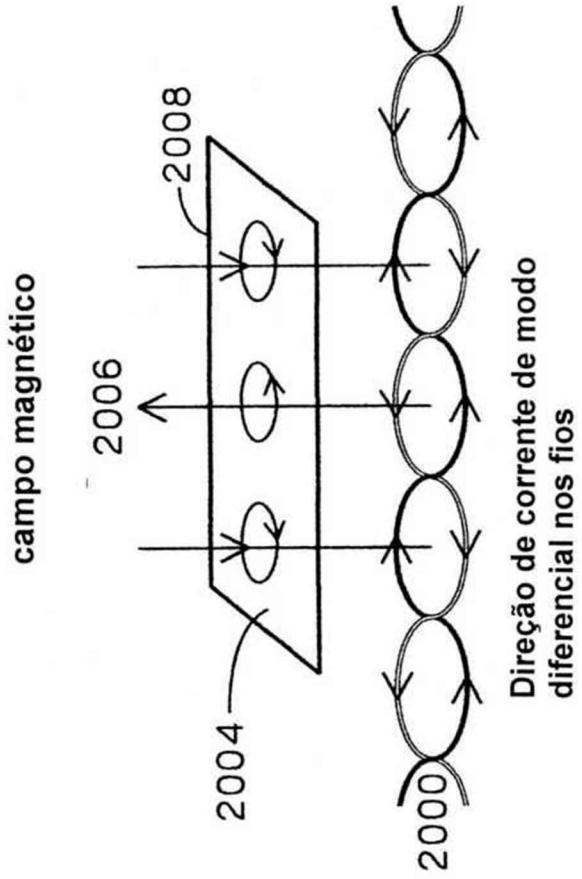


FIG.20A

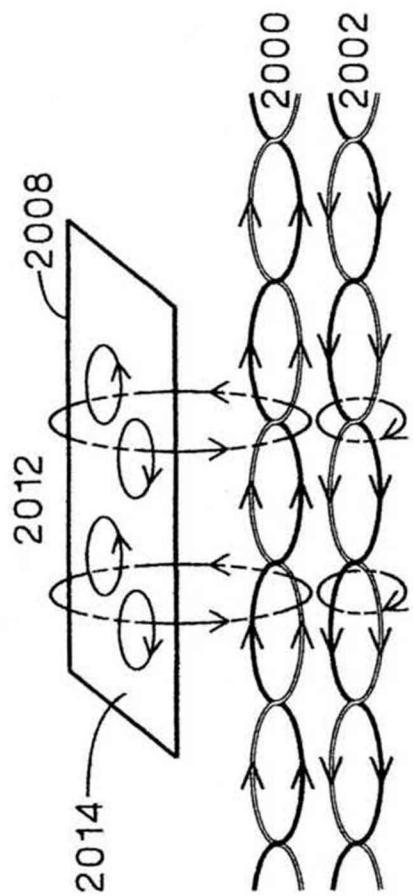
**campo magnético**

FIG.20B

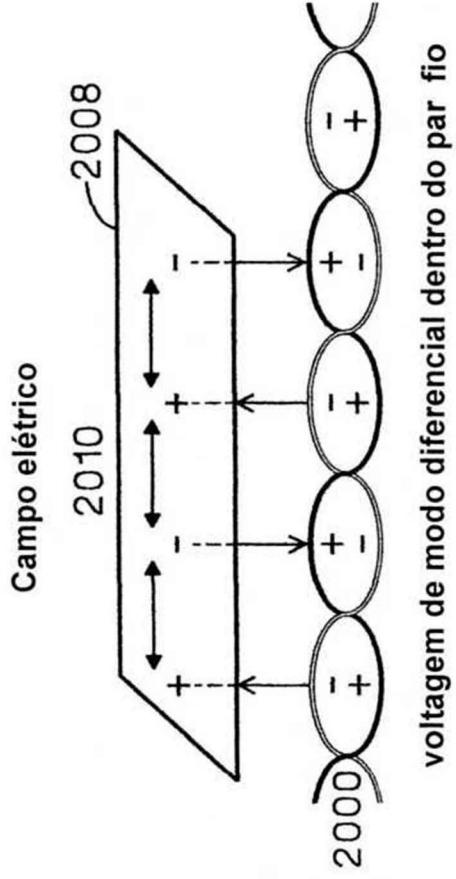
**voltagem de modo comum nos pares de fio**

FIG.20C

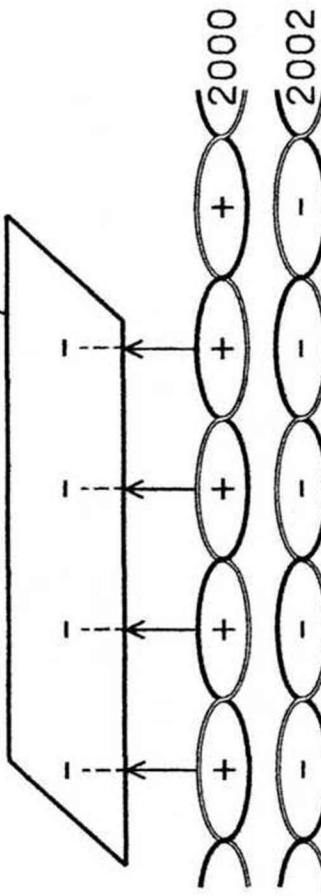
**Campo elétrico**

FIG.20D

**voltagem de modo comum nos pares de fio**

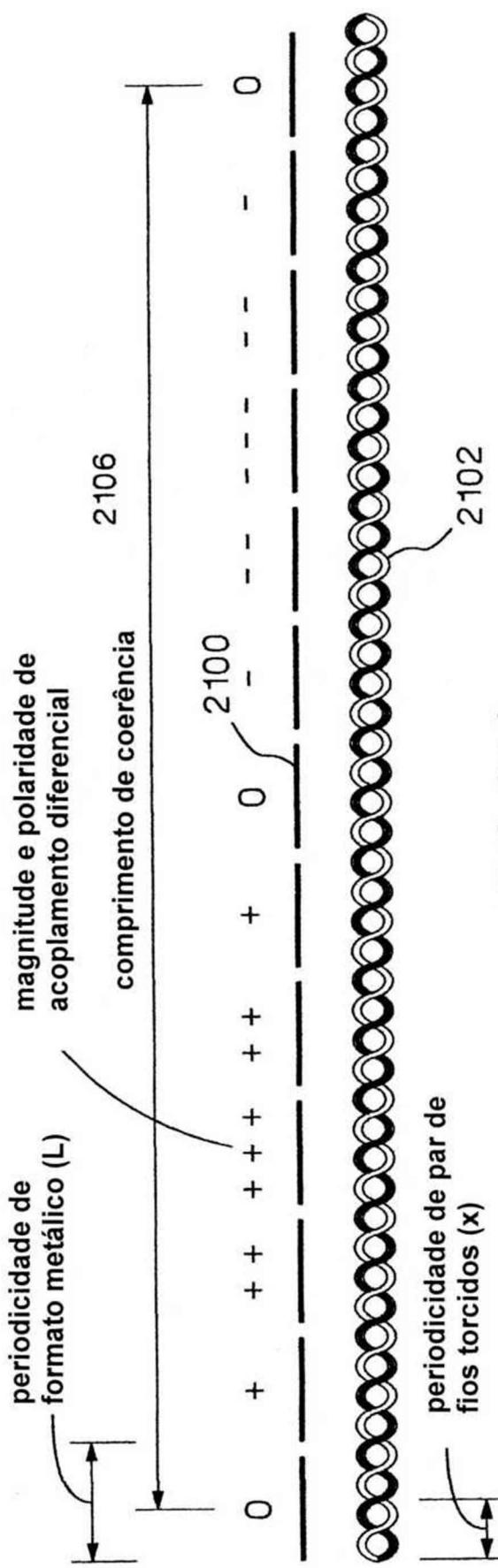


FIG.21A

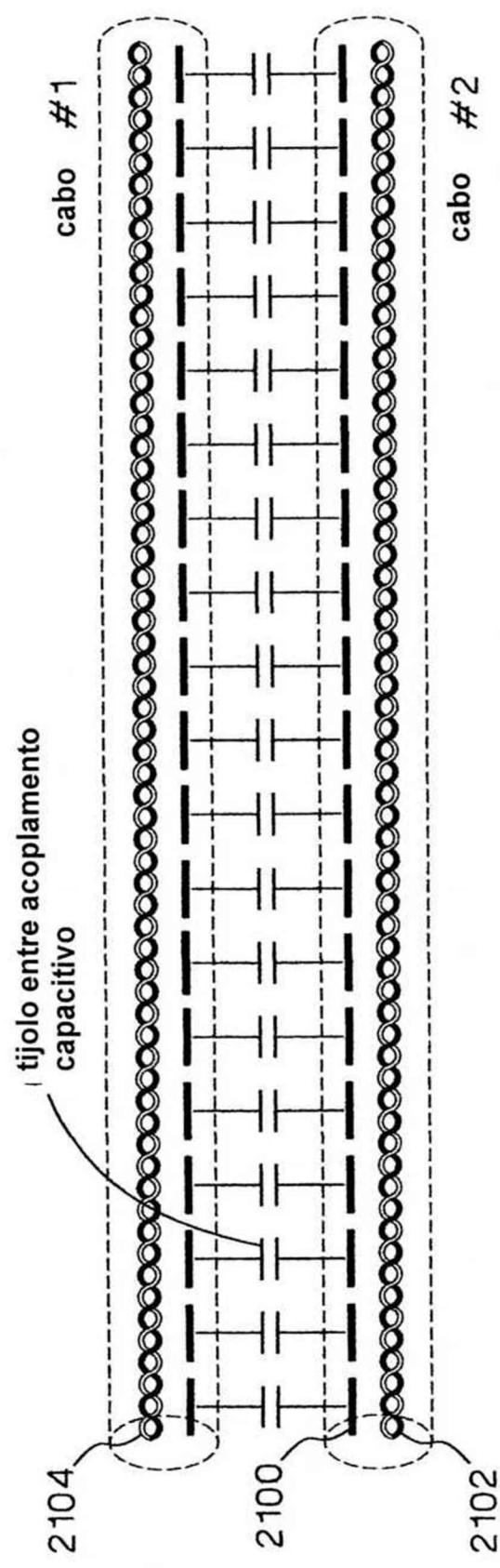


FIG.21B

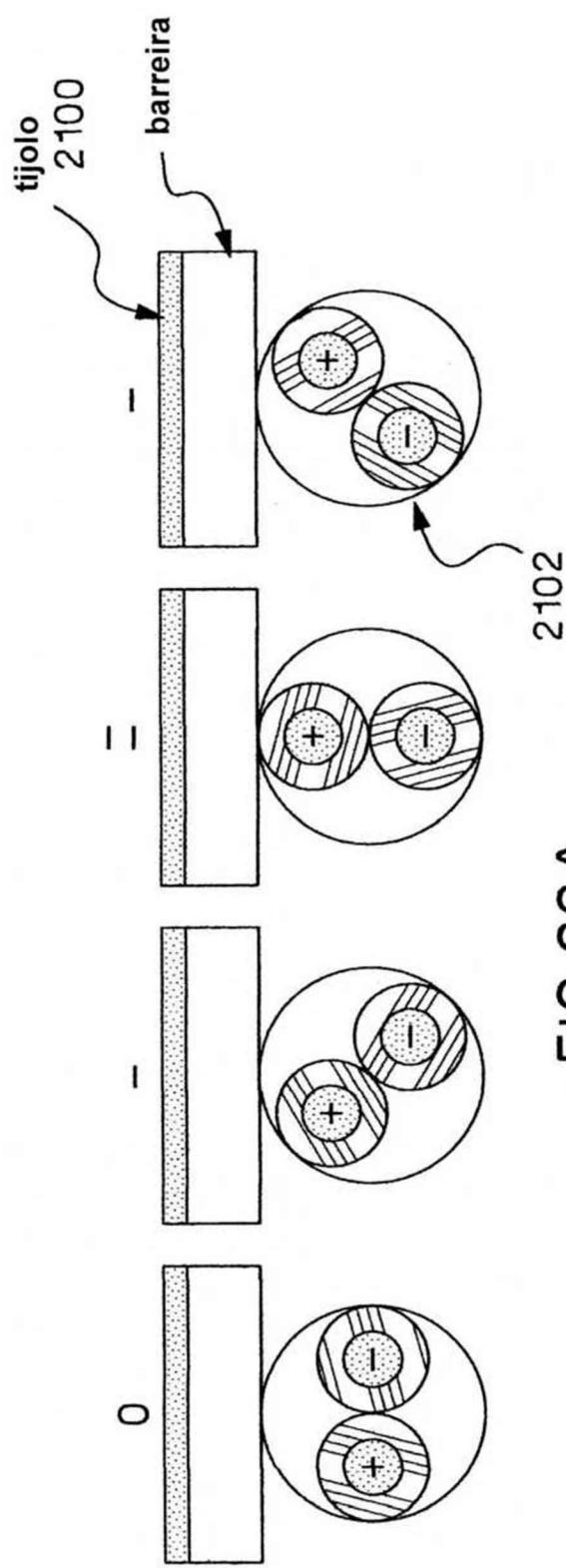


FIG.22A

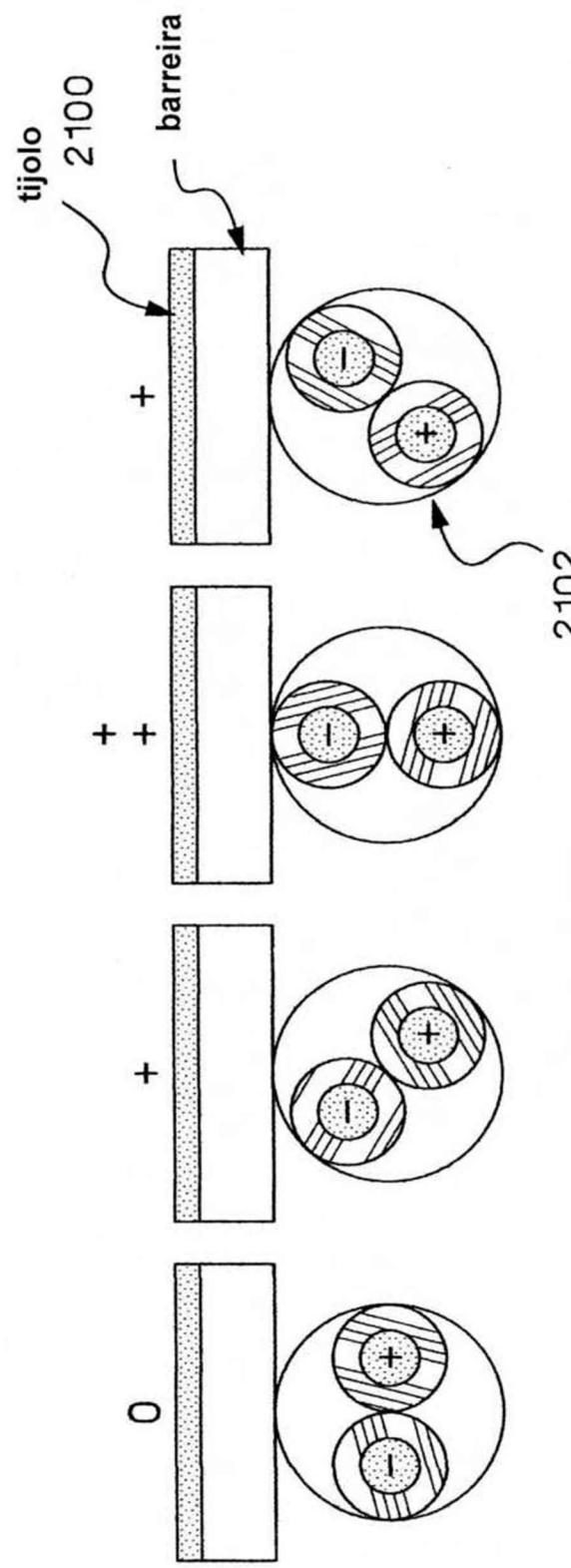


FIG.22B

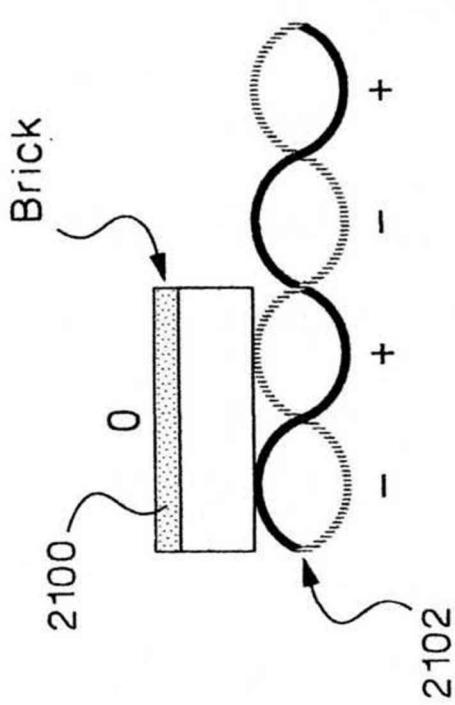


FIG.23A

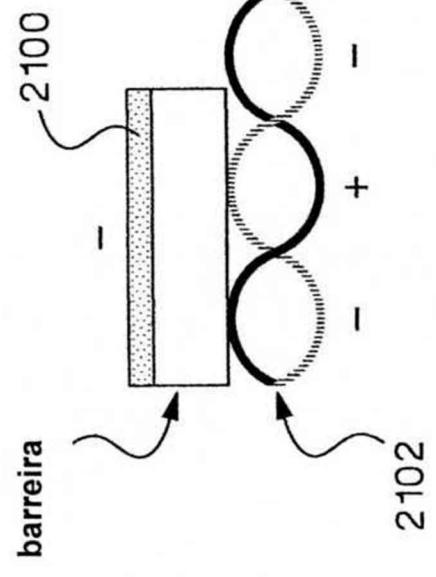


FIG.23B

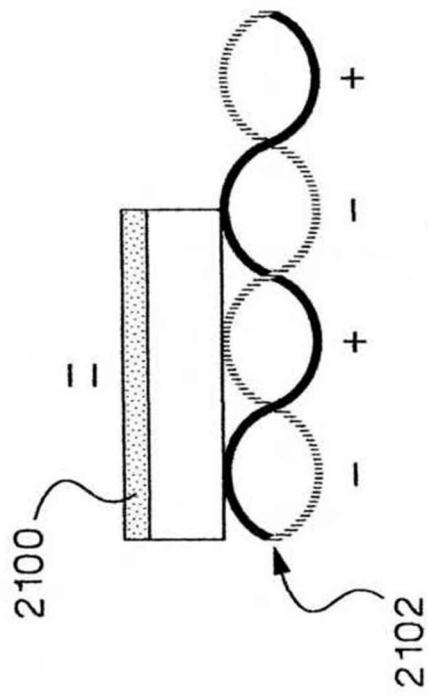


FIG.23C

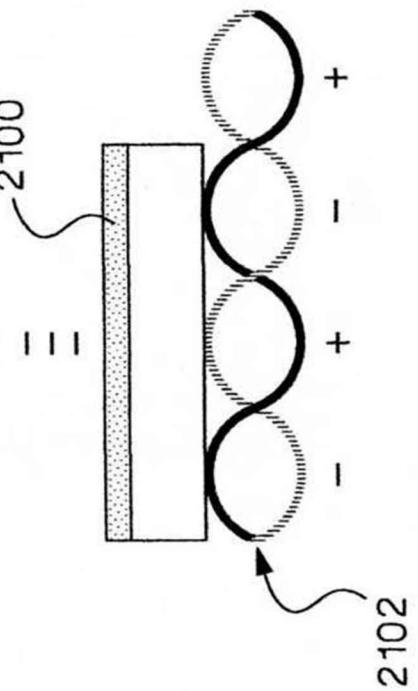
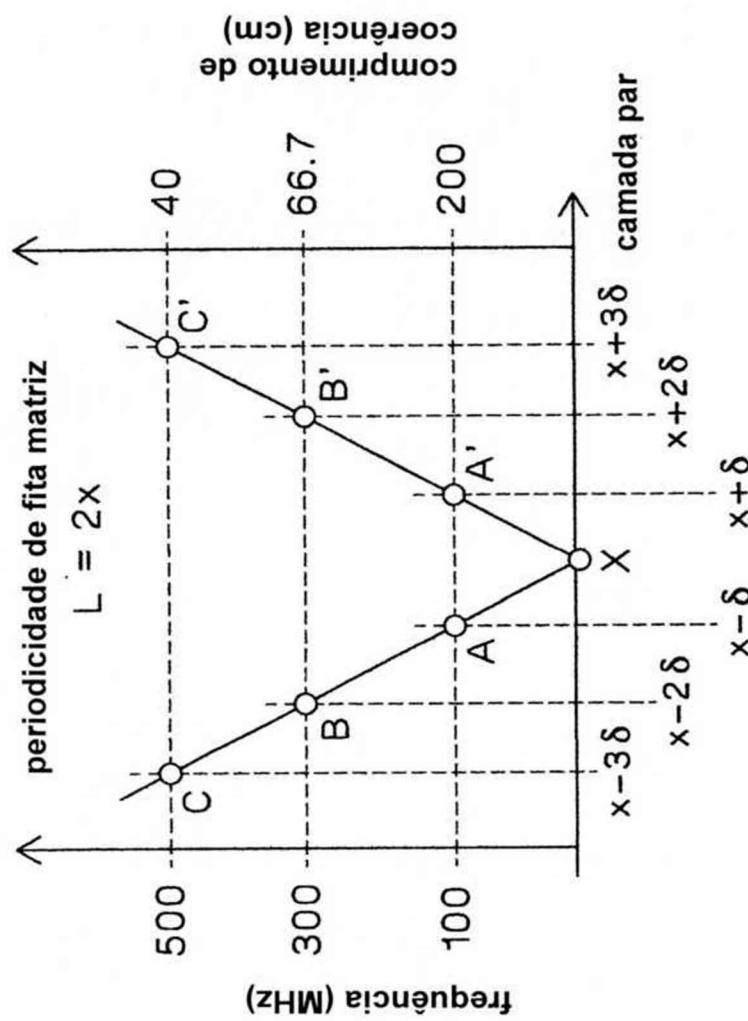
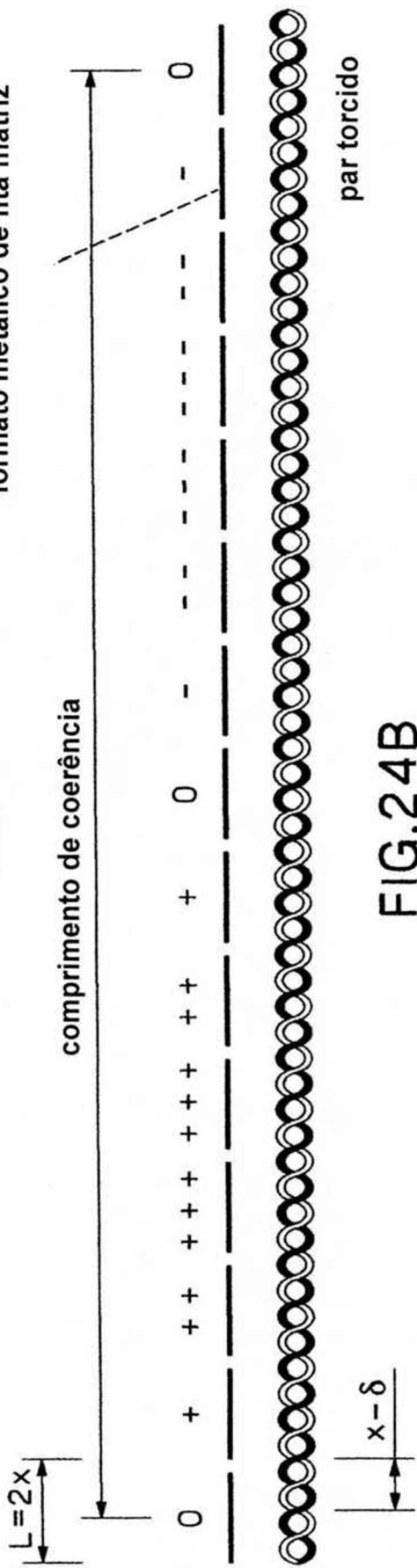


FIG.23D



formato metálico de fita matriz

FIG. 24A



formato metálico de fita matriz

comprimento de coerência

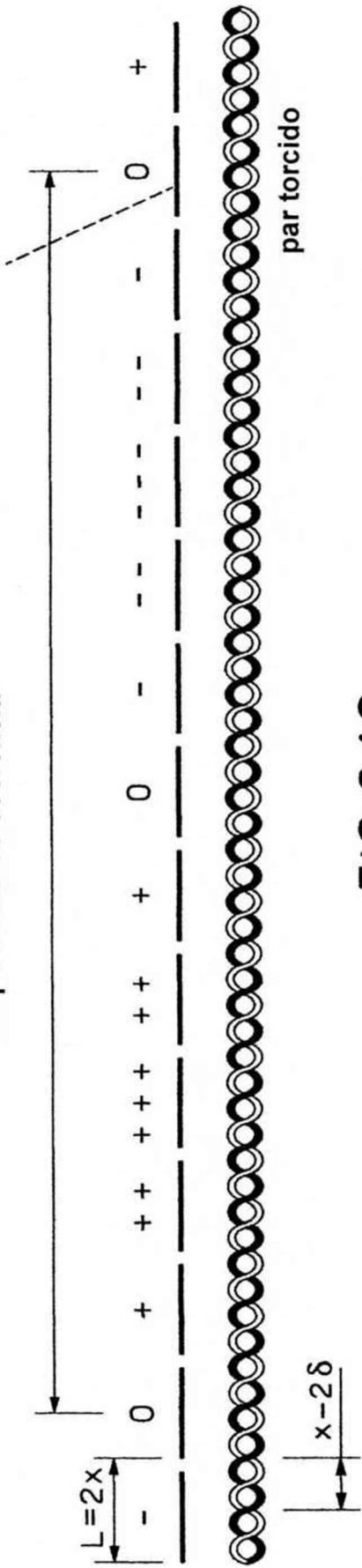


FIG.24C

formato metálico de fita matriz

comprimento de coerência

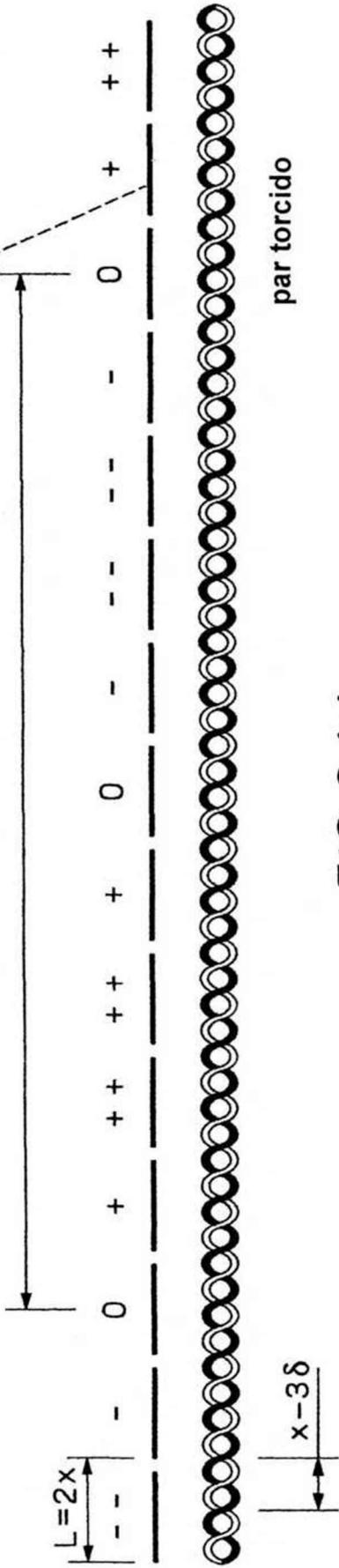
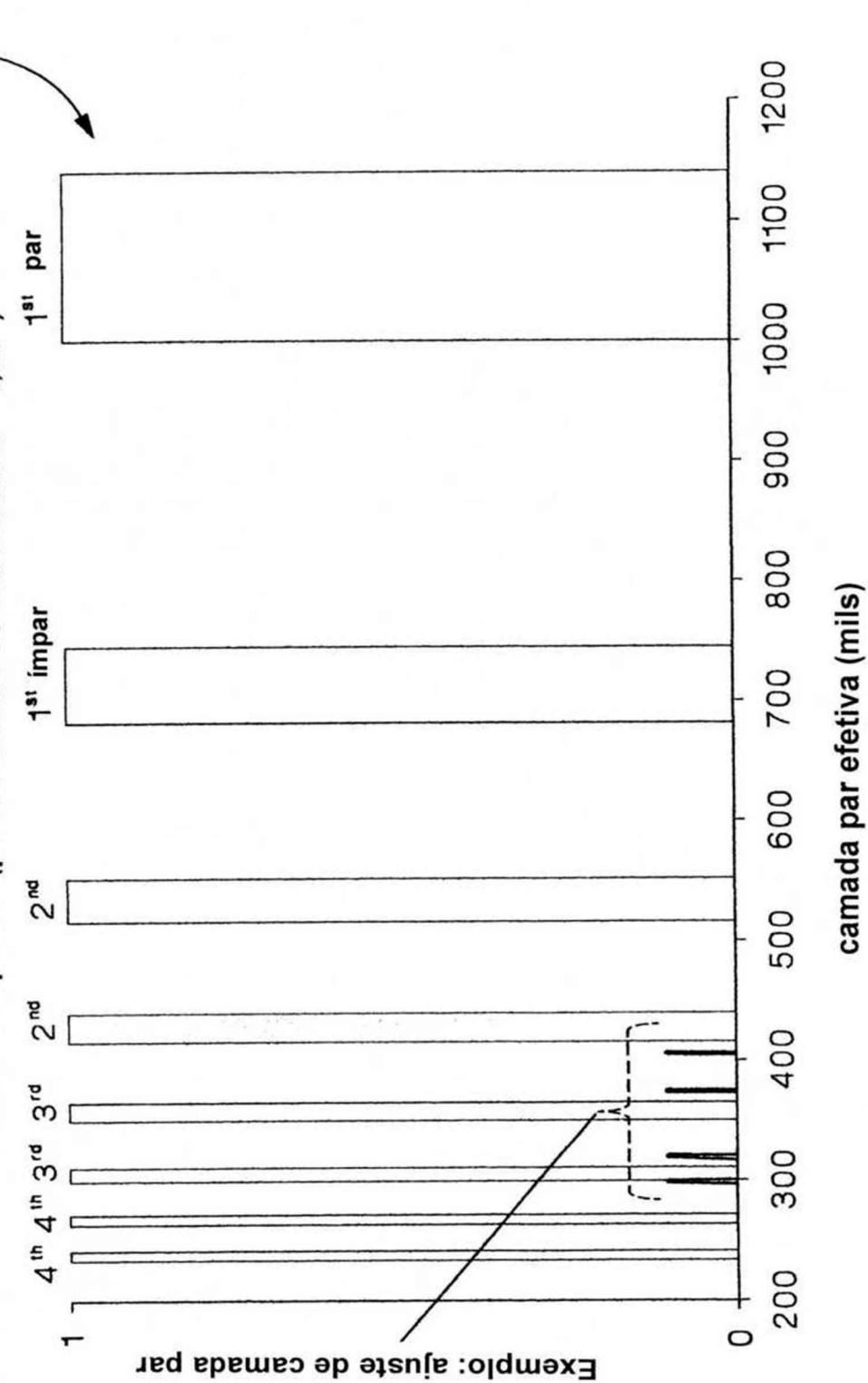


FIG.24d

FIG.25A

modos Keep out - 2L/n				
	1st	2nd	3rd	4th
impar				
par	2	4	6	8
impar	3	5	7	9

FIG. 25B



**posicional  
variação sob tijolo**

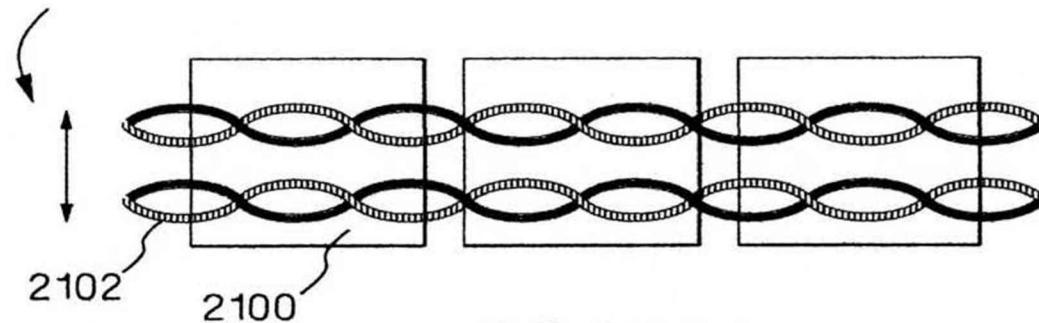


FIG.26A

**posicional  
variação sob tijolo**

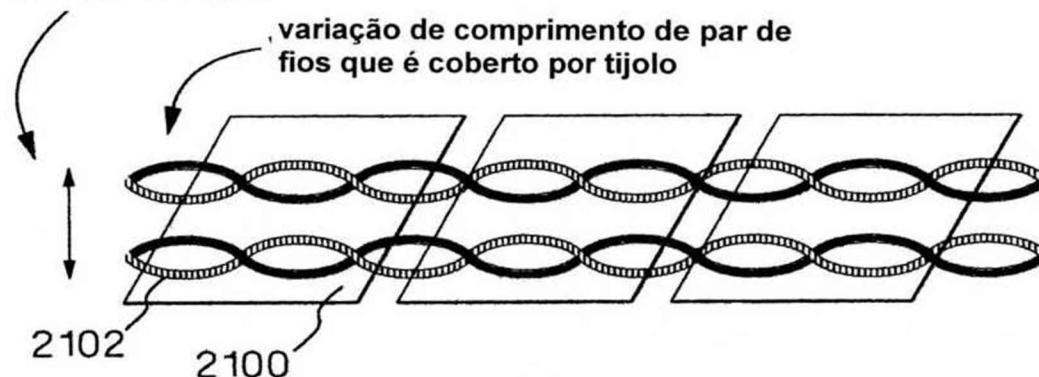


FIG.26B

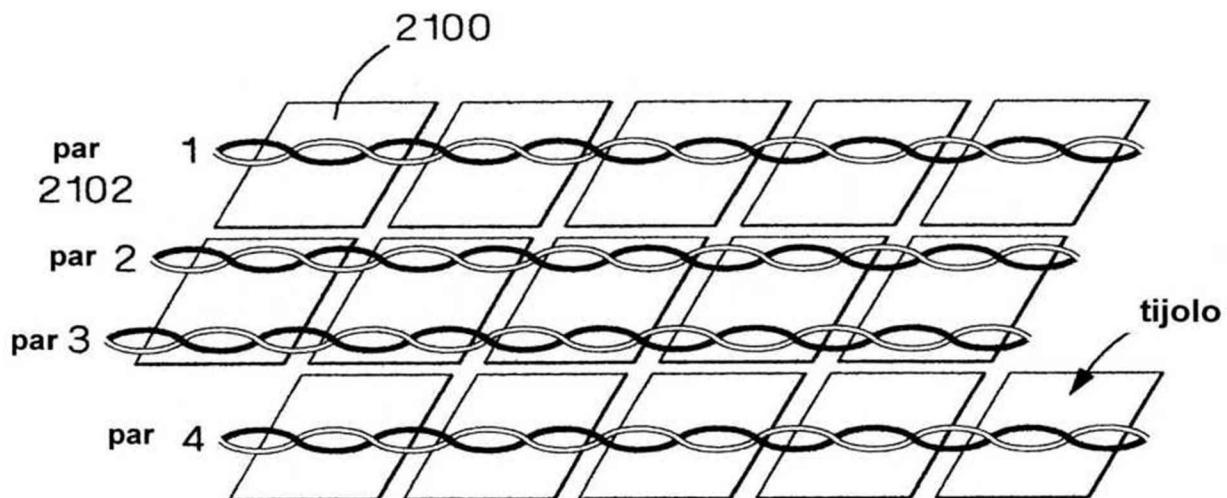


FIG.27

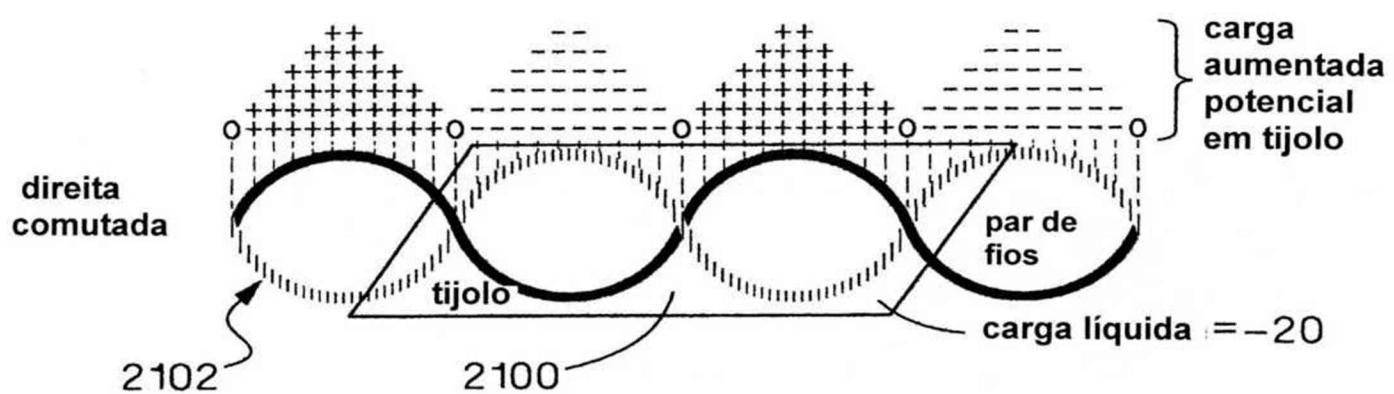


FIG.28A

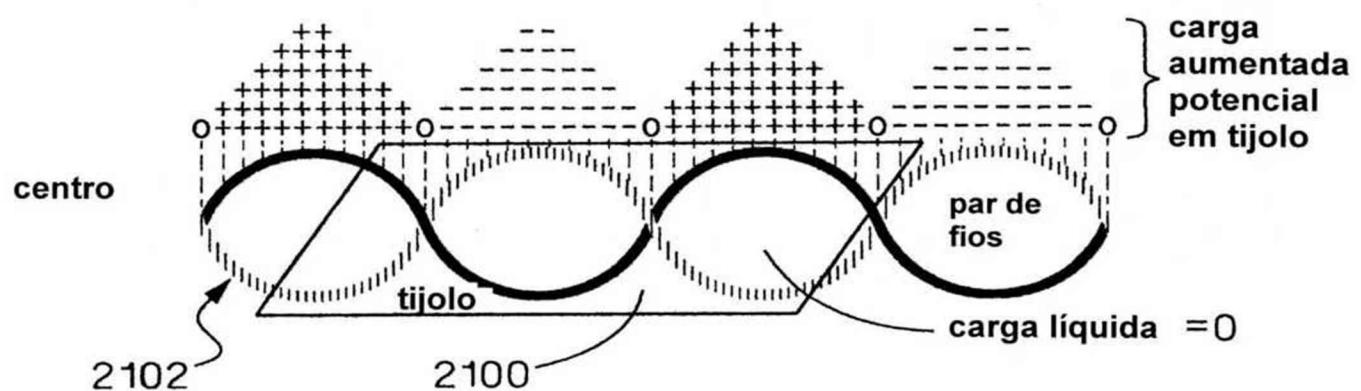


FIG.28B

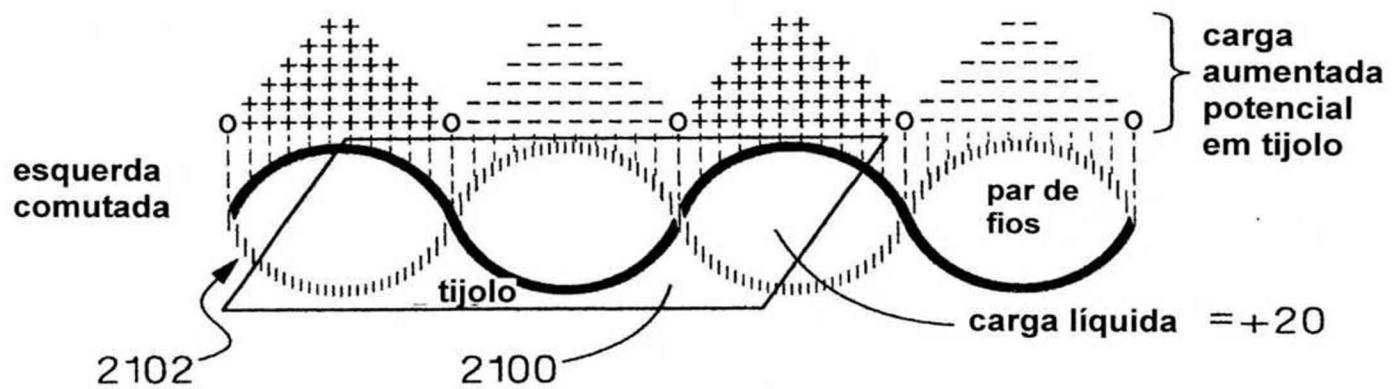


FIG.28C

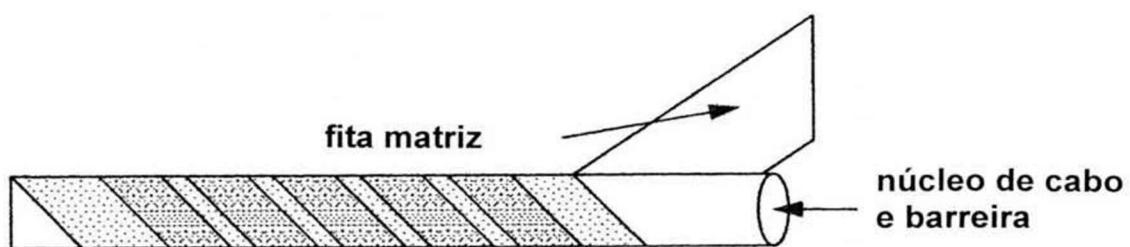


FIG.29A

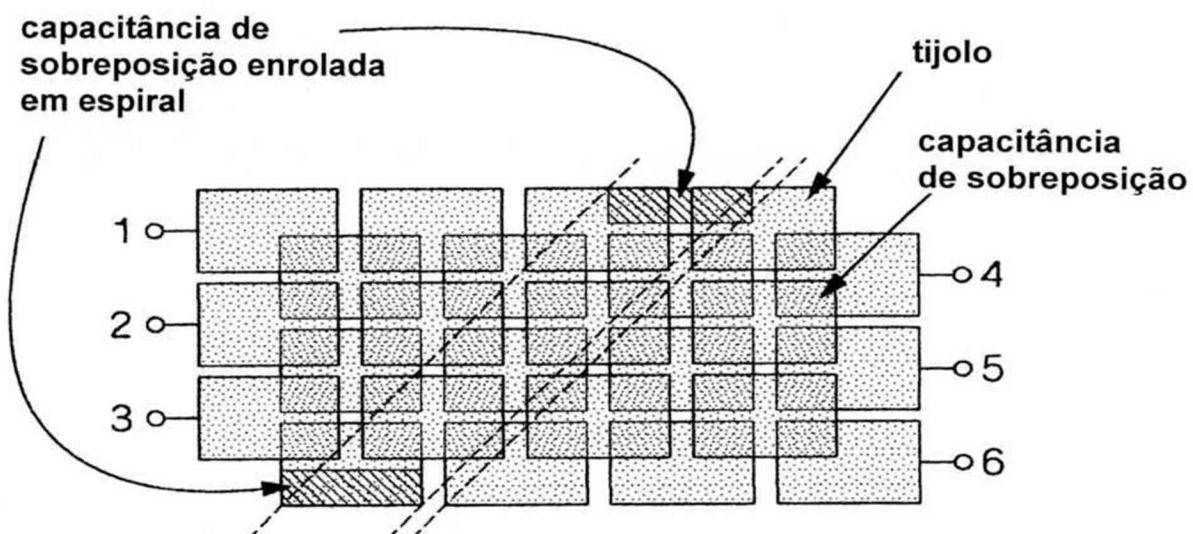


FIG.29B

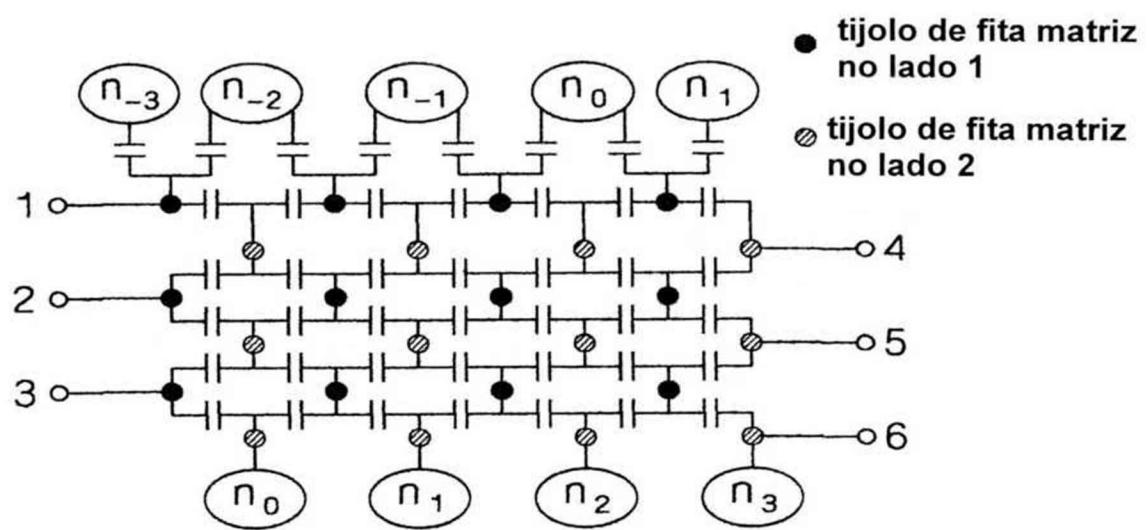


FIG.29C

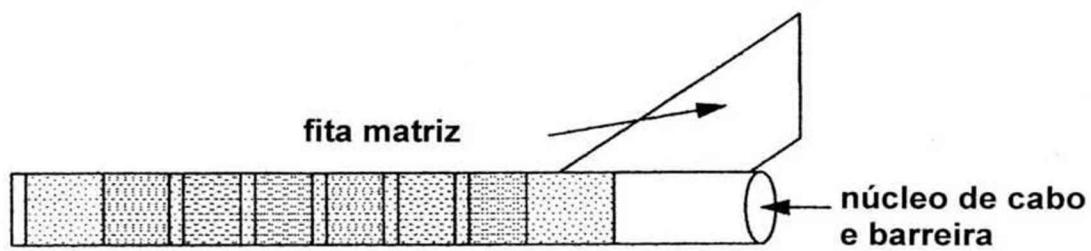


FIG.30A

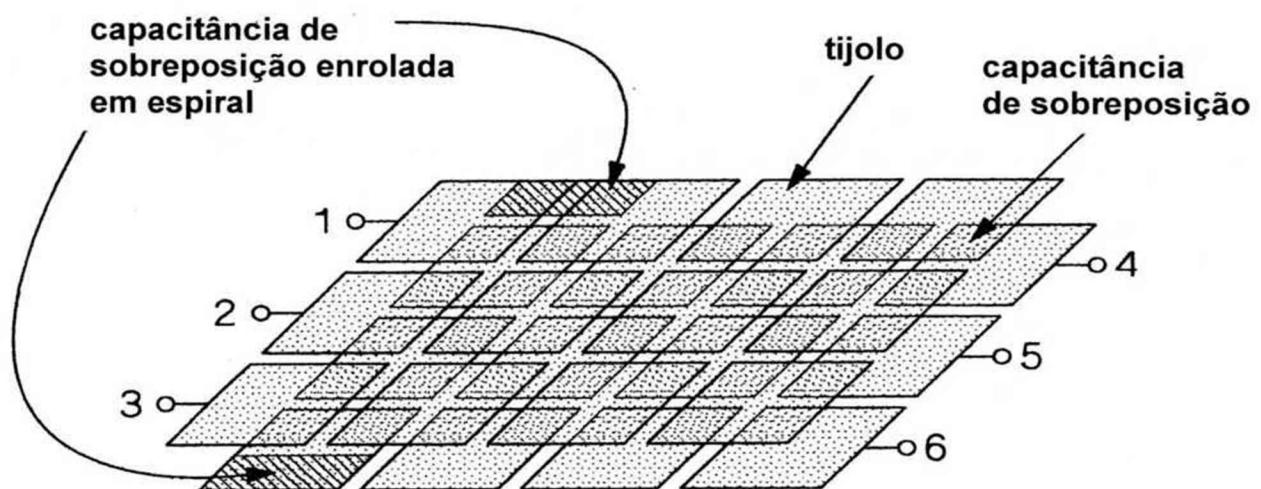


FIG.30B

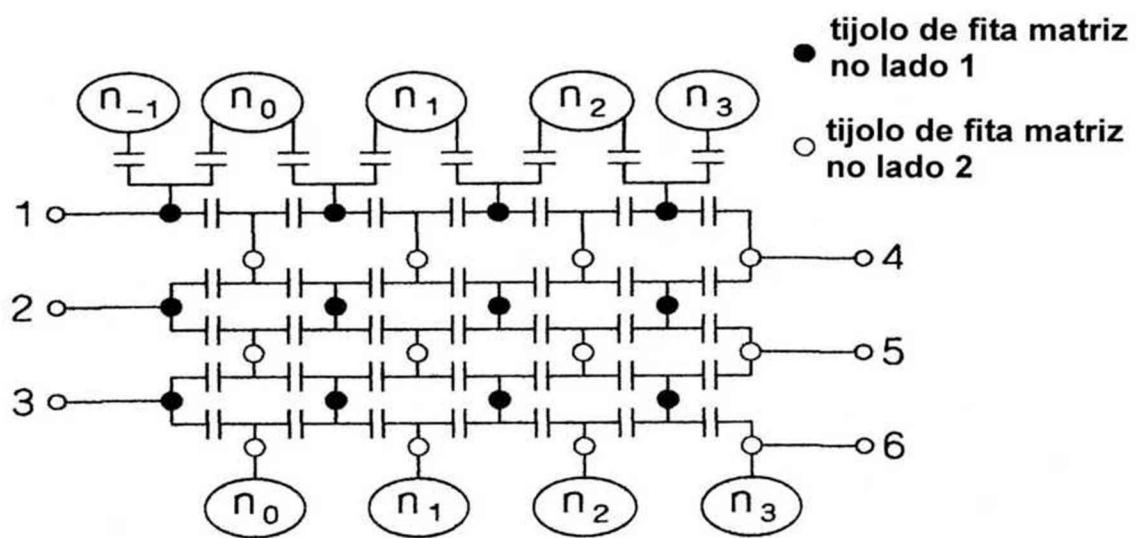


FIG.30C

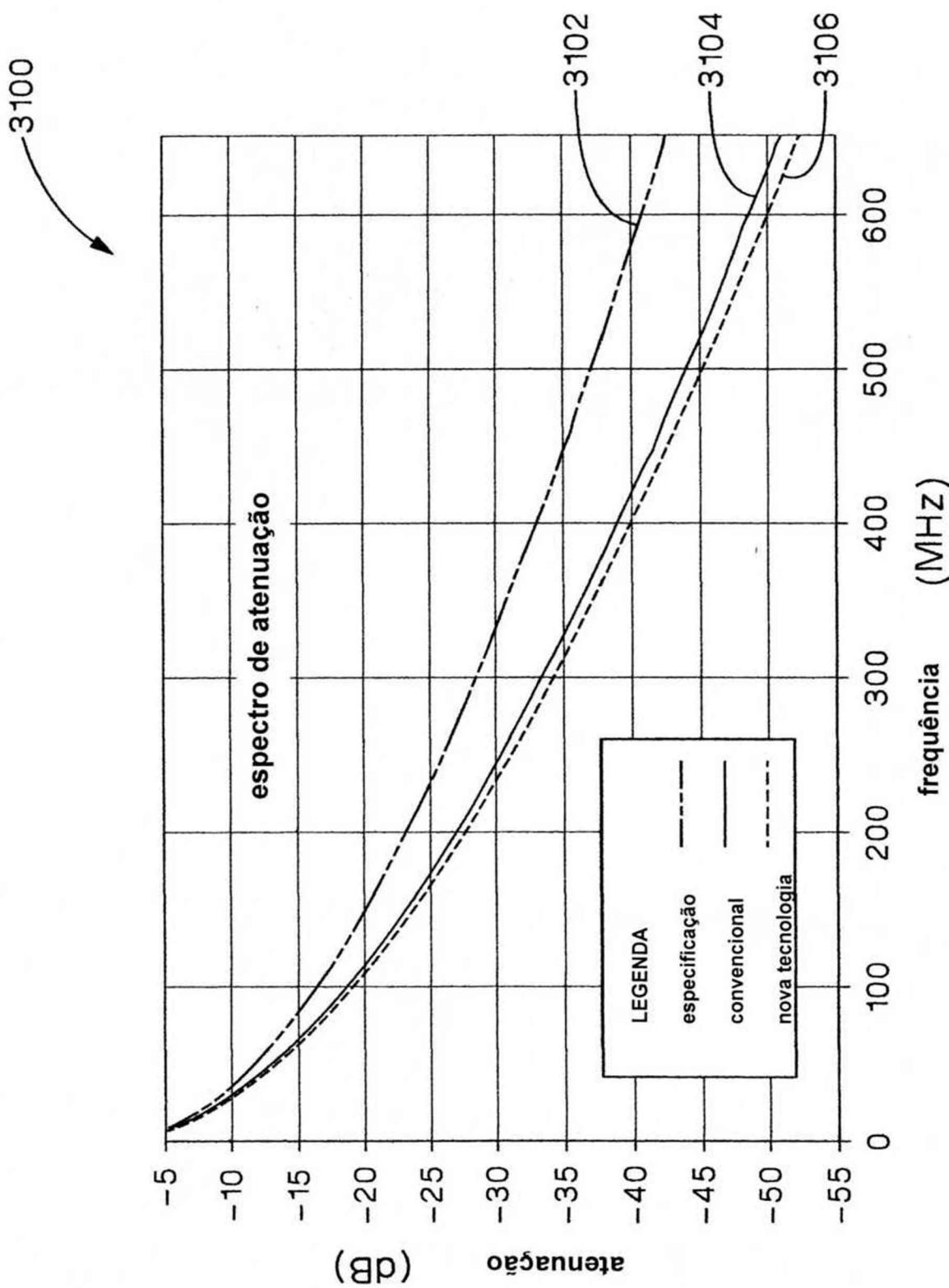


FIG.31

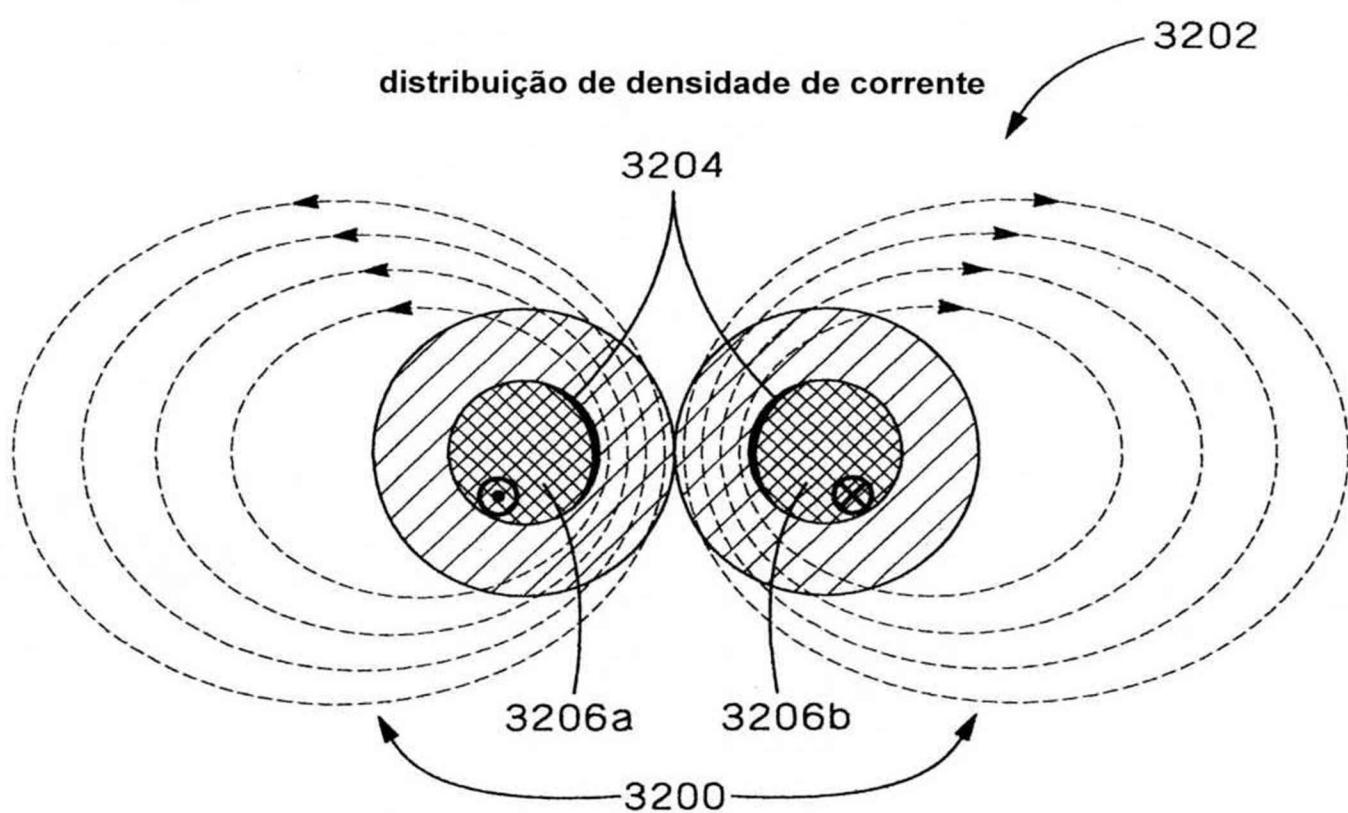


FIG.32A

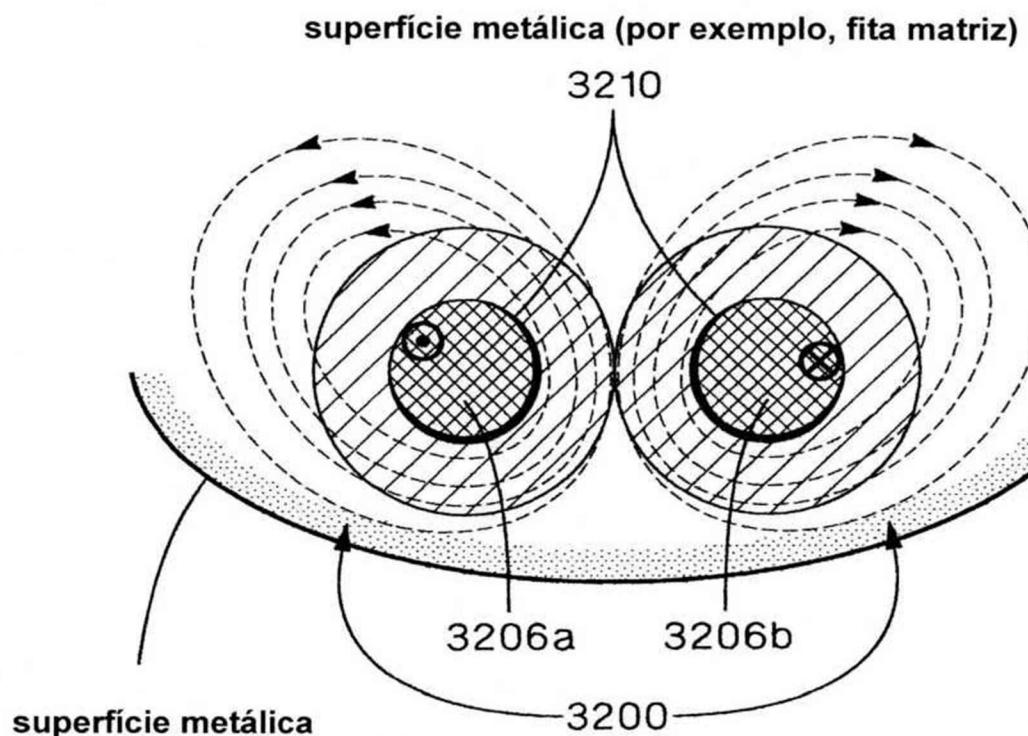


FIG.32B

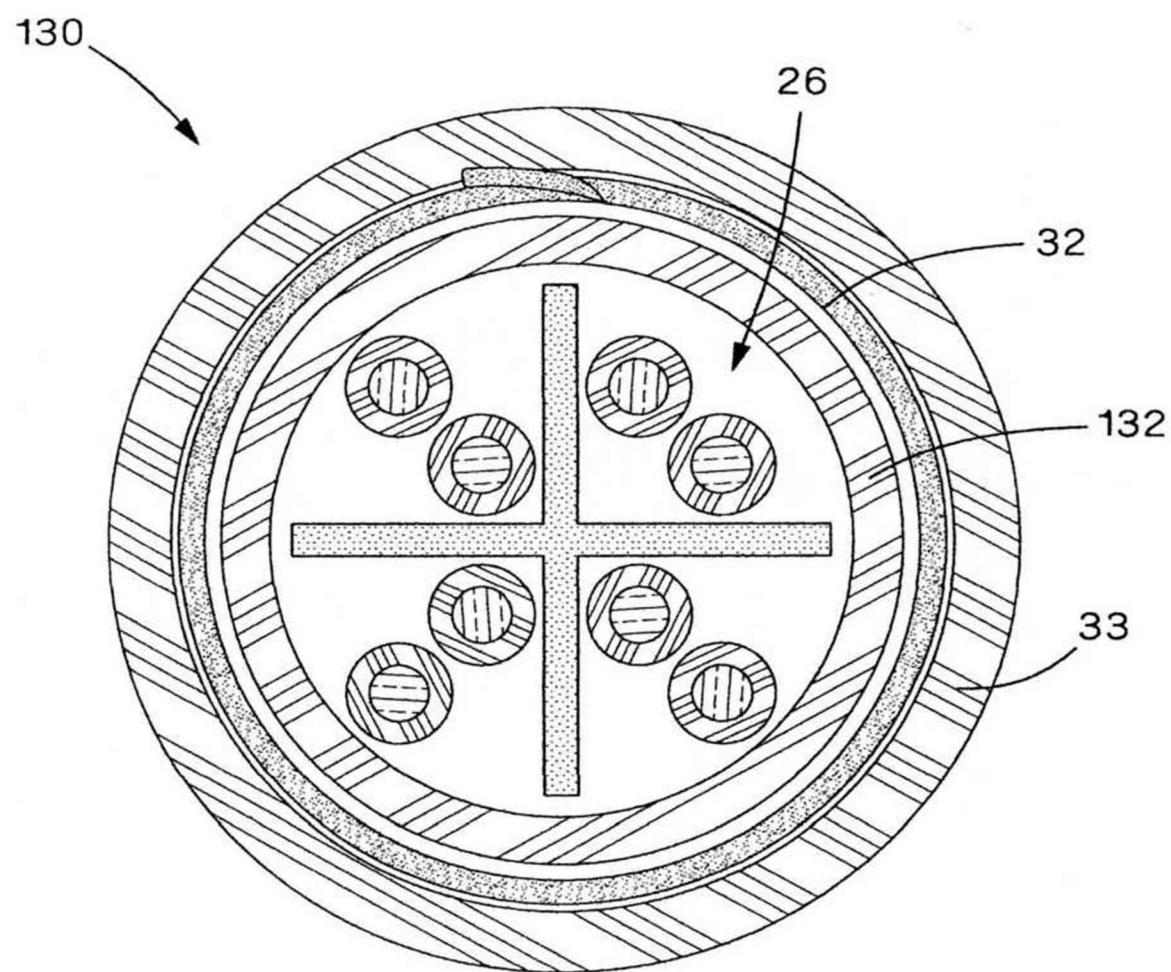


FIG.33

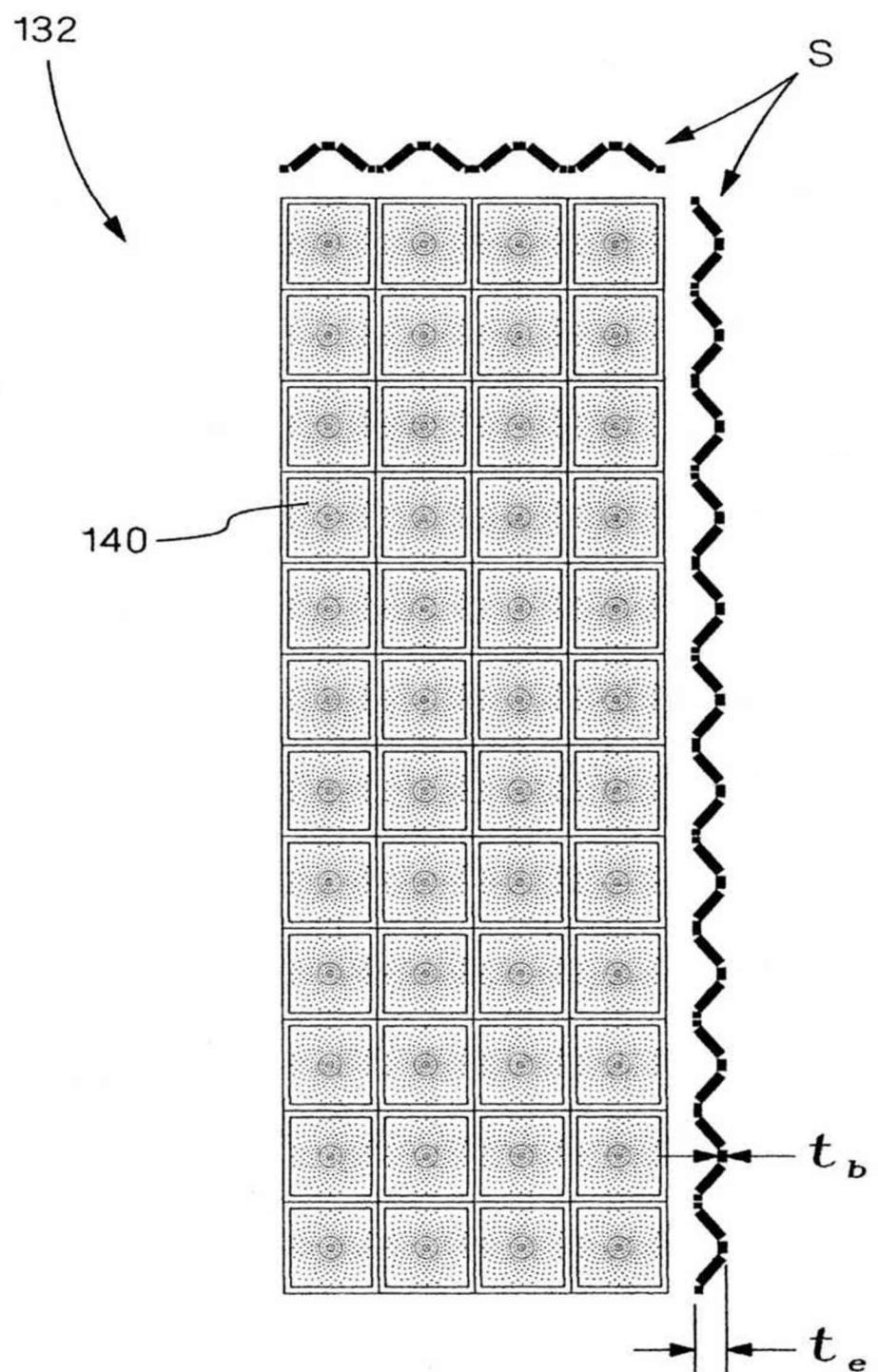


FIG.34

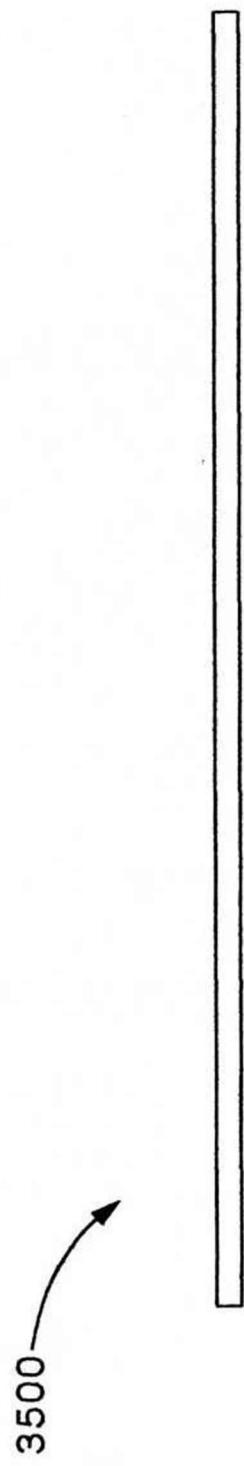


FIG.35A

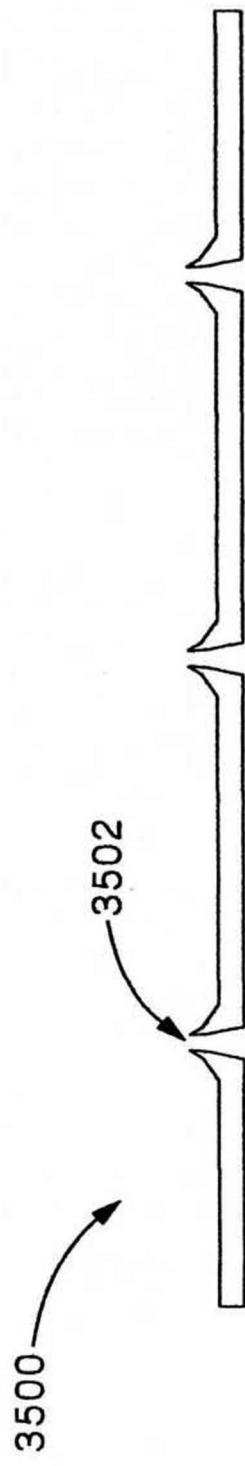


FIG.35B

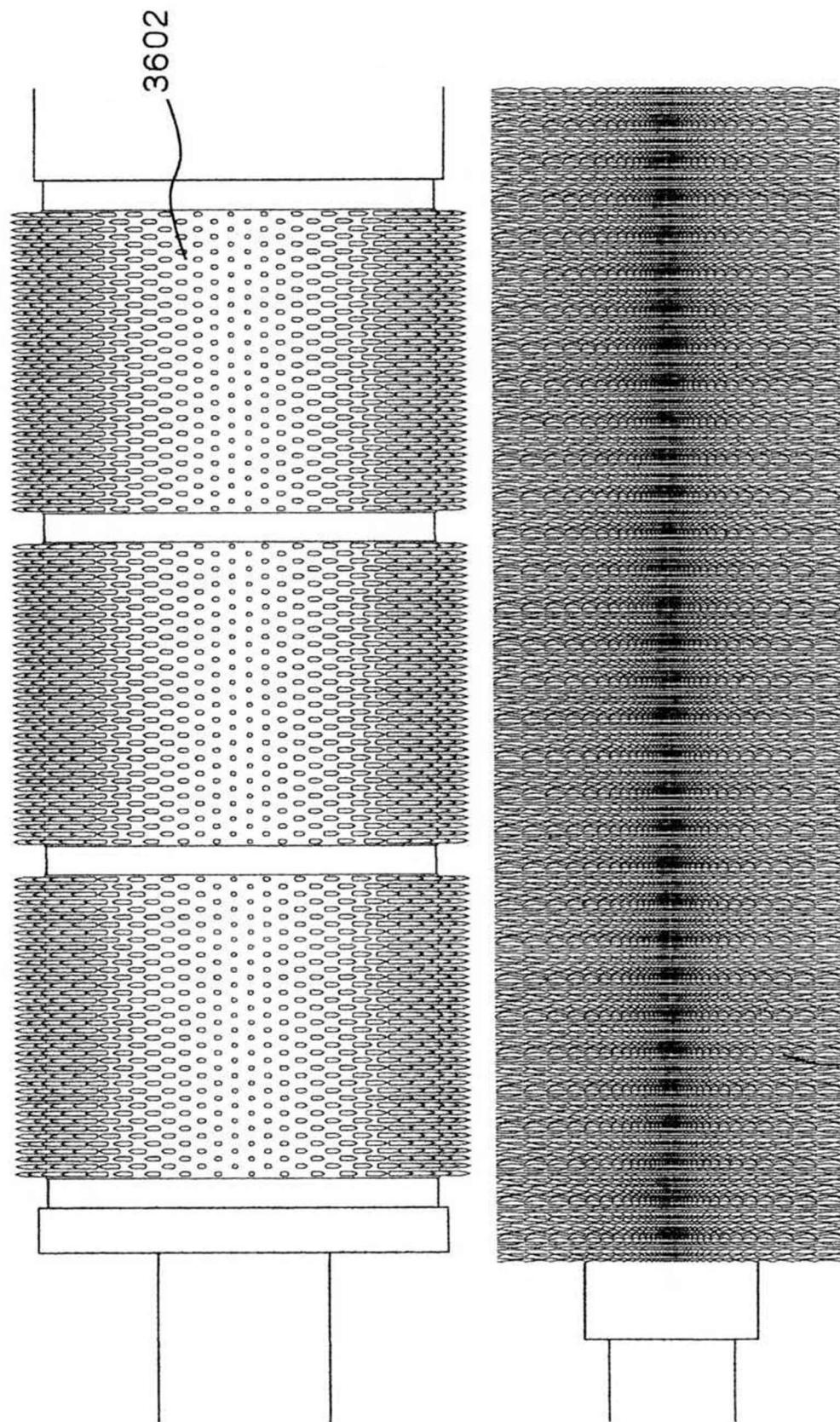
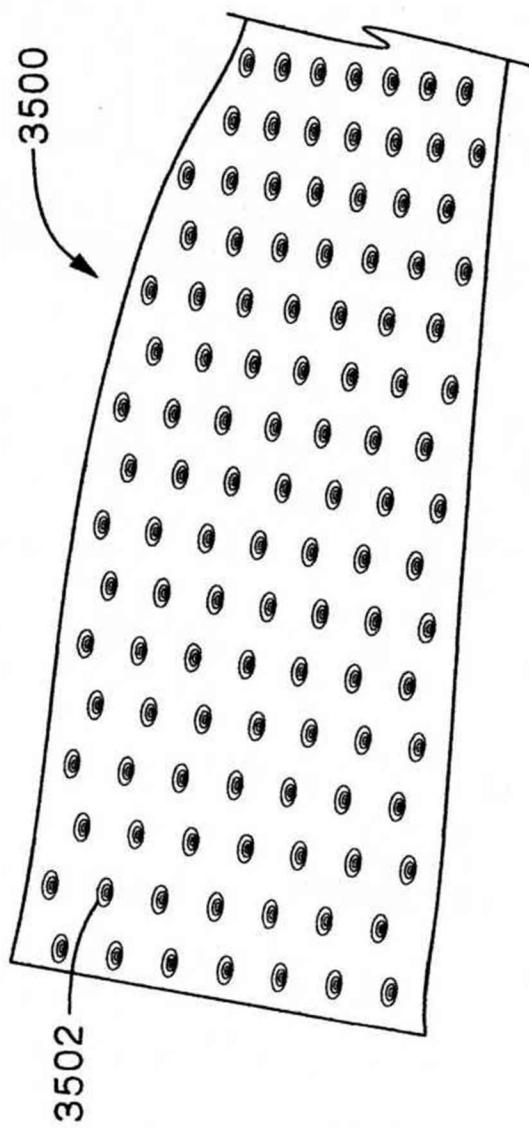


FIG. 36



**FIG.37**

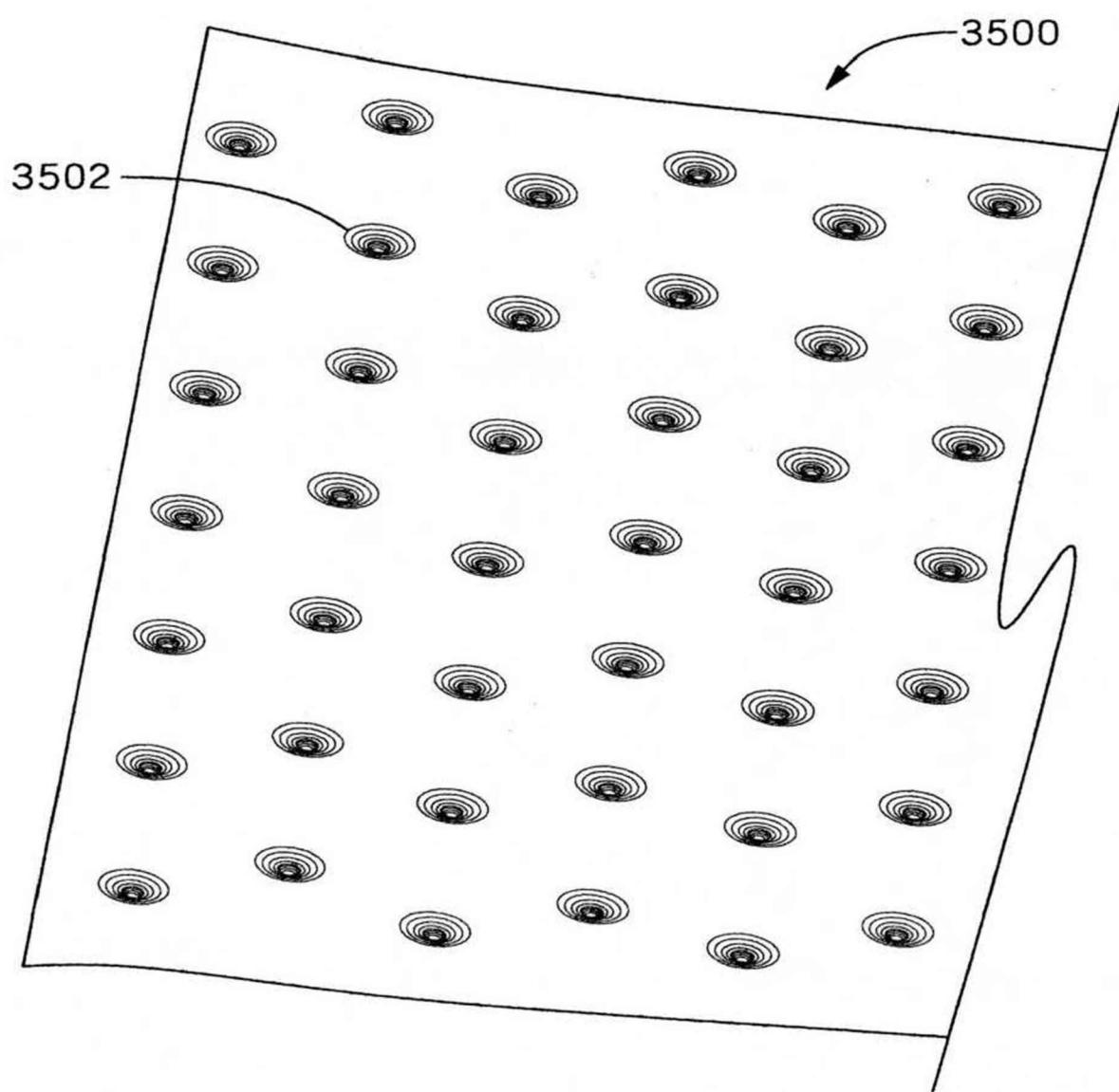


FIG.38

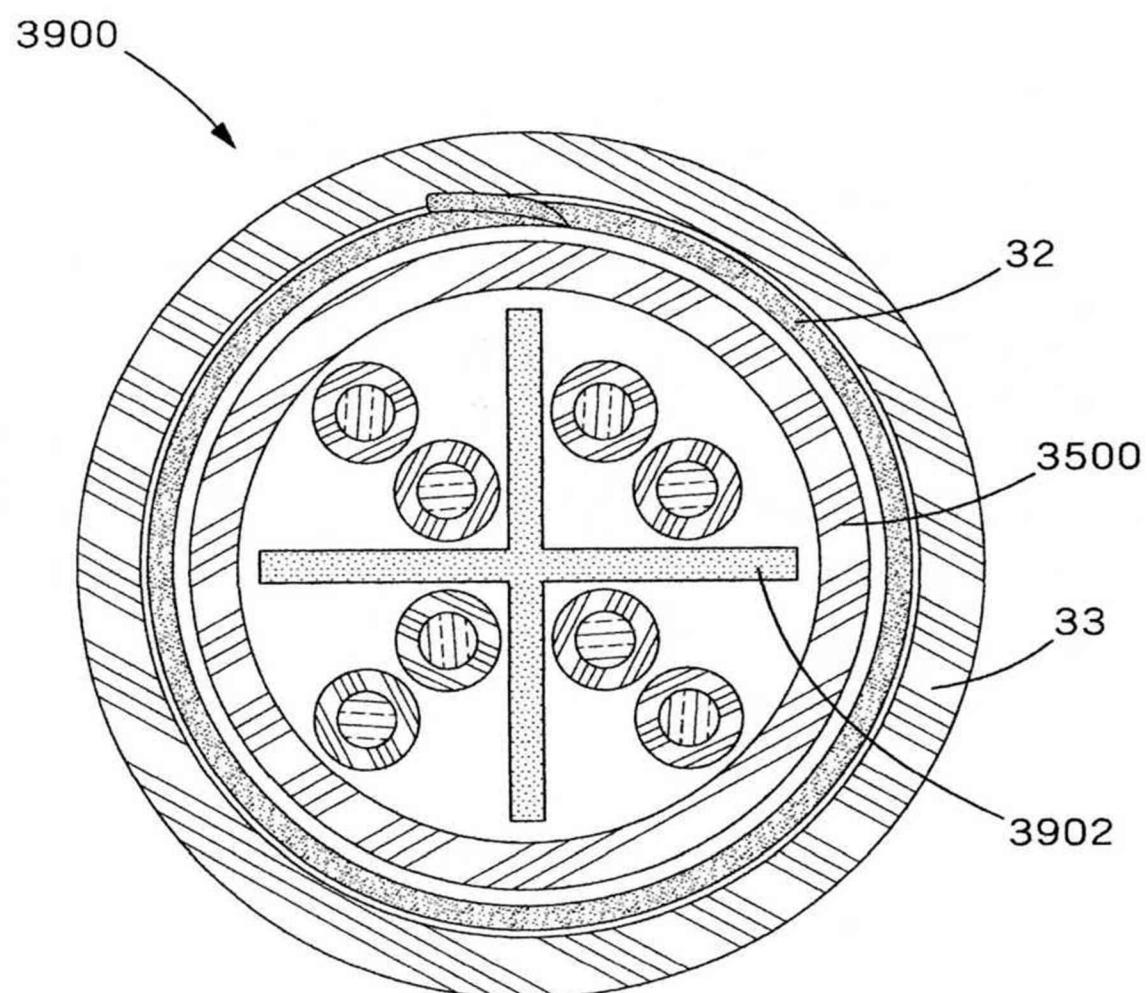


FIG.39