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

(11) (21) **PI 0602400-9 A**

(22) Data de Depósito: 29/05/2006
(43) Data de Publicação: **04/03/2008**
(RPI 1939)

(51) Int. Cl[7].:
G02B 6/26 (2008.01)

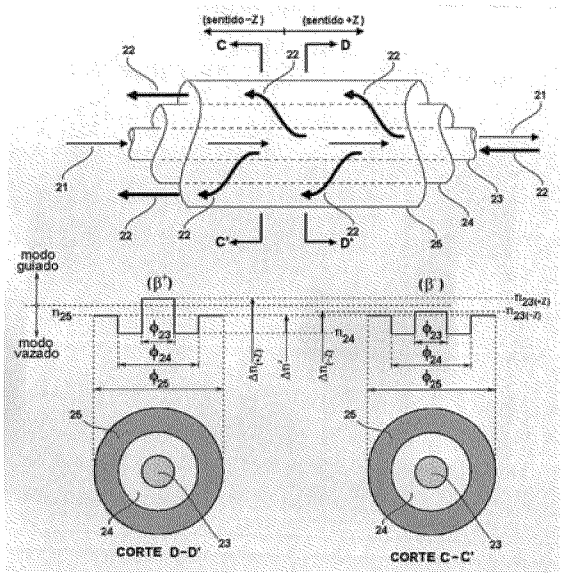
(54) Título: **ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA**

(71) Depositante(s): Fundação CPQD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (BR/SP) , Universidade de São Paulo - USP (BR/SP)

(72) Inventor(es): João Batista Rosolem, Carlos Alberto de Francisco, Murilo Araujo Romero

(74) Procurador: Silvania Brandão Augusto

(57) Resumo: Refere-se a presente invenção a dispositivo ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, utilizado para isolar os sinais ópticos utilizados em redes ópticas de comunicação, o qual compreendende uma única fibra óptica do tipo W, na qual, pelo menos uma das camadas (núcleo, casca 1 ou casca 2) é constituída de material magnetoóptico, dita fibra cujas propriedades magnetoópticas, índices de refração e dimensões físicas das camadas que a compõem são especificados e dimensionados de maneira que, ao ser submetida a um campo magnético H transversal ao seu eixo longitudinal, a fibra apresente uma constante de propagação (ß$^{+}$) para o sinal luminoso transmitido, oriundo da fonte emissora de luz (sentido de propagação +z), e uma outra constante de propagação (ß?) para o sinal luminoso refletido e/ou retroespalhado que retorna pela mesma fibra (sentido de propagação -z), de tal forma que o sinal transmitido pela fonte emissora de luz, que trafega no sentido +z seja guiado pelo núcleo, enquanto o sinal refletido e/ou retroespalhado, que trafega no sentido -z, do mesmo núcleo, esteja na condição de corte, vazando do núcleo para a região das cascas onde o mesmo é absorvido e/ou dissipado antes de atingir a fonte emissora da luz, que se encontra acoplada ao núcleo



Relatório Descritivo da patente de invenção "ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA".

Refere-se a presente invenção a dispositivos utilizados em sistemas de telecomunicações, mais particularmente dispositivos isoladores de sinal óptico utilizados em redes ópticas de comunicação.

Nos sistemas de comunicações por fibra óptica a propagação do sinal de transmissão dá origem a efeitos de retorno de potência óptica ao transmissor, conhecidos como reflexão e restroespalhamento de luz.

As reflexões são pontuais e surgem principalmente de grandes diferenças de índice de refração no trajeto da luz pela fibra, como por exemplo um conector óptico desalinhado em relação ao núcleo da fibra, nas conexões de entrada e saídas dos dispositivos ópticos com as fibras dentro dos encapsulamentos, e também com desalinhamento entre emendas de fibras ópticas. Estes tipos de reflexões pontuais são conhecidas como reflexões de Fresnel.

O retroespalhamento por seu turno resulta de micro variações no índice de refração do núcleo ao longo da fibra óptica, sendo, portanto, um efeito distribuído conhecido como retroespalhamento Rayleigh. Existe ainda um outro tipo de retroespalhamento na fibra óptica conhecido como retroespalhamento Brillouin que surge sob condições específicas quando a potência inserida na fibra é de elevada intensidade.

Tanto as reflexões como o retroespalhamento da luz prejudicam o funcionamento dos equipamentos ópticos dispostos ao longo da fibra óptica. Mais especificamente, nos amplificadores ópticos, as reflexões e retroespalhamento fazem com estes equipamentos entrem em oscilação provocando instabilidade na transmissão. Nos transmissores de luz, as reflexões e retroespalhamento desestabilizam a operação do laser. Em ambos os casos ocorrendo uma grande diminuição na qualidade do sinal transmitido. Para evitar que reflexões e retroespalhamentos atinjam tanto os amplificadores como os lasers, utilizam-se na saída destes elementos (e também na entrada dos amplificadores) os isoladores ópticos.

De um modo geral, os isoladores ópticos compreendem uma pluralidade de componentes interligados, sendo que, em uma das concepções conhecidas, a transmissão do sinal funciona tal como representado na **Figura1 A**, na qual, um sinal luminoso 1 linearmente polarizado (0°) incide no polarizador de entrada 2 o qual também apresenta polarização linear de 0°, possibilitando assim a livre passagem do sinal luminoso 1. Após passar pelo polarizador 2, o sinal luminoso 1 é encaminhado para o componente principal do isolador que é o rotacionador de Faraday 3, o qual se constitui num componente magneto-óptico que tem a propriedade de rotacionar a polarização do sinal luminoso 1 em 45° no sentido horário, quando submetido a um campo magnético transversal à direção de propagação do sinal. Após a passagem do sinal pelo rotacionador de Faraday 3 o sinal 4 (sinal 1 rotacionado em 45°) é encaminhado para o polarizador de saída 5 o qual apresenta polarização a 45°, permitindo a passagem do sinal 4 proveniente do rotacionador de Faraday 3 para a fibra óptica (não representada).

Quando as reflexões e retroespalhamentos 6 retornam através da fibra óptica conforme representado na **Figura 1 B**, o polarizador de saída 5, só permite a passagem da parte 7 da luz que se encontra alinhada com a sua polarização, ou seja, 45° em relação ao feixe luminoso 1. Ao chegar no rotacionador de Faraday 3, o sinal luminoso 7 proveniente do polarizador de saída 5 é rotacionado em 45° no sentido horário, passando a apresentar uma polarização de 90° em relação ao sinal luminoso 1 originalmente transmitido. Ao atingir o polarizador de entrada 2 o sinal 8 polarizado a 90° é fortemente atenuado devido ao fato da sua polarização (90°) estar em contra-fase com a do polarizador (0°).

Uma das desvantagens do isolador acima descrito, consiste no fato de que dentro desse tipo de isolador, o feixe de luz é obrigado a passar por diversos prismas e lentes, os quais inserem perdas por absorção diretamente associadas ao comprimento de onda da luz utilizada.

Outra desvantagem do isolador acima descrito, consiste na sua dependência em relação à polarização, mais especificamente no que se refere ao casamento da polarização do sinal de entrada 1 com a polarização do polarizador 2.

Cabe observar que ao percorrer a fibra, os sinais ópticos sofrem diversas mudanças de estado de polarização, e para eliminar os efeitos de dependência da polarização, normalmente são utilizados acopladores de polarização para promover desvios distintos das componentes de polarização do sinal de entrada.

As várias partes que compõem o isolador óptico anteriormente descrito são mecanicamente integradas através de adesivos poliméricos, método de montagem que provoca perda de sinal tanto por desalinhamento, como pela presença de ar entre as superfícies de acoplamento de alguns de seus componentes.

Outra limitação do uso de adesivos poliméricos consiste no fato de que ao serem submetidos a elevados níveis de transmissão e grandes variações de temperatura, os adesivos poliméricos se degradam.

Outra desvantagem do isolador anteriormente descrito, consiste na montagem de suas partes e peças, que requerem ajustes micrométricos, para os quais são necessários dispositivos e ferramentas especiais, que elevam significativamente o custo de produção e instalação destes dispositivos.

Um isolador óptico a fibra óptica conhecido se encontra descrito na patente **US 5.479.542**, dito isolador no qual é utilizada uma grade de Bragg, que se constitui num dispositivo, em geral fibra, que possui gravado em seu guia de onda óptico, franjas que permitem a reflexão da luz, dita grade de Bragg que é utilizada para realizar o acoplamento com um guia óptico dotado de propriedades magnetoópticas. Cabe observar, entretanto, que nesse tipo de concepção se faz necessário utilizar óptica integrada (tecnologia de fabricação de dispositivos ópticos em semicondutores, permitindo que todas as funções desejadas sejam reunidas utilizando materiais de mesma espécie e reduzindo, portanto, as perdas de conexão das funções internas e diminuindo o tamanho final), implicando nas dificuldades inerentes ao acoplamento da fibra com o guia de onda.

Segundo P. Hlawiczka, "Gyrotropic Waveguides", Academic Press, Londres, 1981, as fibras ópticas com características magnetoópticas são fibras ópticas constituídas parcial ou totalmente, de materiais magnetoópticos, os

quais, ao serem submetidos a um campo magnético H transversal à direção de propagação da luz na fibra, conferem a esta última, diferentes características de propagação (diferentes constantes de propagação β), as quais dependem do sentido de propagação da luz na fibra e da constante magnetoóptica (δ) intrínseca do material. Essa característica que o material magneto-óptico confere à fibra óptica é conhecida como **efeito não recíproco**.

Um isolador óptico conhecido, que utiliza fibras ópticas com características magnetoópticas, se encontra descrito na revista Optics Letters, Vol. 20, No. 16, pags. 1740 a 1742 (1995), dito isolador cuja forma de realizar mais simples se encontra representado nas **Figuras 2-A** e **2-B**, e que compreende um nó óptico assimétrico composto de dois divisores ópticos 9 e 10 interligando duas fibras ópticas com características magnetoópticas de comprimentos diferentes 11 e 12. Dito nó assimétrico que é projetado de maneira a resultar num interferômetro do tipo Mach-Zehnder, o qual utiliza o deslocamento da fase que ocorre naturalmente quando um braço é maior do que o outro, associado ao efeito magneto óptico que consiste no deslocamento de fase da luz de forma não recíproca, quando esta última se propaga através de uma fibra com propriedades magnetoópticas, submetida a um campo magnético H transversal à direção de propagação da luz. Propriedade esta que resulta na defasagem do sinal óptico em cada um dos braços 11 e 12 do nó assimétrico, de maneira que num sentido de propagação (transmissão) os sinais provenientes de cada braço se somam em fase, conforme representado na **Figura 2-A**, enquanto no sentido contrário (reflexões e retroespalhamentos), os sinais apresentam uma defasagem de 180º que resulta no seu cancelamento, conforme representado na **Figura 2-B**.

O interferômetro/isolador acima descrito apresenta como desvantagem o fato de requerer dois divisores ópticos e um complexo sistema de bobinas de fibras ópticas casadas de maneira a garantir a defasagem apropriada em cada braço do nó assimétrico para proporcionar a defasagem de 180º necessária à anulação dos retroespalhamentos e reflexões.

Já são conhecidas as fibras do tipo W, que apresentam uma estrutura conforme a representada na **Figura 3**, compreendendo um núcleo 13,

uma primeira casca 14 e uma segunda casca 15, sendo o índice de refração n_{13} do material do núcleo 13 maior do que o índice de refração n_{15} do material da segunda casca 15, e esses dois, maiores do que o índice de refração n_{14} do material da primeira casca 14. Esta disposição de índices de refração $(n_{13}>n_{15})>n_{14}$, associada ao dimensionamento adequado do diâmetro do núcleo ϕ_{13} e do diâmetro da primeira casca ϕ_{14}, mantém a luz transmitida 16 confinada no núcleo 13, sendo essa forma de transmissão conhecida como **luz guiada** ou **modo guiado**. Por outro lado, conforme representado na **Figura 4**, os índices de refração e/ou as dimensões físicas do núcleo 18 e da primeira casca 19 das fibras do tipo W podem ser dimensionados de maneira a colocar a luz na condição de corte, na qual a luz transmitida é desviada do núcleo 18 para a região da segunda casca 20, sendo essa condição conhecida como **luz vazada** para a segunda casca 20, ou **modo vazado.**

De um modo geral, o comportamento funcional das fibras do tipo W, obedecem a uma correlação entre os índices de refração e as medidas físicas das camadas que a compõem, tal como representado no diagrama da **Figura 5**, no qual, as fibras cujas correlações entre **S** e **R** se encontram acima da **curva limite de corte**, vazam o sinal luminoso do núcleo para a segunda casca (modo vazado), enquanto as fibras cujas correlações entre **S** e **R** se encontram abaixo da **curva limite de corte**, propagam o sinal luminoso através do núcleo no modo guiado. Dito diagrama no qual:

ϕ_{a1} representa o diâmetro do núcleo;

ϕ_{b1} representa o diâmetro da primeira casca;

$\mathbf{S} = \phi_{b1}/\phi_{a1}$

n_a representa o índice de refração do núcleo;

n_b representa o índice de refração da primeira casca;

n_c representa o índice de refração da segunda casca;

$\Delta n = n_a - n_b$

$\Delta n' = n_b - n_c$

$\mathbf{R} = \Delta n / \Delta n'$

Em vista do exposto, a presente invenção tem por objetivo prover um dispositivo isolador óptico constituído de um único componente, no qual:

- não exista a necessidade de alinhar diversos componentes ópticos internos;
- não existam perdas em conexões e acoplamentos internos;
- o custo de produção e instalação seja significativamente menor do que o custo de produção e instalação dos isoladores da técnica anterior, constituídos de uma pluralidade de dispositivos ópticos discretos como polarizadores, acopladores, lentes e prismas, etc.;

O ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, objeto da presente patente de invenção, compreende uma única fibra óptica do tipo W, na qual, pelo menos uma das camadas (núcleo, casca 1 ou casca 2) é constituída de material magnetoóptico, dita fibra cujas propriedades magnetoópticas, índices de refração e dimensões físicas das camadas que a compõem são especificados e dimensionados de maneira que, ao ser submetida a um campo magnético H transversal ao seu eixo longitudinal, a fibra apresente uma constante de propagação (β^+) para o sinal luminoso transmitido, oriundo da fonte emissora de luz (sentido de propagação **+z**), e uma outra constante de propagação (β^-) para o sinal luminoso refletido e/ou retroespalhado que retorna pela mesma fibra (sentido de propagação **-z**), de tal forma que o sinal transmitido pela fonte emissora de luz, que trafega no sentido **+z** seja guiado pelo núcleo, enquanto o sinal refletido e/ou retroespalhado, que trafega no sentido **-z**, do mesmo núcleo, esteja na condição de corte, vazando do núcleo para a região das cascas onde o mesmo é absorvido e/ou dissipado antes de atingir a fonte emissora da luz, que se encontra acoplada ao núcleo

A invenção será melhor compreendida a partir da descrição detalhada a seguir e das figuras, das quais:

A Figura 1A representa esquematicamente um isolador óptico

do estado da técnica, constituído de dois polarizadores e um rotacionador de Faraday, conduzindo a luz transmitida (modo direto).

A Figura 1B representa esquematicamente um isolador óptico constituído de dois polarizadores e um rotacionador de Faraday do estado da técnica, conduzindo a luz retroespalhada (modo reverso).

A Figura 2A representa esquematicamente um isolador óptico do estado da técnica, constituído de um interferômetro de tipo Mach-Zehnder, conduzindo a luz transmitida (modo direto).

A Figura 2B representa esquematicamente um isolador óptico do estado da técnica, constituído de um interferômetro de tipo Mach-Zehnder, conduzindo a luz retroespalhada (modo reverso).

A Figura 3 representa a estrutura da fibra do tipo W do estado da técnica, projetada para transmitir a luz no modo guiado.

A Figura 4 representa a estrutura da fibra do tipo W do estado da técnica, projetada para transmitir a luz no modo vazado.

A Figura 5 representa o diagrama de corte (curva limite de corte) da fibra do tipo W do estado da técnica.

A Figura 6 representa o comportamento da luz transmitida e retroespalhada dentro da fibra óptica do tipo W que compõe o isolador óptico objeto da presente patente de invenção.

A Figura 7 representa o diagrama de corte (curva limite de corte) da fibra do tipo W que compõe o isolador óptico objeto da presente patente de invenção.

A Figura 8 representa o diagrama de polarização da fibra óptica do tipo W que compõe o isolador óptico objeto da presente patente de invenção, com efeito isolador potencializado.

A Figura 9 representa a seção transversal da fibra óptica do tipo W utilizada em uma das formas de realizar o isolador óptico objeto da presente patente de invenção, contida na capa magnética.

A Figura 10 representa a seção transversal da fibra óptica do tipo W microestruturada utilizada em uma das formas de realizar o isolador óptico

objeto da presente patente de invenção.

O ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, objeto da presente patente de invenção compreende uma única fibra óptica do tipo W, tal como a representada na **Figura 6**, na qual, pelo menos o núcleo 23 ou uma das cascas 24 ou 25, é constituído de material magnetoóptico, dita fibra W magnetoóptica, na qual as propriedades magnetoópticas, os materiais e as dimensões físicas das camadas que a compõem são projetados para que o sinal luminoso 21, oriundo da fonte emissora de luz (sentido **+z**), ao se propagar através do núcleo 23, encontre uma constante de propagação β^+, que leva a luz (sinal) a "enxergar" um perfil de índices de refração tal como o representado no corte D-D', o qual resulta no guiamento dessa luz pelo núcleo 23 (modo guiado), enquanto a luz (sinal) refletida e/ou retroespalhada 22, que volta pelo núcleo da mesma fibra, encontra uma constante de propagação β^-, que leva essa luz (sinal) a "enxergar" um perfil de índices de refração tal como o representado no corte C-C', o qual resulta no vazamento (corte) dessa luz do núcleo 23 para a região das cascas, onde a mesma é absorvida e/ou dissipada antes de atingir a fonte emissora da luz.

Mais especificamente, o isolador óptico objeto da presente patente de invenção, se comporta tal como representado no diagrama da **Figura 7**, no qual o sinal oriundo da fonte emissora de luz que é transmitido através do núcleo **a2** (sentido **+z**), encontra as condições de propagação (β^+) representadas pelo ponto **A**, situado abaixo da **curva limite de corte**, resultando no guiamento desse sinal luminoso pelo núcleo **a2**, enquanto o sinal luminoso refletido e/ou retroespalhado que se propaga no sentido contrário do mesmo núcleo **a2** (sentido **-z**), encontra as condições de propagação (β^-) representadas pelo ponto **B**, situado acima da **curva limite de corte**, resultando no vazamento dessa luz, do núcleo **a2** para a casca **c2**.

Em uma das possíveis formas de realizar, o isolador óptico objeto da presente patente de invenção foi projetado para isolar as reflexões e retroespalhamentos resultantes da transmissão de um sinal luminoso com

comprimento de onda λ_0 = 1,55 μm. Para tanto, a fibra W magnetoóptica que o compõe foi produzida segundo os seguintes parâmetros:

Núcleo em material magnetoóptico

$\delta = 5 \times 10^{-3}$ (constante magnetoóptica)

$n_{a\ (núcleo)}$= 1,45600

$n_{b\ (casca1)}$= 1,45400

$n_{c\ (casca2)}$ = 1,45473

$\phi_{a\ (núcleo)}$= 12 μm

$\phi_{b\ (casca1)}$= 36 μm

λ_0 = 1,55 μm (Comprimento da onda de luz no vácuo)

$k_0 = 2\pi/\lambda_0 = 2 \times 3{,}1416/1{,}55 \times 10^{-6}$ rad/m (Número de onda)

Utilizando fibras W magnetoópticas projetadas segundo os parâmetros anteriormente especificados, são obtidas constantes de propagação: β^+ = 1,45479 no sentido **+z** e β^- = 1,454689 no sentido **-z**, de maneira que o sinal que se propaga na direção **+z** "enxerga" uma constante de propagação de guiamento $\beta > k_0 \times n_{c\ (casca2)}$, enquanto o sinal que se propaga na direção **-z** "enxerga" uma constante de propagação de corte $\beta < k_0 \times n_{c\ (casca2)}$, resultando no guiamento do sinal transmitido, e no corte do sinal refletido e/ou retroespalhado.

Para fins de utilização prática , o isolador óptico objeto da presente patente de invenção tem o seu efeito isolador potencializado através da utilização de materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes em uma ou mais camadas que compõem a fibra W magnetoóptica (núcleo, casca 1 ou casca 2). Ditos materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes sendo distribuídos simetricamente em relação à linha de centro da seção transversal da fibra, conforme representado na **Figura 8**.

O campo magnético H transversal à direção de propagação do sinal óptico (eixo longitudinal da fibra), ao qual a fibra W magnetoóptica é

submetida, para se converter no dispositivo isolador objeto da presente patente de invenção, pode ser provido: por intermédio de bobinas; através de uma capa 27, compreendendo duas semi-capas 27a e 27b, constituídas de material magnético (ímã permanente), tal como representado na **Figura 9**, dita capa que envolve a fibra W magnetoóptica, mantendo-a permanentemente imersa no campo magnético produzido pelos dois pólos magnéticos (norte e sul) do ímã permanente que constitui a capa magnética 27; ou ser provido por qualquer outro meio.

Para que a potencialização anteriormente descrita se faça de forma eficiente, é necessário manter a fibra alinhada em relação ao campo magnético transversal H. Para tanto, a fibra W magnetoóptica do isolador óptico objeto da presente patente de invenção, é provida de um meio de fixação que impede a rotação da fibra em torno do seu eixo longitudinal, mantendo-a permanentemente alinhada em relação ao campo magnético transversal H. Dito meio de fixação que, no caso das concepções que utilizam a capa 27, pode compreender pelo menos um encaixe 26, compreendendo um rebaixo provido na fibra óptica 28, o qual se encaixa em um ressalto provido na capa 27, de maneira que exista apenas uma forma de encaixar a fibra na capa magnética, tal como representado na **Figura 9**.

O isolador óptico objeto da presente patente de invenção também pode ser confeccionado com fibras ópticas tipo W microestruturadas, também denominadas fibras fotônicas, fibras de cristal fotônico, ou ainda, fibras furadas, (do inglês, "holey fiber"), as quais apresentam furos longitudinais, tal como representado na **Figura 10**, os quais percorrem todo o comprimento da fibra. A vantagem da utilização da fibra microestruturada, consiste na possibilidade de fabricação de fibras com um núcleo muito maior do que os diâmetros típicos de fibras ópticas convencionais. Desta forma, através da redução da densidade de potência efetiva, obtém-se um dispositivo isolador em fibra capaz de operar com lasers de bombeio de alta potência. Além disso, a possibilidade de alterar os parâmetros geométricos da fibra oferece uma maior flexibilidade no projeto do isolador

Objetivando aumentar a capacidade de isolação do isolador

óptico objeto da presente patente de invenção, o material que compõe a segunda casca da fibra W magnetoóptica que compõe o isolador, recebe por adição, difusão ou outro processo qualquer, átomos, moléculas ou qualquer outro elemento com alta capacidade de absorção de luz, procedimento que resulta no aumento da capacidade de isolação óptica da fibra W magnetoóptica. Ditos átomos ou moléculas com alta capacidade de absorção de luz, que podem ser, por exemplo, Cobalto, Ferro e Níquel, entre outros.

Embora a invenção tenha sido descrita em conexão com certas modalidades preferenciais de realização, deve ser entendido que não se pretende limitar a invenção àquelas modalidades particulares. Ao contrário, pretende-se cobrir todas as alternativas, modificações e equivalentes possíveis dentro do espírito e do escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, **caracterizado** por compreender uma única fibra óptica do tipo W, na qual, pelo menos uma das camadas (núcleo, casca 1 ou casca 2) é constituída de material magnetoóptico, dita fibra cujas propriedades magnetoópticas, índices de refração e dimensões físicas das camadas que a compõem são especificados e dimensionados de maneira que, ao ser submetida a um campo magnético H transversal ao seu eixo longitudinal, a fibra apresente uma constante de propagação (β^+) para o sinal luminoso transmitido, oriundo da fonte emissora de luz (sentido de propagação **+z**), e uma outra constante de propagação (β^-) para o sinal luminoso refletido e/ou retroespalhado que retorna pela mesma fibra (sentido de propagação **-z**), de tal forma que o sinal transmitido pela fonte emissora de luz, que trafega no sentido **+z** seja guiado pelo núcleo, enquanto o sinal refletido e/ou retroespalhado, que trafega no sentido **-z**, do mesmo núcleo, esteja na condição de corte, vazando do núcleo para a região das cascas onde o mesmo é absorvido e/ou dissipado antes de atingir a fonte emissora da luz, que se encontra acoplada ao núcleo.

2 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da fibra W magnetoóptica que o compõe apresentar uma camada em material com propriedades magnetoópticas.

3 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato da camada em material com propriedades magnetoópticas compreender o núcleo.

4 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato da camada em material com propriedades magnetoópticas compreender a primeira casca.

5 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato da camada em material com propriedades magnetoópticas compreender a segunda casca.

6 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da fibra W magnetoóptica que o

compõe apresentar duas camadas em material com propriedades magnetoópticas.

7 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato das camadas em material com propriedades magnetoópticas compreenderem o núcleo e a primeira casca.

8 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato das camadas em material com propriedades magnetoópticas compreenderem o núcleo e a segunda casca.

9 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato das camadas em material com propriedades magnetoópticas compreenderem a primeira casca e a segunda casca.

10 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da fibra W magnetoóptica que o compõe apresentar as três camadas em material com propriedades magnetoópticas.

11 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato do campo magnético H ser provido por bobinas.

12 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato do campo magnético H ser provido por capa envolvente (27) constituída de material magnético (ímã permanente).

13 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicações 1 e 12, **caracterizado** pelo fato do conjunto fibra/capa ser provido de um meio para manter a fibra alinhada em relação ao campo magnético H.

14 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato do meio para manter a fibra alinhada em relação ao campo magnético H compreender pelo menos um encaixe (26) provido entre a capa (27) e a fibra (28).

15 – ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato do efeito isolador ser

potencializado através da utilização de materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes em uma ou mais camadas que compõem a fibra W magnetoóptica (a_3, b_3, c_3).

16 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato dos materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes serem distribuídos simetricamente em relação à linha de centro da seção transversal da fibra (a_3, b_3, c_3).

17 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 15 e 16, **caracterizado** pelo fato do efeito isolador ser potencializado através da utilização de materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes no núcleo.

18 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 15 e 16, **caracterizado** pelo fato do efeito isolador ser potencializado através da utilização de materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes na primeira casca.

19 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 15 e 16, **caracterizado** pelo fato do efeito isolador ser potencializado através da utilização de materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes na segunda casca.

20 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 15 e 16, **caracterizado** pelo fato do efeito isolador ser potencializado através da utilização de materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes no núcleo e na primeira casca.

21 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 15 e 16, **caracterizado** pelo fato do efeito isolador ser potencializado através da utilização de materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes no núcleo e na segunda casca.

22 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 15 e 16, **caracterizado** pelo fato do efeito isolador ser potencializado através da utilização de materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes na primeira casca e na segunda casca.

23 - ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 15 e 16, **caracterizado** pelo fato do efeito isolador ser potencializado através da utilização de materiais com constantes magnetoópticas δ de sinais diferentes no núcleo, na primeira casca e na segunda casca.

24 – ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de ter a sua capacidade de isolação potencializada pelo aumento da capacidade de absorção de luz do material da segunda casca.

25 – ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 24, **caracterizado** pelo fato do aumento da capacidade de absorção do material da segunda casca ser provido pela adição de átomos e/ou moléculas e/ou elementos com alta capacidade de absorção de luz.

26 – ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicações 24 e 25, **caracterizado** pelo fato dos átomos e/ou moléculas e/ou elementos com alta capacidade de absorção de luz compreenderem o Cobalto.

27 – ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicações 24 e 25, **caracterizado** pelo fato dos átomos e/ou moléculas e/ou elementos com alta capacidade de absorção de luz compreenderem o Ferro.

28 – ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicações 24 e 25, **caracterizado** pelo fato dos átomos e/ou moléculas e/ou elementos com alta capacidade de absorção de luz compreenderem o Níquel.

29 – ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, conforme reivindicação 1 – **caracterizado** por compreender uma fibra óptica do tipo W microestruturada

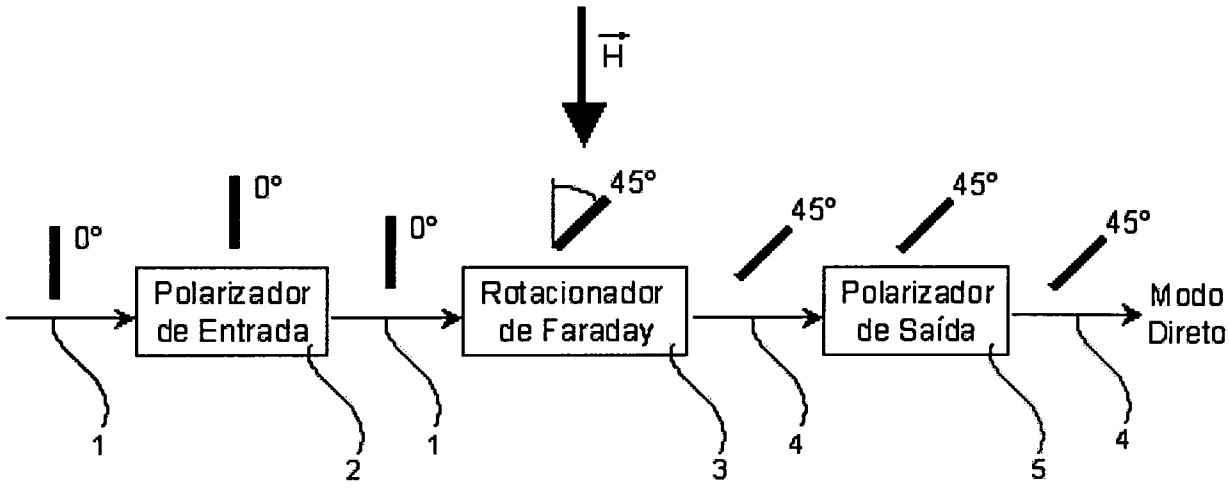


Figura 1 A
(Técnica Anterior)

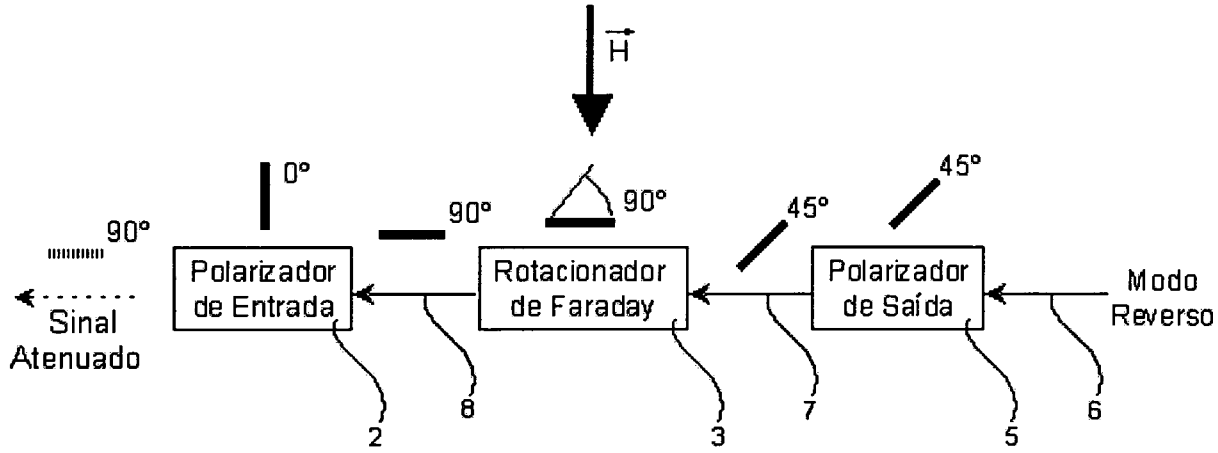


Figura 1 B
(Técnica Anterior)

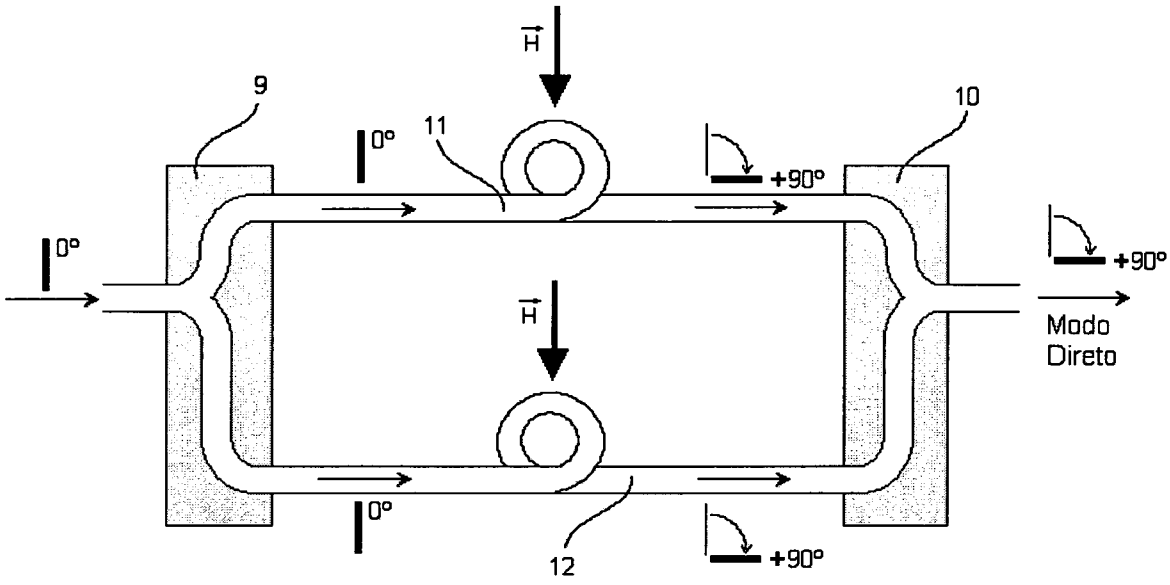


Figura 2 A
(Técnica Anterior)

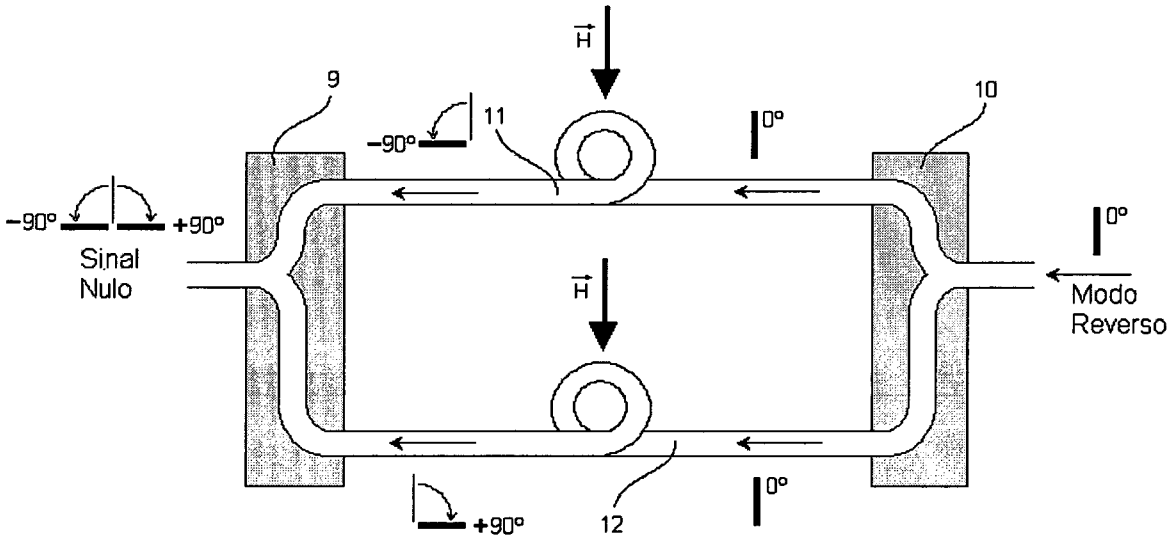
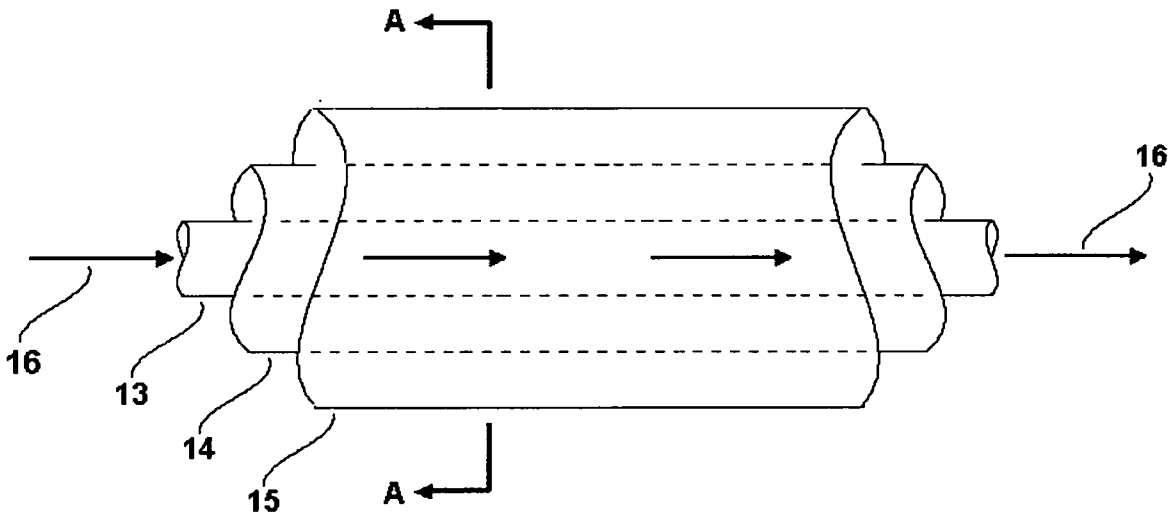


Figura 2 B
(Técnica Anterior)



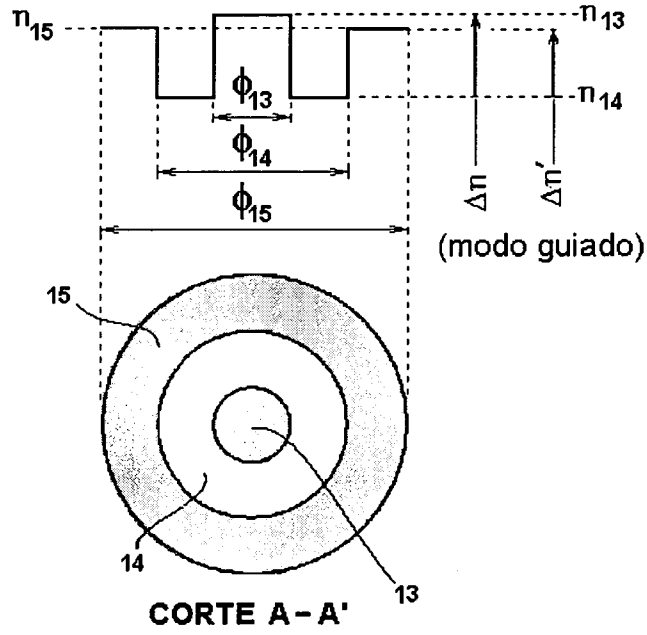
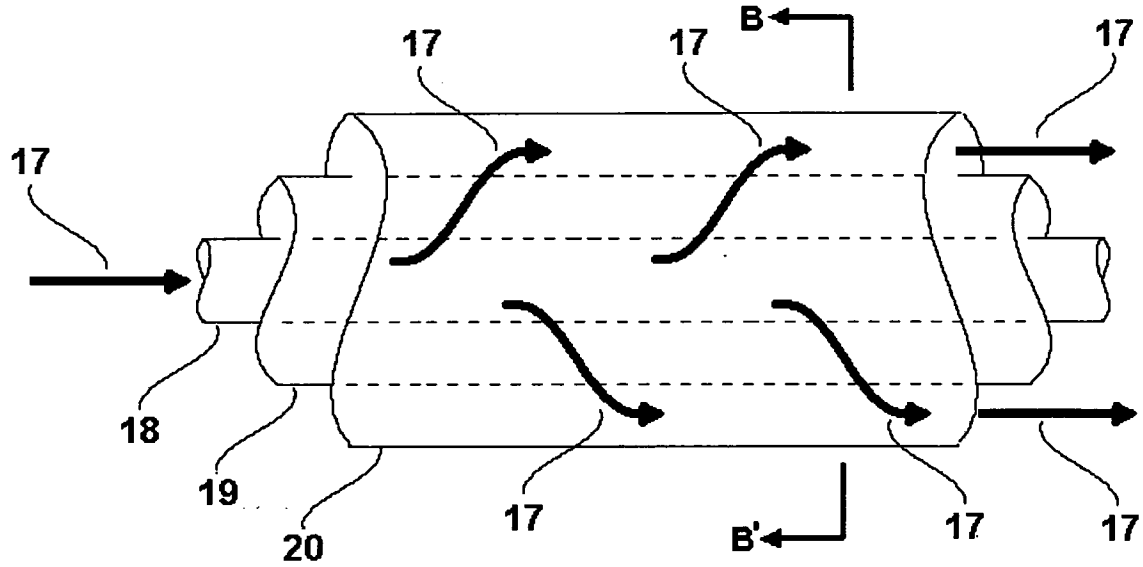


Figura 3
(Técnica Anterior)



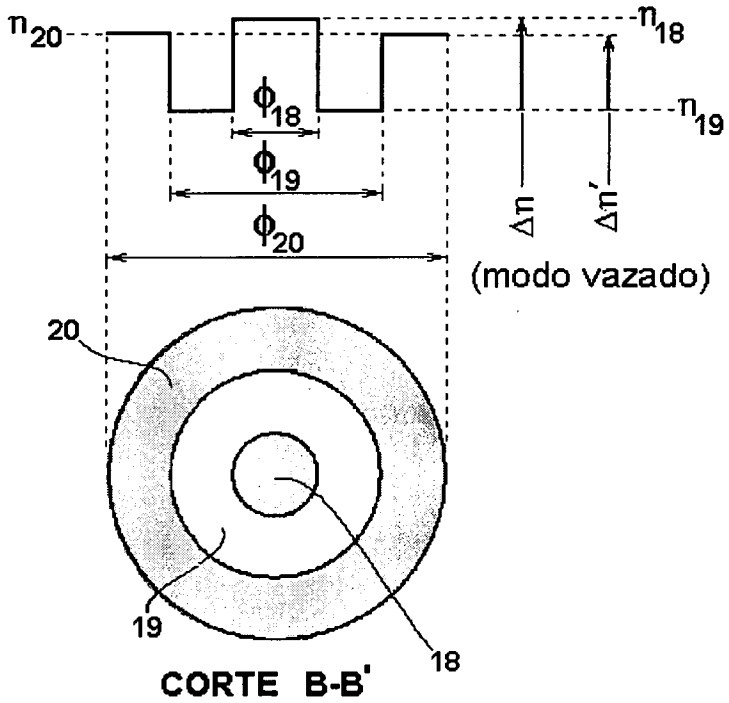
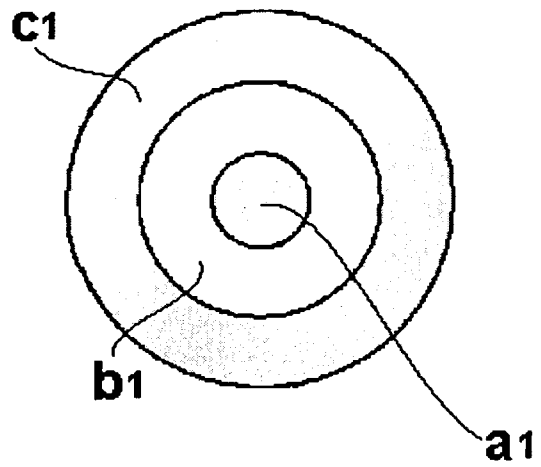


Figura 4
(Técnica Anterior)



Seção transversal
da fibra óptica w

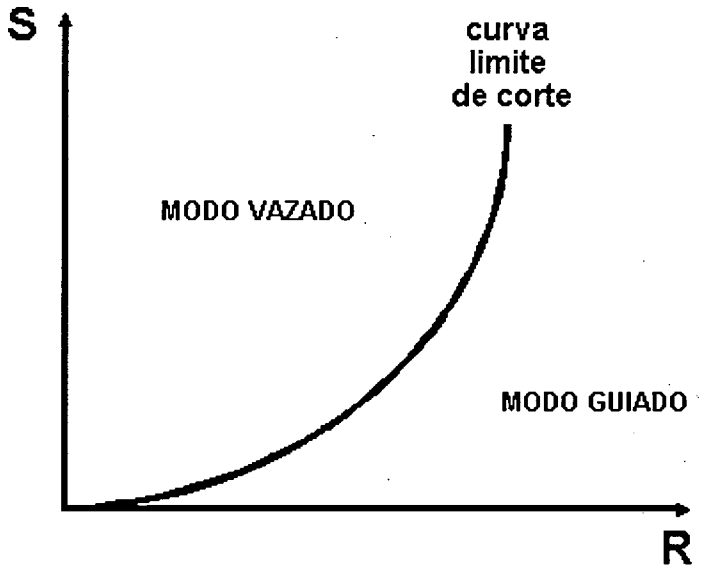


Figura 5
(Técnica Anterior)

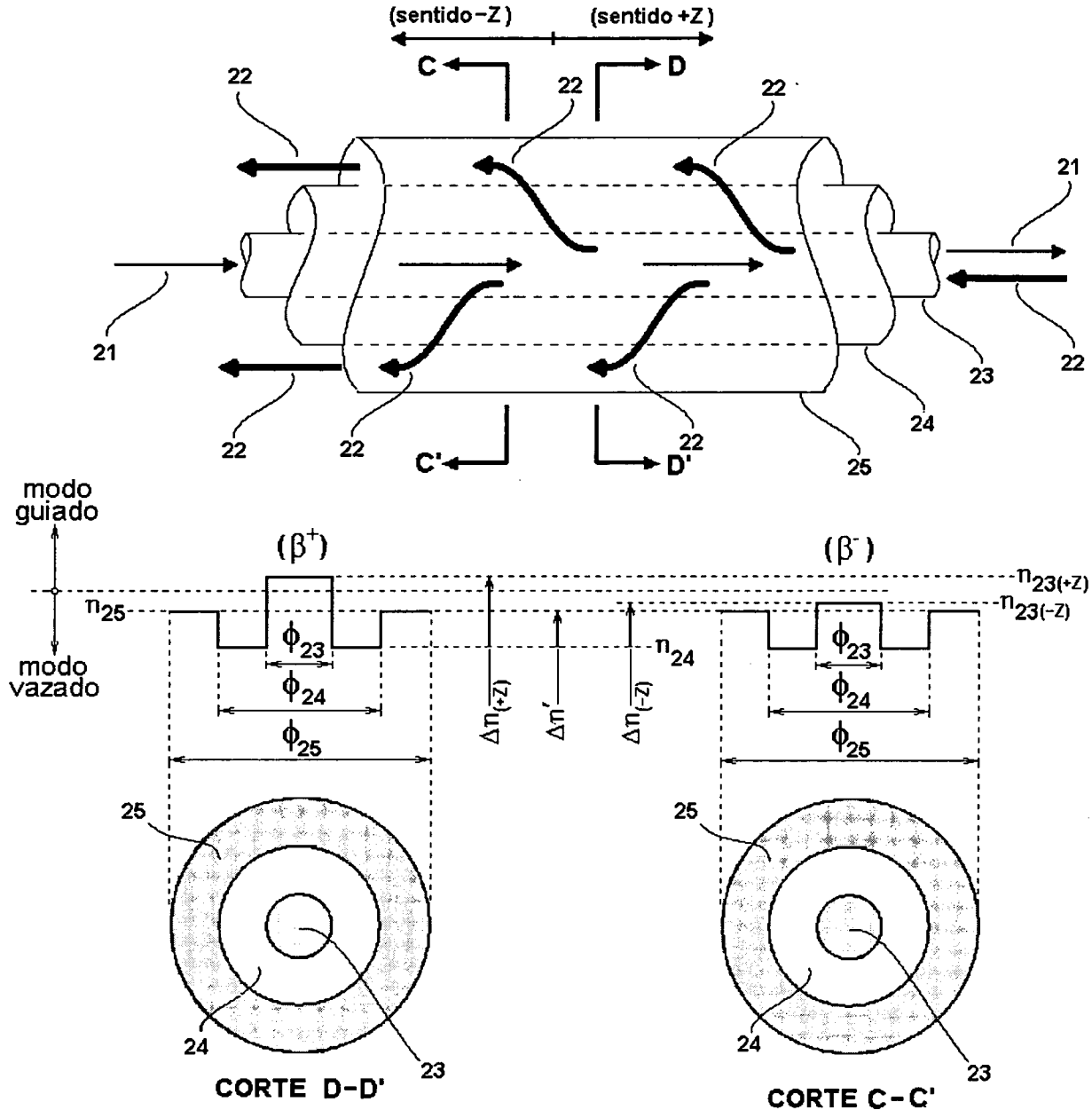
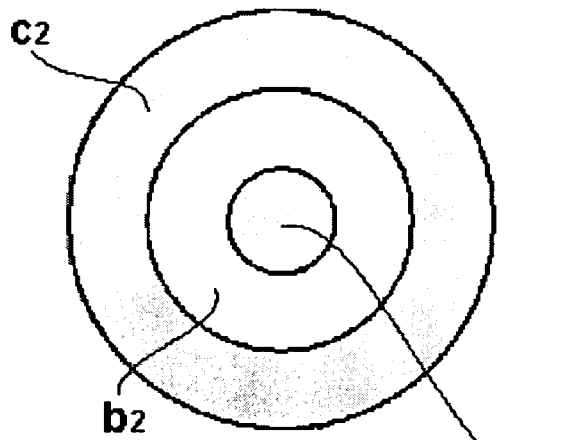

(sentido −Z)
(sentido +Z)
C
D
22
21
23
24
25
C'
D'
modo guiado
modo vazado
(β+)
(β-)
n25
n23(+Z)
n23(-Z)
n24
ϕ23
ϕ24
ϕ25
Δn(+Z)
Δn'
Δn(-Z)
CORTE D-D'
CORTE C-C'

Figura 6



SEÇÃO TRANSVERSAL
DA FIBRA

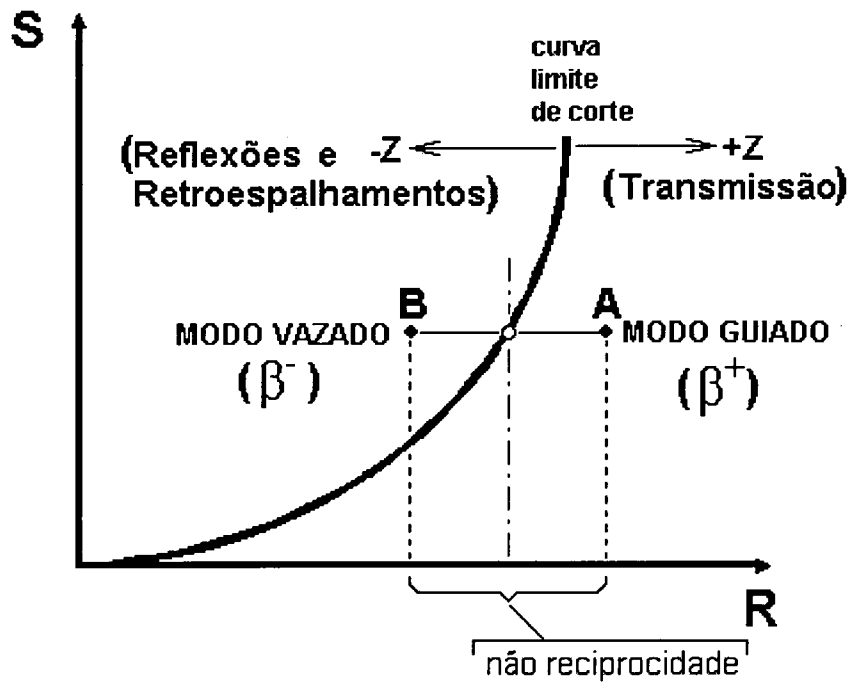


Figura 7

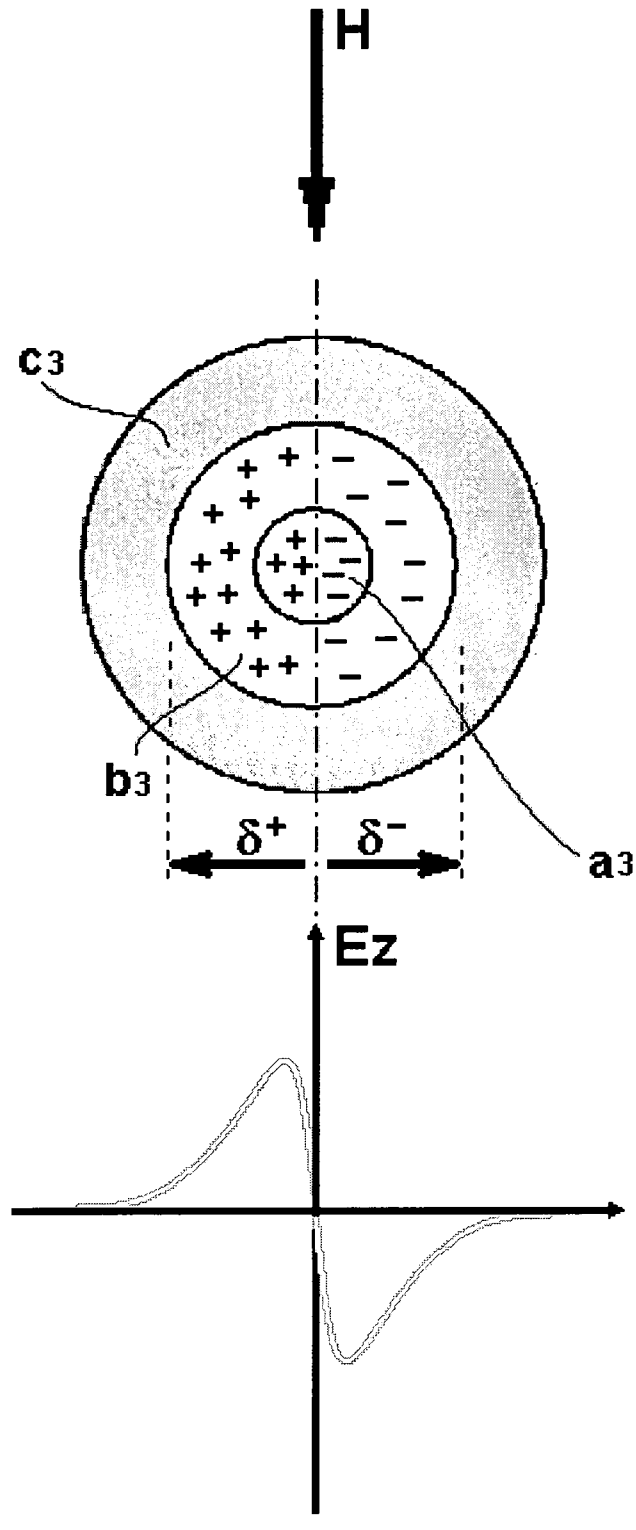


Figura 8

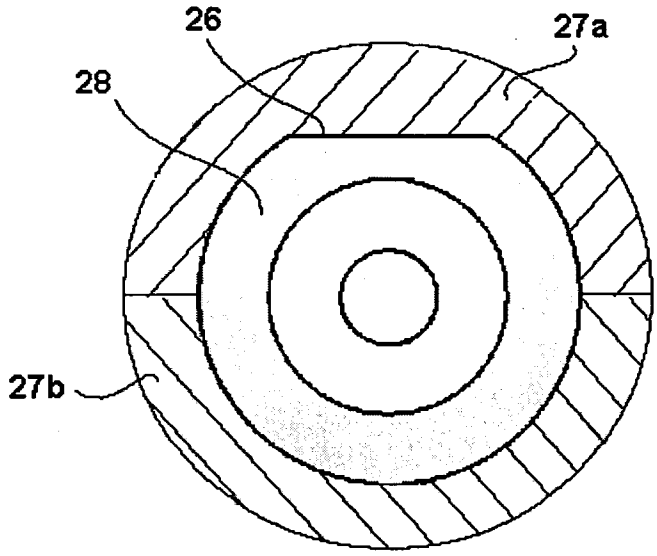


Figura 9

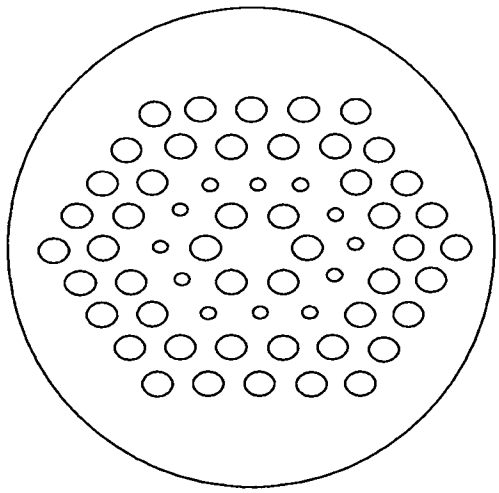


Figura 10

RESUMO

Refere-se a presente invenção a dispositivo ISOLADOR ÓPTICO TOTALMENTE A FIBRA ÓPTICA, utilizado para isolar os sinais ópticos utilizados em redes ópticas de comunicação, o qual compreendende uma única fibra óptica do tipo W, na qual, pelo menos uma das camadas (núcleo, casca 1 ou casca 2) é constituída de material magnetoóptico, dita fibra cujas propriedades magnetoópticas, índices de refração e dimensões físicas das camadas que a compõem são especificados e dimensionados de maneira que, ao ser submetida a um campo magnético H transversal ao seu eixo longitudinal, a fibra apresente uma constante de propagação (β^+) para o sinal luminoso transmitido, oriundo da fonte emissora de luz (sentido de propagação **+z**), e uma outra constante de propagação (β^-) para o sinal luminoso refletido e/ou retroespalhado que retorna pela mesma fibra (sentido de propagação **-z**), de tal forma que o sinal transmitido pela fonte emissora de luz, que trafega no sentido **+z** seja guiado pelo núcleo, enquanto o sinal refletido e/ou retroespalhado, que trafega no sentido **-z**, do mesmo núcleo, esteja na condição de corte, vazando do núcleo para a região das cascas onde o mesmo é absorvido e/ou dissipado antes de atingir a fonte emissora da luz, que se encontra acoplada ao núcleo