



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

(11) PI 0210491-1 B1

(22) Data do Depósito: 24/04/2002

(45) Data de Concessão: 23/02/2016

(RPI 2355)



(54) Título: MÉTODO PARA CONTROLAR PERDAS DE ATENUAÇÃO CAUSADAS PELA MICROFLEXÃO NO SINAL TRANSMITIDO POR UMA FIBRA ÓTICA

(51) Int.Cl.: G02B 6/44; G02B 6/16

(73) Titular(es): PRYSMIAN CAVI E SISTEMI ENERGIA S.R.L.

(72) Inventor(es): GIACOMO STEFANO ROBA, LIDIA TERRUZZI, SABRINA FOGLIANI, MARCO ARIMONDI, SANDRA JOANNA NAGELVOORT, JOHANNES ADRIANUS VAN EEKELEN, ADRIANUS GIJSBERTUS MARIA ABEL, GOUKE DIRK JAN GEUS, DUURT PIETER WILLEM ALKEMA

“MÉTODO PARA CONTROLAR PERDAS DE ATENUAÇÃO CAUSADAS PELA MICROFLEXÃO NO SINAL TRANSMITIDO POR UMA FIBRA ÓTICA”

Campo da Invenção

5 A presente invenção diz respeito a um método para controlar as perdas de atenuação causadas pela microflexão no sinal transmitido por uma fibra ótica.

Fundamentos da Técnica

10 As Fibras óticas consistem comumente de uma porção vítrea (tipicamente com um diâmetro de cerca de 120 a 130 μm), dentro da qual, o sinal ótico transmitido é confinado. A porção vítrea é tipicamente protegida por um revestimento externo, tipicamente de material polimérico. Este revestimento protetor compreende tipicamente uma primeira camada de revestimento posicionada diretamente na superfície vítrea, também conhecida
15 como o “revestimento primário” e de pelo menos uma segunda camada de revestimento, também conhecida como “revestimento secundário”, disposta circundando o dito primeiro revestimento. Na técnica, a combinação de revestimento primário e de revestimento secundário também é identificado algumas vezes como “sistema de revestimento primário”, como ambas as
20 camadas são, no geral, aplicadas durante o processo de fabricação de extração da fibra, em contraste com as “camadas de revestimento secundárias” que podem ser aplicadas subsequente. Neste caso, o revestimento em contato com a porção vítrea da fibra é denominado “revestimento primário interno” enquanto o revestimento na superfície externa da fibra é denominado
25 “revestimento primário exterior”. No presente relatório descritivo e reivindicações, as duas camadas de revestimento serão identificadas como revestimento primário e secundário, respectivamente e a combinação dos dois como “sistema de revestimento”.

 A espessura do revestimento primário, tipicamente, varia de

cerca de 25 μm a cerca de 35 μm , enquanto a espessura do revestimento secundário, tipicamente, varia de cerca de 10 μm a cerca de 30 μm .

Estes revestimentos poliméricos podem ser obtidos a partir de composições que compreendem oligômeros e monômeros que são, no geral, reticulados por meio da irradiação de UV na presença de um fotoiniciador adequado. Os dois revestimentos descritos acima diferem, *inter alia*, nas propriedades mecânicas dos materiais respectivos. Na verdade, visto que o material que forma o revestimento primário é um material relativamente mole, com um módulo de elasticidade relativamente baixo em temperatura ambiente, o material que forma o revestimento secundário é relativamente mais duro, tendo módulos mais altos de valores de elasticidade em temperatura ambiente. O sistema de revestimento é selecionado para fornecer proteção do meio ambiente à fibra de vidro e resistência, *inter alia*, ao fenômeno bem conhecido de microflexão, que pode levar à atenuação da capacidade de transmissão de sinal da fibra e é, portanto, indesejável. Além disso, os sistema de revestimento é projetado para fornecer a resistência desejada a forças de manuseio físicas, tais como aquelas encontradas quando a fibra é submetida a operações de cabeamento.

A fibra ótica desta maneira composta, usualmente tem um diâmetro total de cerca de 250 μm . Entretanto, para aplicações particulares, este diâmetro total também pode ser menor; neste caso, um revestimento de espessura reduzida é, no geral, aplicado.

Além disso, o operador deve ser capaz de identificar fibras diferentes com toda a certeza quando uma pluralidade de fibras estiverem contidas no mesmo invólucro, é conveniente colorir as várias fibras com cores de identificação diferentes. Tipicamente, uma fibra ótica é identificada pela cor circundando-se o revestimento secundário com uma terceira camada de polímero colorida, comumente conhecida como “tinta”, tendo, tipicamente, uma espessura entre cerca de 2 μm e cerca de 10 μm ou, alternativamente,

pela introdução de um pigmento colorido diretamente na composição do revestimento secundário.

Entre os parâmetros que caracterizam os desempenhos dos revestimentos primário e secundário, os módulos elásticos e a temperatura de transição dos materiais reticulados são aqueles que são, no geral, usados para definir as propriedades mecânicas do revestimento. Quando refere-se ao módulo elástico que deve ser clarificado, na literatura da patente, este é referido, algumas vezes como módulo de “corte” (ou módulo medido no corte), enquanto em alguns outros casos módulo “de tração” (ou módulo medido na tensão). A determinação dos ditos módulos elásticos pode ser feita por meio de DMA (Análise mecânica dinâmica) que é uma técnica de análise térmica que mede as propriedades dos materiais quando estes são deformados sob tensão periódica. Para os materiais poliméricos, a razão entre os dois módulos é, no geral, de 1:3, isto é, o módulo de tração de um material polimérico é, tipicamente, de cerca de três vezes o módulo de corte (ver, por exemplo, o livro de referência *Mechanical Properties and Testing of Polymers*, pp. 183 a 186; Ed. G. M. Swallowe)

Os exemplos dos sistemas de revestimento são divulgados, por exemplo, na Patente U. S. 4.962.992. Na dita patente, está estabelecido que é mais provável que o revestimento primário resista à carga lateral e, desta maneira, à microflexão. Desta maneira, explica-se que um módulo de corte de equilíbrio de cerca de 70 a 200 psi (0,48 a 1,38 MPa) é aceitável, enquanto é preferido que tal módulo seja de 70 a 150 psi (0,48 a 1,03 MPa). Estes valores correspondem a um módulo de tensão E' de 1,4 a 4,13 MPa e de 1,4 a 3,1 MPa, respectivamente. Como divulgado na dita patente, um módulo de equilíbrio muito baixo pode causar o empenamento da fibra dentro do revestimento primário e a deslaminação do sistema de revestimento. Além disso, as ditas patentes sugerem que a temperatura de transição vítrea (T_g) do material do revestimento primário não deve exceder -40°C , a dita T_g sendo

definida como a temperatura, determinada por meio da medição de tensão/torção, em que o módulo do material muda a partir de um valor relativamente alto que ocorre em temperatura inferior, o estado vítreo do material a um valor menor que ocorre na região de transição à temperatura superior, o estado elastomérico do material (ou elástico) do material.

Entretanto, como observado pelo Requerente, embora um revestimento primário tenha um valor relativamente baixo de T_g (como geralmente requerido pela técnica), o valor do módulo do material de revestimento, pode, todavia, começar a aumentar em temperaturas muito mais altas do que a T_g , tipicamente, já acima de 0°C . Desta maneira, enquanto um valor baixo da T_g simplesmente implica que a transição do dito revestimento de seu estado elástico a seu estado vítreo acontece em temperaturas relativamente baixas, nenhuma informação pode ser derivada assim como deve ser a variação do módulo na diminuição da temperatura. Na verdade, um aumento excessivo do módulo do revestimento primário na diminuição de temperatura pode afetar negativamente o desempenho ótico da fibra ótica, em particular nos valores de baixa temperatura, causando assim, a atenuação indesejável do sinal transmitido devido à microflexão.

Este problema é ainda piorado quando as fibras óticas são inseridas em uma estrutura de cabo, tipicamente dentro de um revestimento de proteção polimérico, que, no geral, pode tomar a forma de um tubo. A microflexão, tipicamente, surge quando as fibras óticas entram em contato com a superfície do dito revestimento de alojamento. Por exemplo, assim como o coeficiente de expansão térmica dos materiais poliméricos geralmente utilizados como revestimentos de proteção é muito maior que o de vidro, na diminuição de temperatura o revestimento polimérico é, desta maneira, submetido a uma contração maior com respeito às fibras óticas. Isto faz com que as fibras óticas entrem em contato com as paredes internas do tubo, desta maneira, determinando, possivelmente uma pressão local que pode então

resultar nos fenômenos de microflexão.

5 Desta maneira, como observado pelo requerente, o que parece importante para controlar a microflexão de uma fibra ótica, particularmente quando inserida em uma estrutura de cabo, é a temperatura em que o material de revestimento começa a transição de seu estado elástico (mole) a seu estado vítreo (duro), cuja temperatura será referida seguindo este relatório descritivo e reivindicações como a “temperatura de endurecimento” do material ou T_h . Além disso, o requerente observou que a microflexão de uma fibra ótica pode ser ainda controlada usando-se um revestimento primário com um módulo de equilíbrio relativamente baixo. Em particular, resultados particularmente
10 vantajosos são obtidos pela seleção de uma composição curada que ainda apresenta um módulo relativamente baixo na dita T_h , de modo que um aumento excessivo do módulo na outra diminuição de temperatura é evitado.

15 No presente relatório descritivo e reivindicações, o termo “módulo” é referido ao módulo de um material polimérico como determinado por meio de um teste de DMA na tensão, como ilustrado em detalhes na seção de método de teste da parte experimental do presente relatório descritivo.

20 No presente relatório descritivo e reivindicações, o termo “temperatura de endurecimento” é referida como a temperatura de transição em que o material apresenta um aumento apreciável de seu módulo (na diminuição de temperatura), desta maneira, indicando o início de uma mudança apreciável de um material relativamente mole e flexível (material semelhante à borracha) em um material relativamente duro e frágil (material semelhante ao vidro). A determinação matemática da T_h será explicada em
25 detalhes seguindo a descrição.

 De acordo com a presente invenção, desta maneira o requerente observou que as perdas de atenuação causadas pela microflexão nas fibras óticas revestidas, particularmente nas temperaturas de ação baixa, podem ser reduzidas controlando-se adequadamente o aumento do módulo

nas temperaturas baixas. Em particular, o Requerente observou que as ditas perdas por microflexão podem ser reduzidas usando-se um material polimérico para o revestimento primário tendo uma temperatura de endurecimento baixa. Além disso, o requerente observou que, pela seleção
5 das composições de revestimento que tenha um módulo de equilíbrio relativamente baixo, as ditas perdas de atenuação podem ser ainda controladas por toda a faixa de temperatura de operação.

Sumário da Invenção

De acordo com um primeiro aspecto, a presente invenção diz
10 respeito a um método para controlar perdas de atenuação causadas pela microflexão no sinal transmitido por uma fibra ótica que compreende uma porção vítrea interna, que compreende: a) fornecer uma primeira camada de revestimento de um primeiro material polimérico para circundar a dita porção vítrea e b) fornecer uma segunda camada de revestimento de um segundo
15 material polimérico para circundar a dita primeira camada de revestimento, em que o dito material polimérico tem uma temperatura de endurecimento menor que -10°C e um módulo de equilíbrio menor que 1,5 MPa.

Preferivelmente, o módulo de equilíbrio do dito primeiro material polimérico é menor que 1,4 MPa e mais preferivelmente menor que
20 1,3 MPa.

De acordo com uma forma de realização preferida, o material polimérico que forma o dito revestimento primário tem: a) uma temperatura de endurecimento (T_h) de -10°C a cerca de -20°C e um módulo medido na dita T_h menor que 5,0 MPa ou b) uma temperatura de endurecimento (T_h) de
25 -20°C a cerca de -30°C e um módulo medido na dita T_h menor que 20,0 MPa ou c) uma temperatura de endurecimento (T_h) menor que a cerca de -30°C e um módulo medido na dita T_h menor que 70,0 MPa.

Preferivelmente, o dito material que forma a dita camada de revestimento tem:

a) uma temperatura de endurecimento (T_h) de -10°C a cerca de -20°C e um módulo medido na dita T_h menor que $4,0\text{ MPa}$ ou

b) uma temperatura de endurecimento (T_h) de -20°C a cerca de -30°C e um módulo medido na dita T_h menor que $15,0\text{ MPa}$ ou uma
5 temperatura de endurecimento (T_h) menor que a cerca de -30°C e um módulo medido na dita T_h menor que $50,0\text{ MPa}$.

De acordo com uma outra forma de realização preferida, a temperatura de transição vítrea do material não é maior que de -30°C , more preferivelmente não maior que -40°C e muito mais preferivelmente não maior
10 que -50°C .

Preferivelmente, o dito primeiro material polimérico é obtido pela cura de uma composição curável por radiação que compreende um oligômero curável por radiação que compreende uma cadeia principal derivada do polipropileno glicol e um poliéster poliol com base em um ácido
15 dimérico. O presente método, quando aplicado em uma fibra ótica de modo simples padrão determina a sensibilidade de microflexão na dita fibra em $1550\text{ }\mu\text{m}$ em uma temperatura de -30°C de menos que $1,5\text{ (dB/km)(g/mm)}$ mais preferivelmente de menos que $1,2\text{ (dB/km)(g/mm)}$, ainda mais preferido menos que $1,0\text{ (dB/km)(g/mm)}$ e mais preferido menos que $0,8$
20 (dB/km)(g/mm) , quando submetido ao teste de microflexão de tambor expansível.

O termo fibra de modo simples padrão refere-se neste a fibras óticas que tenham um perfil de índice de refração do tipo etapa-índice, isto é, um perfil de segmento simples, com uma variação simples do índice de
25 refração de $0,2\%$ a $0,4\%$, um raio de núcleo de cerca de $4,0$ a $4,5\text{ }\mu\text{m}$ e um valor MAC de cerca de $7,8$ a $8,6$.

Breve Descrição dos Desenhos

A Figura 1 mostra uma seção transversal esquemática de uma fibra ótica;

A Figura 2 mostra uma plotagem de DMA ilustrativa de um material polimérico adequada para um de acordo com a invenção;

A Figura 3 mostra a curva que corresponde ao primeiro derivado da plotagem de DMA da figura 2;

5 As Figuras de 4a a 4c mostram as plotagens de DMA experimentais de três materiais de revestimento primário adequados para um método de acordo com a invenção;

A Figura 5 mostra a plotagem de DMA experimental de um material de revestimento primário da técnica anterior.

10 A Figura 6 mostra uma forma de realização ilustrativa de um desenho em elevação para a fabricação de uma fibra ótica.

As Figuras de 7 a 9 mostram desenhos diferentes de cabos óticos.

Descrição das Formas de Realização Preferidas

15 Como mencionado acima, um método de acordo com a invenção compreende fornecer, na porção vítrea da fibra ótica, uma camada de revestimento primário formada de um material polimérico que tenha uma temperatura de endurecimento relativamente baixa e um módulo de equilíbrio baixo.

20 Para explicar melhor o significado da temperatura de endurecimento, referência é feita à curva mostrada na figura 1. Esta curva, tipicamente obtida por uma DMA (Análise mecânica dinâmica), representa a variação do módulo de um material polimérico vs. temperatura. Como mostrado por esta curva, o material polimérico em um valor relativamente
25 alto de módulo nas temperaturas baixas (estado vítreo, porção “a” da curva), enquanto o dito valor torna-se muito menor quando o polímero está em seu estado elástico, nas temperaturas mais altas (porção “b” da curva, módulo equilíbrio). As porções oblíquas “d” da curva representam a transição do material do estado vítreo ao elástico. A transição entre o estado vítreo e o

estado elástico é conhecida na técnica como a “transição vítrea” do material e está geralmente associada a uma temperatura específica (T_g , temperatura de transição vítrea). Como está evidente a partir da curva, a transição entre o estado vítreo e o estado elástico acontece em uma faixa relativamente ampla de temperaturas. Por razões práticas evidentes, os métodos, desta maneira, foram desenvolvidos para determinar um valor de T_g específico para cada polímero. Um destes métodos (ver, por exemplo, P. Haines, “Thermal Methods of Analysis”, p. 133. Blackie Academic and professionals ed.), que é um usado para a determinação dos valores T_g indicados no presente relatório descritivo e reivindicações, compreende a determinação do ponto de interseção de duas linhas. A primeira linha (identificada como “A” na figura 2) é determinada pela interpolação dos pontos da curva DMA na região de platô do estado vítreo (porção “a” da curva). Na prática, para composições de revestimento primário, a interpolação é calculada para os pontos na região de -60°C a -80°C . A segunda linha (identificada como “D” na figura 2) é determinada como a tangente para o ponto de inflexão da curva DMA na porção oblíqua “d” da dita curva. O ponto de inflexão e a inclinação da tangente naquele ponto pode ser determinada como usual por meio do primeiro derivado da curva DMA, como mostrado na figura 3. De acordo com a curva mostrada na figura 3, a abscissa do ponto mínimo da curva dá a abscissa do ponto de inflexão na curva DMA da figura 2, enquanto a ordenada dá a inclinação (coeficiente angular) da linha de tangente no dito ponto de inflexão.

Na prática, o derivado de cada ponto experimental é então calculado primeiro e depois a interpolação da curva dos pontos derivados é determinada como conhecido na técnica. Para evitar os cálculos desnecessários, apenas aqueles pontos que estão dentro de uma faixa de temperatura relativamente estreita em torno do ponto mínimo são levadas em conta para regressão. Dependendo da distribuição dos pontos experimentais,

esta faixa pode variar entre 40°C (cerca de $\pm 20^\circ\text{C}$ em torno do ponto mínimo) e 60°C (cerca de $\pm 20^\circ\text{C}$ em torno do ponto mínimo). Uma curva polinomial de 6º grau é considerada, no geral, suficiente para obter uma curva para o ajuste com o derivado dos pontos experimentais.

5 Como mostrado na figura 2 a temperatura de transição vítrea determinada deste modo é de cerca de -62°C .

 Similarmente à T_g , também, a temperatura de endurecimento (T_h) de um material polimérico pode ser determinada pelo método acima. A T_h é assim determinada como o ponto de interseção entre a linha “B” e a
10 linha definida acima “D”, como mostrado na figura 2. A linha “B” é determinada pela interpolação dos pontos da curva DMA na região de platô do estado elástico (porção “b” da curva) isto é, no módulo de equilíbrio do material. Na prática, para composições de revestimento primário, a interpolação é calculada para os pontos na região de 20°C e 40°C .

15 Como mostrado na figura 2, a T_h calculada de acordo com o método acima, desta maneira, será de cerca de -13°C .

 Como observado pelo requerente, quando o material curado que forma o revestimento primário da fibra ótica tiver uma T_h menor que cerca de -10°C , preferivelmente menor que -12°C e um módulo de equilíbrio
20 menor que 1,5 MPa, preferivelmente menor que 1,4 MPa e mais preferivelmente menor que 1,3 MPa, o desempenho ótico da fibra ótica pode ser ainda melhorado, particularmente reduzindo-se sua sensibilidade de microflexão em toda a faixa de temperatura de operação e particularmente em temperaturas baixas de desempenho, por exemplo, abaixo de 0°C . na verdade,
25 a combinação, a combinação destes dois parâmetros em um material polimérico curado aplicado como o revestimento primário em uma fibra ótica de acordo com a invenção resulta em um aumento relativamente homogêneo do módulo na diminuição de temperatura, permitindo, desta maneira, controlar os fenômenos de microflexão abaixo dos limites de temperatura de

operação inferiores, tipicamente -30°C .

Entretanto, o dito módulo, preferivelmente não deve ser menor que cerca de 0,5 MPa, mais preferivelmente não menor que cerca de 0,8 MPa a fim de não afetar negativamente outras propriedades da fibra, tal como a adesão do material de revestimento à porção vítrea da fibra.

Como ainda observado pelo requerente, quando o material curado que forma o revestimento primário da fibra ótica tiver uma T_h menor que a cerca de -10°C e um módulo menor que 5,0 MPa, preferivelmente, menor que a cerca de 4,0 MPa, na dita temperatura, o dito controle dos fenômenos de microflexão pode ser ainda melhorado.

Um controle melhorado análogo dos fenômenos de microflexão também pode ser atingido quando o material polimérico curado tiver uma T_h menor que -20°C e um módulo na dita temperatura menor que 20 MPa, preferivelmente menor que 15 MPa ou quando o material polimérico curado tiver uma T_h menor que -30°C e um módulo na dita temperatura menor que 70 MPa, preferivelmente menor que 50 MPa.

Além disso, a temperatura de transição vítrea do material polimérico curado aplicado como o revestimento primário em uma fibra ótica de acordo com a invenção, preferivelmente não é maior que cerca de -30°C , mais preferivelmente não maior que -40°C e muito mais preferivelmente não maior que -50°C .

Todos os acima indicaram parâmetros, isto é, módulo, T_h e T_g podem ser determinados submetendo-se um material polimérico a uma DMA em tensão realizada de acordo com a metodologia ilustrada na parte experimental do presente relatório descritivo e avaliando-se a plotagem de DMA respectiva do material de acordo com o procedimento definido acima.

Um material de revestimento a ser usado em um método de acordo com a invenção é particularmente vantajoso quando aplicado ao projeto da fibra, quando a sensibilidade à microflexão for uma das restrições

principais no projeto da fibra. Isto é especialmente verdade para temperatura abaixo de 0°C, tão baixa quanto -30°C. A melhora em termos de sensibilidade de microflexão inferior fornece ao projetista da fibra com margem adicionada, que pode ser explorada de diversas maneiras diferentes.

5 Por exemplo, a margem adicionada pode aumentar as tolerâncias tanto na produção da fibra, em termos de sensibilidade de microflexão quanto na produção de cabo em termos de tensão sobre as fibras, sem efeitos prejudiciais em perdas aumentadas para a microflexão.

Alternativamente, ou além disso a margem aumentada pode
10 ser desperdiçada projetando-se fibras especiais que apresentam uma sensibilidade aumentada à microflexão, tais como aquelas ilustradas a seguir. Alguns dos parâmetros óticos de uma fibra ótica que podem afetar sua sensibilidade de microflexão são a área efetiva e o perfil de índice de refração (ou perfil α). Estes parâmetros são bem conhecidos por aqueles habilitados na
15 técnica. Por exemplo, referência pode ser feita à WO 01/49624, que descreve estes e outros parâmetros, também, em relação a tipos diferentes de fibras óticas.

A Figura 1, ilustra uma fibra ótica que compreende uma porção vítrea interna 101, uma primeira camada de revestimento polimérico
20 102, também conhecida como revestimento primário, disposta para circundar a dita porção vítrea e uma segunda camada de revestimento polimérico 103, também conhecida como revestimento secundário, disposta circundando a dita primeira camada polimérica.

Um primeiro exemplo de aplicação vantajosa do método de
25 acordo com a invenção pode ser observado no uso de um material de revestimento primário como descrito acima com uma fibra de área efetiva muito grande, tendo área efetiva em 1550 nm maior que $90 \mu\text{m}^2$ (em comparação com uma área efetiva de cerca de $80 \mu\text{m}^2$ para fibras de modo simples padrão).

As fibras tendo área efetiva maior que $90 \mu\text{m}^2$ são correntemente vendidas no mercado, por exemplo, com o nome comercial de Vascade™ L1000 pela Corning ou UltraWave™ SLA da OFS ou Z-plus Fiber™ da Sumitomo.

5 A área efetiva em 1550 nm para este tipo de fibras é preferivelmente acima de cerca de $100 \mu\text{m}^2$, mais preferivelmente acima de cerca de $110 \mu\text{m}^2$, ainda mais preferivelmente acima de $120 \mu\text{m}^2$.

10 Tipicamente, estas fibras têm um comprimento de onda de dispersão zero entre cerca de 1270 e 1330 nm e uma inclinação de dispersão positiva em 1550 nm. A atenuação em 1550 nm está vantajosamente abaixo de 0,200 dB/km, preferivelmente abaixo de 0,190 dB/km. O perfil de índice de refração comumente usado é do tipo do perfil índice etapa, isto é, um perfil de segmento simples. O corte da fibra está entre cerca de 1250 nm e cerca de 1650 nm, preferivelmente entre cerca de 1350 nm e cerca de 1550 nm.

15 Uma restrição principal em uma tentativa de projetar fibras com área efetiva maior que $90 \mu\text{m}^2$ é a existência de um valor limite para a sensibilidade de microflexão acima da qual a fibra pode experimentar uma perda aumentada no cabo. Na verdade, as perdas de atenuação causadas pela microflexão aumentam junto com o aumento do valor da área efetiva. Ainda
20 pode ser estimado que o método de acordo com a invenção para controlar estas perdas de atenuação é particularmente vantajoso quando aplicado neste tipo de fibras óticas.

25 Um outro exemplo de aplicação vantajosa do método de acordo com a invenção consiste na combinação do material de revestimento primário acima com as denominadas fibras óticas “mudadas por dispersão”, caracterizadas por uma área efetiva em 1550 nm maior que $60 \mu\text{m}^2$ e um comprimento de onda de dispersão zero mudado além da banda de 1300 nm.

As fibras mudadas por dispersão tendo área efetiva maior que $60 \mu\text{m}^2$ são correntemente vendidas no mercado, por exemplo, com o nome

comercial de FreeLight™ pela Pirelli ou TeraLight™ pela Alcatel ou Submarine LEAF® pela Corning.

5 A área efetiva em 1550 nm está acima de cerca de $60 \mu\text{m}^2$ com o valor preferido acima de $70 \mu\text{m}^2$, mais preferivelmente acima de cerca de $80 \mu\text{m}^2$.

Tipicamente, estas fibras têm um comprimento de onda de dispersão zero entre cerca de 1350 e 1650 nm e uma inclinação de dispersão positiva em 1550 nm. Preferivelmente, o comprimento de onda de dispersão zero está entre cerca de 1350 e 1520 nm. A atenuação em 1550 nm está
10 tipicamente abaixo de 0,210 dB/km, preferivelmente abaixo de 0,200 dB/km.

Por causa do perfil de índice de refração relativamente complexo (em comparação com o perfil de etapa-índice convencional das fibras óticas de modo simples padrão), estas fibras são mais propensas às perdas por atenuação causadas pela microflexão e, desta maneira, podem
15 levar vantagem a partir do método de acordo com a invenção.

Um outro exemplo de aplicação vantajosa do novo material consiste na combinação do novo material de revestimento com uma fibra compensadoras de dispersão (DCF).

20 As fibras compensadoras de dispersão são correntemente vendidas no mercado, por exemplo, com o nome comercial de Vascade™ S1000 pela Corning ou UltraWave™ IDF pela OFS ou Dispersion Compensating Modules pela OFS.

As fibras compensadoras de dispersão são adequadas para compensar a dispersão cromática acumulada ao longo da linha ótica que tendo
25 dispersão positiva. Estas podem ser classificadas em duas famílias; uma para a compensação aglomerada em módulos compactos e a outra para a compensação distribuída na forma de cabo.

As fibras compensadoras de dispersão que são caracterizadas pela dispersão em 1550 nm estão abaixo de -20 ps/nm/km, preferivelmente

menos do que -30 ps/nm/km:

Na técnica, o derivado da primeira dispersão cromática com respeito ao comprimento de onda é denominado inclinação de dispersão. A fim de também compensar a inclinação da linha de transmissão, a inclinação de dispersão de DCF é preferivelmente negativa.

A primeira família de DCF que é caracterizada pela dispersão a 1550 nm está abaixo de -80 ps/nm/km, preferivelmente menos do que -100 ps/nm/km e mais preferivelmente abaixo de -120 ps/nm/km.

A segunda família de DCF que é caracterizada pela dispersão em 1550 nm está abaixo de -20 ps/nm/km, preferivelmente menos do que -40 ps/nm/km e mais preferivelmente abaixo de -60 ps/nm/km.

A área efetiva em 1550 nm está acima de cerca de $15 \mu\text{m}^2$, preferivelmente acima de cerca de $20 \mu\text{m}^2$, mais preferivelmente acima de $25 \mu\text{m}^2$.

O perfil de índice de refração preferivelmente usado para as fibras de DCF compreendem um núcleo e um revestimento, em que o núcleo ainda compreende um segmento central que tem diferença de índice de refração positiva com respeito ao revestimento, um primeiro segmento anular tendo diferença de índice negativa e um segundo segmento anular tendo diferença de índice positiva.

Assim como a sensibilidade de microflexão da DCF tipicamente aumenta com o aumento do valor de dispersão, pode ser estimado que o método da invenção é particularmente vantajoso quando aplicado a este tipo de fibras óticas. Aplicando-se o método da invenção à DCF, o projetista da fibra pode, de fato, levar vantagem da sensibilidade de microflexão diminuindo a dispersão da DCF enquanto mantêm-se as propriedades da fibra ótica remanescentes substancialmente as mesmas. Em particular, para um dado corte, área efetiva, dispersão à razão de inclinação, o projetista da fibra é deixado diminuir a dispersão em 1550 nm enquanto ainda

se mantém desempenhos de microflexão aceitáveis.

Um outro exemplo de aplicação vantajosa do método da invenção é um uma fibra ótica multimodo.

5 As fibras multimodo são correntemente vendidas no mercado, por exemplo, com o nome comercial de Infinicor[®] pela Corning ou GLight[™] pela Alcatel.

As fibras multimodo encontram aplicação vantajosa na rede de área local e ligação de alcance curto, tipicamente abaixo de 1 km. O diâmetro de núcleo típico é de 50 μm e de 65 μm .

10 As fibras multimodo são fortemente afetadas pelo fenômeno de microflexão por causa do modo de ligação entre os modos de propagação diferentes da fibra. O método invenção ainda fornece estas fibras com resistência aumentada a perdas induzidas pela microflexão quando colocadas no cabo.

15 Um outro exemplo de aplicação vantajosa do método da invenção é com uma fibra de diâmetro reduzido, em particular espessura de revestimento reduzida.

A economia de espaço está se tornando resultado crucial nas aplicações de telecomunicação. Por exemplo, no ambiente rede de
20 distribuição, a disponibilidade de cabos de total de fibra mais alto ou cabos de tamanho reduzido devem ser muito vantajoso para enfrentar a necessidade de conectar grande número de usuários com a necessidade de usar dutos preexistentes de vários tipos. Um outro exemplo de vantagem de uma fibra de diâmetro reduzido e conseqüentemente de cabo de diâmetro reduzido pode ser
25 representado por cabos aéreos. Neste pedido, é obrigatório reduzir o peso dos cabos e sua resistência ao vento.

Entretanto, deve ser observado que enquanto tenta-se reduzir as dimensões e o peso totais das fibra, é importante garantir a compatibilidade total com as fibras existentes. Portanto, a solução preferida consiste em uma

fibra que tenha porção vítrea de diâmetro de 125 μm (isto é, similar a uma das fibras convencionais), revestida por camadas de revestimento tendo espessuras totais reduzidas, por exemplo, para um diâmetro externo total de menos que ou igual a 210 μm .

5 Com referência à figura 1, a espessura da camada de revestimento primário 102 é de cerca de 18 μm a 28 μm , preferivelmente de cerca de 22 a 23 μm enquanto a espessura do revestimento secundário 103 é de cerca de 10 μm a cerca de 20 μm , preferivelmente de cerca de 15 μm .

10 Devido à espessura reduzida das camadas poliméricas protetoras, este tipo de fibra é mais propenso aos efeitos de pressões laterais e, desta maneira, à atenuação causada pela microflexão. Usando-se um material de revestimento primário de acordo com o método da invenção, desta maneira, a fibra apresentará perdas por microflexão aceitáveis, também com uma tal redução na camada protetora.

15 Independentemente do tipo de fibra ótica, o método da invenção permite reduzir as perdas de atenuação causadas pela microflexão em uma fibra ótica disposta dentro de uma estrutura de cabo, particularmente dentro de um tubo compensador polimérico. As fibras óticas são, de fato, alojadas em tubos compensadores com uma extensão em excesso com
20 respeito ao comprimento do tubo, a fim de evitar tensões mecânicas nas fibras óticas quando o cabo é tracionado, por exemplo, durante a instalação. Dependendo das dimensões do tubo compensador e da quantidade de fibras óticas alojadas neste, a dita extensão em excesso pode variar entre cerca de 0,1 % e 1 %. Em particular, quando as fibras são alojadas dentro de um
25 denominado “tubo de folga central”, o dito comprimento em excesso está em torno de 1 %, para compensar o alongamento longitudinal do tubo compensador. Para instalações particulares, entretanto (por exemplo, a rede local), onde uma contagem de fibra mais alta dentro do mesmo tubo compensador é requerida, o dito comprimento de fibra em excesso é

diminuído, por exemplo, a 0,5 ‰ ou menor, para evitar possíveis contato das fibras com as paredes internas do tubo. Para as denominadas estruturas de “tubos de folga filamentados”, quando uma pluralidade de tubos compensadores é filamentada (tipicamente com uma maneira S-Z) em trono de um membro de comprimento central, o comprimento em excesso da fibra é, no geral, menor, por exemplo, entre 0,1 ‰ e 0,5 ‰, assim como estes tipos de estrutura de fibras óticas são menos propensos a tensões mecânicas quando o cabo é submetido ao alongamento longitudinal.

Em qualquer caso, as perdas de atenuação, entretanto, podem surgir na diminuição da temperatura, devido à contração mais alta do tubo compensador com respeito às fibras de vidro na diminuição de temperatura. Neste caso, um serpenteamento excessivo das fibras dentro do tubo compensador fará com que a fibra entre em contato com as paredes internas do tubo compensador, com microflexão conseqüente. Além disso, particularmente na estrutura de “tubos de folga filamentados” ou em cujos casos onde as fibras são alojadas com uma contagem de fibra alta dentro do tubo compensador (isto é, com cerca de 50 % ou mais da área transversal interna do tubo sendo ocupada pelas fibras óticas) pode acontecer que as fibras sejam forçadas na direção das paredes dos tubos, por exemplo, como uma conseqüência de curvatura permanente do cabo no duto de instalação. Também, neste caso, o dito contato pode dar origem à microflexão. Similarmente, as fibras óticas (por exemplo, na forma de fitas de fibra ótica) alojadas dentro de um sulco dentro da denominada estrutura de “núcleo fendido”, podem ser forçadas em direção a outro revestimento como uma conseqüência da diminuição da temperatura ou em direção ao fundo do sulco como uma conseqüência de um esforço mecânico aplicado no cabo.

Os exemplos de estruturas de cabo em que o uso do dito método pode ser vantajoso são ilustrados nas figuras 7, 8 e 9.

O cabo mostrado na Figura 1 tem, em sua posição mais

radialmente externa, um elemento de reforço 701, tipicamente fabricado de plástico reforçado com fibra de vidro, revestido com uma camada 702 de material polimérico, por exemplo, uma poliolefina, por exemplo, polietileno ou copolímero de etileno-propileno. O cabo tem um ou mais elementos tubulares poliméricos 703 (“tubos compensadores”) que podem ser fabricados a partir de um material de poliolefina (por exemplo, polietileno ou copolímero de etileno-propileno) os ditos tubos compreendendo um diversas fibras óticas 704 que são e embutidas em um material de enchimento 705, tipicamente do tipo semelhante a graxa (por exemplo, como divulgado na US 6.278.824).

10 As fibras óticas podem ser, por exemplo, fibras de modo simples, fibras de modo múltiplo, fibras mudadas por dispersão (DS), fibras de dispersão não zero (NZD) ou fibras com uma área efetiva grande e outros, dependendo dos requerimentos de aplicação do cabo.

15 O número de elementos tubulares 703 presentes no cabo (que também pode ser disposto em diversas camadas sobrepostas) e as dimensões destes elementos tubulares dependem da capacidade pretendida do cabo, bem como das condições sob as quais este cabo será usado. Por exemplo, seis, oito ou mais elementos tubulares, dispostos em uma ou mais camadas (por exemplo, de até 48 tubos), podem ser dispostos em torno do elemento central.

20 Os elementos tubulares 703 estão dispostos em configuração de hélice em torno do membro central, a dita configuração sendo uma hélice contínua ou uma hélice aberta obtida pelo retorcimento alternado (S-Z) do tubo. Se desejado, um ou mais tubos podem ser substituídos por um ou mais bastões, a fim de preservar a simetria da configuração de hélice no caso da
25 contagem de fibra ser menor que a contagem de fibra total. Alternativamente, o elemento central pode ser substituído por um outro elemento tubular como aquele previamente mencionado, apto para conter fibras óticas.

Os interstícios 706 entre os tubos compensadores também podem ser enchidos com uma composição de enchimento tal como aquela

previamente mencionada ou, preferivelmente, com uma composição que tenha viscosidade mais alta.

Os tubos filamentados são, no geral, unidos por um fio ou fita poliméricos (não mostrado), por exemplo, um fio de poliéster ou polipropileno, a fim de mantê-los firmemente em sua configuração de hélice durante os processos de fabricação.

Uma outra fita polimérica (não mostrada) pode ser opcionalmente enrolada por sobreposição em torno dos tubos compensadores filamentados a fim de permitir um refreamento efetivo do enchedor que bloqueia água intersticial. Tal fita polimérica, por exemplo, poliéster (por exemplo, Mylar[®]), tem uma espessura de cerca de 25 a 50 µm pode ser helicoidal enrolada em torno dos tubos compensadores filamentados com uma sobreposição de cerca de 3 mm.

Uma fita bloqueadora de água (ou dilatável por água) pode ser enrolada em torno de toda a estrutura. Tais fitas bloqueadoras de água, no geral, compreendem uma fita de base polimérica em cuja superfície um material dilatável superabsorvente (por exemplo, poliacrilato ou polimetilmetacrilato) na forma de pó é química ou termicamente fixado.

OS tubos filamentados podem ser então revestidos por uma camada de reforço, por exemplo, feita de fios aramídicos (Kevlar[®]) ou fios de vidro, contendo opcionalmente dois fios que cortam o revestimento dispostos de maneira longitudinal com respeito ao cabo. Uma camada externa, por exemplo, é então disposta circundando a estrutura do cabo. Opcionalmente, uma fita metálica (não mostrada), preferivelmente ondulada, pode ser disposta entre o revestimento externo e a camada de reforço.

O cabo da figura 2 mostra ter, em sua posição mais radialmente interna, um elemento de reforço em que um núcleo fendido polimérico é extrusado. Sulcos são formados de maneira longitudinal na superfície externa do dito núcleo, cujos sulcos estendem-se como uma

hélice contínua ou com uma configuração S-Z junto com toda a superfície exterior do dito núcleo. Os sulcos 803 são enchidos com um enchedor 804 como o indicado previamente e as fibras óticas na forma de fitas 805 são embutidas nestes. O núcleo fendido 802 é então revestido por uma fita de refreamento 806, por exemplo, de poliéster, circundado por uma fita bloqueadora de água 807 como indicado previamente. Um envoltório polimérico 808, por exemplo, de poliuretano ou de um material de poliolefina, é disposto circundando o núcleo fendido revestido. Uma camada de reforço 809, por exemplo, feita de fios aramídicos (Kevlar[®]) ou fio de vidro, pode ser disposta circundando o dito revestimento polimérico 808, contendo opcionalmente dois fios que cortam o revestimento (não mostrado) dispostos de maneira longitudinal com respeito ao cabo. Uma camada polimérica externa é então disposta circundando a estrutura do cabo. Opcionalmente, uma fita de metal 811, preferivelmente ondulada, pode ser disposta entre o revestimento externo 810 e a camada de reforço.

A Figura 3 mostra uma vista de seção transversal de um cabo de fibra ótica que compreende um tubo polimérico central 901 (por exemplo, de material poliolefínico), o dito tubo contendo diversas fibras óticas 902 que são dispostas de maneira folgada em material de enchimento 903 como previamente mencionado. Os grupos de, por exemplo, doze fibras óticas podem ser agrupados em sub-unidades e envolvidos por uma camada fina de um material polimérico de módulo de tração (por exemplo, cloreto de polivinila, polímero de etileno-acetato de vinila, polietileno ou polipropileno) para formar um sub-módulo 904. O revestimento polimérico pode ser colorido a fim de facilitar a identificação das fibras.

O número de elementos óticos 904 presentes (que também podem ser dispostos em diversas camadas) e as dimensões destes elementos dependem da capacidade pretendida do cabo, bem como das condições sob as quais este cabo será usado. Por exemplo, tanto cabos com um elemento ótico

simples 904 quanto cabos com seis, oito ou mais elementos óticos dispostos em uma ou mais camadas (por exemplo, até 48 tubos), são considerados.

Os elementos óticos podem estar dispostos no tubo interno 901 em um padrão de hélice contínua ou aberta (S-Z) em torno do eixo do cabo.

5 Em torno do tubo compensador 901 uma fita bloqueadora de água 905, como previamente descrito, pode ser enrolada em uma configuração de hélice. Uma camada de reforço 906 pode ser disposta em torno da fita bloqueadora de água e um revestimento de polietileno externo 907 é então disposto circundando a estrutura do cabo.

10 Um ou mais membros de reforço 908 dispostos longitudinalmente ao longo do cabo são inseridos na espessura do dito revestimento tubular externo 907. Em uma forma de realização preferida, como ilustrado na Figura 3, dois membros de reforço 908 estão presentes, vantajosamente dispostos diametricamente opostos um ao outro. Além disso,
15 um membro de reforço pode ser alternativa ou adicionalmente colocado dentro do tubo interno 901 em uma posição axial.

Estes membros são, preferivelmente, imersos completamente no dito revestimento e consistem, preferivelmente, de bastões de reforço de material de concentração alta, tipicamente entre 0,5 e 2,5 mm de tamanho. Os
20 ditos membros de reforço podem ser feitos de um material de compósito, tal como resina de vidro ou resina de fibra de carbono reforçada ou fios de aramida (Kevlar[®]) ou alternativamente de um material metálico, tal como aço e outros.

Alternativamente, o tubo 901 pode ser omitido e, desta
25 maneira um revestimento polimérico tubular simples 907 pode realizar a função dupla de um revestimento protetor externo e de um tubo interno.

Os sistemas de carregador curáveis por radiação que são adequados para formar uma composição a serem usados como o revestimento primário em uma fibra ótica de acordo com a invenção contém um ou mais

oligômeros ou monômeros curáveis por radiação (diluentes reativos) que tenham pelo menos um grupo funcional capaz de polimerização quando exposto à radiação actínica. Os oligômeros ou monômeros curáveis por radiação adequados são bem conhecidos e estão dentro da habilidade da técnica. Comumente, a funcionalidade curável por radiação usada é a insaturação etilênica que pode ser polimerizada, preferivelmente, através da polimerização de radical. Preferivelmente, pelo menos cerca de 80 % em mol, mais preferivelmente, pelo menos cerca de 90 % em mol e mais preferivelmente, substancialmente todos os grupos funcionais curáveis por radiação presentes no oligômero são acrilato ou metacrilato. Em consideração à simplicidade, o termo “acrilato”, como usado por todo o presente pedido abrange tanto a funcionalidade de acrilato quanto de metacrilato.

Um revestimento primário adequado para um método de acordo com a presente invenção pode ser fabricado a partir de uma composição de revestimento curável por radiação que compreende um oligômero curável por radiação, o dito oligômero compreendendo uma cadeia principal derivada de polipropileno glicol e um poliéster poliálcool com base em um ácido dimérico. Preferivelmente, o oligômero é um oligômero de acrilato de uretano que compreende a dita cadeia principal, mais preferivelmente um oligômero de acrilato de uretano completamente alifático. O dito oligômero é divulgado, por exemplo, na WO 01/05724. O oligômero pode ser fabricado de acordo com métodos que são bem conhecidos na técnica. Preferivelmente, o oligômero de acrilato de uretano pode ser preparado reagindo-se

- (A1) o polipropileno glicol e
- (A2) o poliéster poliálcool com base em ácido dimérico,
- (B) um poliisocianato, e
- (C) um (met)acrilato contendo um grupo hidroxila.

Dados como exemplos do processo para fabricar o acrilato de uretano pela reação destes compostos, são

(i) reagir o dito glicol (A1 e A2), o poliisocianato e o (met)acrilato contendo o grupo hidroxila completamente; ou

(ii) reagir o dito glicol e o poliisocianato e reagir o produto resultante com o (met)acrilato contendo o grupo hidroxila; ou

5 (iii) reagir o poliisocianato e o (met)acrilato contendo o grupo hidroxila e reagir o produto resultante com o dito glicol; ou

(iv) reagir o poliisocianato e o (met)acrilato contendo o grupo hidroxila, reagir o produto resultante com o dito glicol e reagir o (met)acrilato contendo o grupo hidroxila mais uma vez.

10 O polipropileno glicol (A1) -como usado aqui- é entendido para referir-se a um polipropileno glicol que compreende uma composição que tem uma pluralidade de porções de polipropileno glicol. Preferivelmente, o dito polipropileno glicol tem em média um peso molecular médio numérico que varia de 1.000 a 13.000, mais preferivelmente que varia de 1.500 a 8.000,
15 ainda mais preferido de 2.000 a 6.000 e mais preferido de 2.500 a 4.500. De acordo com uma forma de realização preferida, a quantidade de insaturação (referida à insaturação meq/g para a composição total) do dito polipropileno glicol é menor que 0,01 meq/g, mais preferivelmente entre 0,0001 e 0,009 meq/g.

20 O polipropileno glicol inclui 1,2-polipropileno glicol, 1,3-polipropileno glicol e misturas destes, com 1,2-polipropileno glicol sendo preferido. Os polipropilenos glicóis adequados estão comercialmente disponíveis sob as razões sociais de, por exemplo, Voranol P1010, P 2001 e P 3000 (fornecido por Dow), Lupranol 1000 e 1100 (fornecido por Elastogran),
25 ACCLAIM 2200, 3201, 4200, 6300, 8200 e Desmophen 1111 BD, 1112 BD, 2061 BD, 2062 BD (todos fabricados por Bayer) e outros. Tais compostos de uretano podem ser formados por qualquer técnica de reação adequada para tal propósito.

O poliéster poliál com base em ácido dimérico (A2) -como

usado aqui- é entendido para referir-se a um poliéster poliol terminado em hidroxila que foi fabricado por polimerização de um componente de ácido e um componente de hidroxila e que tem resíduos de ácido dimérico em sua estrutura, no qual os ditos resíduos de ácido dimérico são resíduos derivados do uso de um ácido dimérico como pelo menos parte do componente de ácido e/ou pelo uso do derivado de diol de um ácido dimérico como pelo menos parte do componente de hidroxila.

Os ácidos diméricos (e ésteres destes) são uma classe bem conhecida, comercialmente disponível, de ácidos dicarboxílicos (ou ésteres). Normalmente são preparados pela dimerização de ácidos monocarboxílicos alifáticos de cadeia longa insaturados, usualmente de 13 a 22 átomos de carbono ou seus ésteres (por exemplo, ésteres alquílicos). É pensado por aqueles habilitados na técnica que a dimerização procede por mecanismos possíveis que incluem Diels-Alder, radical livre e mecanismos de íon de carbônio. O material de ácido dimérico usualmente conterà de 26 a 44 átomos de carbono. Particularmente, os exemplos incluem ácidos diméricos (ou ésteres) derivados de ácidos monocarboxílicos insaturados C-18 e C-22 (ou ésteres) que renderão, respectivamente, ácidos diméricos C-36 e C-44 (ou ésteres). Os derivados de ácidos diméricos de ácidos insaturados C-18, que incluem ácidos tais como linoléico e linolênico são particularmente bem conhecidos (produzindo dímeros ácidos C-36).

Os produtos de dímero ácido também conterão normalmente uma proporção de ácidos triméricos (por exemplo, ácidos C-54 quando usar ácidos de partida C-18), possivelmente mesmo oligômeros superiores e também pequenas quantidades dos ácidos monoméricos. Vários graus diferentes de ácidos diméricos estão disponíveis de fontes comerciais e estes diferem uns dos outros primariamente na quantidade de frações de ácido trimérico e monobásico e no grau de insaturação.

Usualmente, os produtos de ácido dimérico (ou éster) como

inicialmente formados são insaturados, o que pode ser possivelmente prejudicial a sua estabilidade oxidativa por fornecer locais para a reticulação ou a degradação e, desse modo, resultando em mudanças nas propriedades físicas das películas de revestimento com o tempo. Portanto, é preferível
5 (embora não essencial) usar os produtos de ácido dimérico que foram hidrogenados para remover uma proporção substancial das ligações duplas não reagidas.

Aqui, o termo “ácido dimérico” é usado para transportar coletivamente tanto o próprio material diácido quanto os derivados que
10 formam éster, destes (tais como ésteres alquílicos inferiores) que devem agir como um componente de ácido na síntese de poliéster e incluir (se presente) qualquer trímero ou monômero.

O poliéster poliál com base em ácido dimérico preferivelmente tem em média um peso molecular médio numérico que varia de 1.000 a
15 13.000, mais preferivelmente que varia de 1.500 a 8.000, ainda mais preferido de 2.000 a 6.000 e mais preferido de 2.500 a 4.000.

Os exemplos destes poliésteres poliál com base em ácido diméricos são dado na EP 0 539 030 B1 cujos poliál são incorporados aqui por referência. Como produtos comercialmente disponíveis, Priplast 3190,
20 3191, 3192, 3195, 3196, 3197, 3198, 1838, 2033 (fabricados por Uniqema) e outros, podem ser dados.

A razão de polipropileno glicol para poliéster poliál com base em ácido dimérico no oligômero pode estar variando de 1:5 para 5:1, preferivelmente variando de 1:4 para 4:1 e mais preferivelmente variando de
25 1:2 para 2:1, ainda mais preferivelmente, polipropileno glicol e poliéster poliál com base em ácido dimérico estão presentes em uma razão equimolar.

Dados como exemplos do poliisocianato (B) são diisocianato de 2,4-tolileno, diisocianato de 2,6-tolileno, diisocianato de 1,3-xilileno, diisocianato de 1,4-xilileno, diisocianato de 1,5-naftaleno, diisocianato de m-

fenileno, diisocianato de p-fenileno, diisocianato de 3,3'-dimetil-4,4'-difenilmetano, diisocianato de 4,4'-difenilmetano, diisocianato de 3,3'-dimetilfenileno, diisocianato de 4,4'-bifenileno, diisocianato de 1,6-hexano, diisocianato de isoforono, metilenobis(4-cicloexilisocianato), diisocianato de 2,2,4-trimetilexametileno, bis(2-isocianatetil)fumarato, diisocianato de 6-isopropil-1,3-fenila, diisocianato de 4-difenilpropano, diisocianato de difenilmetano hidrogenado, diisocianato de xilileno hidrogenado, diisocianato de tetrametil xilileno, isocianato de lisina e outros. Estes compostos de poliisocianato podem ser usado individualmente ou em combinações de dois ou mais. Os isocianatos preferidos são diisocianato de tolileno, di-isocianato de isoforono e metileno-bis (4-cicloexilisocianato). Os mais preferidos são compostos de poliisocianato com base completamente alifática, tais como diisocianato de isoforono e metileno-bis (4-cicloexilisocianato).

Os exemplos de acrilato contendo grupo hidroxila (C) incluem, (met)acrilatos derivados de ácido (met)acrílico e epóxi e (met)acrilatos que compreendem óxidos de alquilenos, mais em particular, 2-hidroxietil(met)-acrilato, 2-hidroxipropilacrilato e 2-hidróxi-3-oxifenil(met)acrilato. Os grupos funcionais de acrilato são preferidos sobre os metacrilatos.

A razão do poliál (A) [o dito poliál (A) que compreende (A1) e (A2)], do poliisocianato (B) e do acrilato contendo grupo hidroxila (C) usado para preparar o acrilato de uretano é determinada a fim de que 1,1 para 3 equivalentes de um grupo isocianato incluídos no poliisocianato e 0,1 para 1,5 equivalente de um grupo hidroxila incluído no (met)acrilato contendo o grupo hidroxila sejam usados para um equivalente do grupo hidroxila incluído no poliál.

O peso molecular médio numérico do oligômero de (met)acrilato de uretano usado na composição da presente invenção está preferivelmente na faixa de 1200 a 20.000 e mais preferivelmente de 2.200 a 10.000. Se o peso molecular médio numérico do (met)acrilato de uretano é

menor que 100, a composição de resina tende a solidificar; por outro lado, se o peso molecular médio numérico é maior que 20.000, a viscosidade da composição torna-se alta, tornando o manuseio da composição difícil.

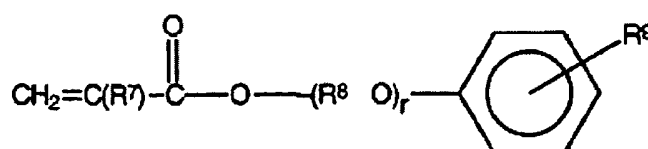
O oligômero de (met)acrilato de uretano é preferivelmente
5 usado em uma quantidade de 10 para 90 % em peso, mais preferivelmente de 20 a 80 % em peso, ainda mais preferivelmente de 30 a 70 % em peso e, mais preferido de 40 a 70 % em peso da quantidade total da composição de resina. Quando a composição é usada como um material de revestimento para fibras óticas, a faixa de 20 a 80 % em peso é particularmente preferível para garantir
10 excelente revestibilidade, bem como flexibilidade e confiança a longo prazo superiores do revestimento curado.

Uma composição curável por radiação a ser aplicada em um método de acordo com a invenção também pode conter um ou mais diluentes reativos (B) que são usados para ajustar a viscosidade. O diluente reativo
15 pode ser um monômero de viscosidade baixa que tenha pelo menos um grupo funcional capaz de polimerização quando exposto a radiação actínica. Este grupo funcional pode ser da mesma natureza que aquele usado no oligômero curável por radiação. Preferivelmente, o grupo funcional de cada diluente reativo é capaz de copolimerizar com o grupo funcional curável por radiação,
20 presente em outros diluentes ou oligômeros curáveis por radiação. Os diluentes reativos usados podem ser mono e/ou multifuncionais, preferivelmente (met)acrilato funcional.

Uma composição de revestimento primária, curável por radiação, adequada, compreende de cerca de 1 a cerca de 80 % em peso de
25 pelo menos um diluente curável por radiação. As quantidades preferidas do diluente curável por radiação incluem de cerca de 10 a cerca de 60 % em peso, mais preferivelmente de cerca de 20 a cerca de 55 % em peso, ainda mais preferido variando de 25 a 40 % em peso, com base no peso total da composição de revestimento.

Geralmente, cada diluente reativo tem um peso molecular de menos do que cerca de 550 e uma viscosidade de menos do que cerca de 500 mPa.s

Por exemplo, o diluente reativo pode ser um monômero ou uma mistura de monômeros que tenha uma funcionalidade de acrilato ou de éter vinílico e uma porção alquila C₄-C₂₀ ou de poliéter. Os exemplos de diluentes monofuncionais funcionais de acrilato são acrilatos contendo uma estrutura alicíclica tal como acrilato de isobornila, acrilato de bornila, acrilato de dicitlopentanila, acrilato de cicloexila e outros, acrilato de 2-hidroxietila, acrilato de 2-hidroxipropila, acrilato de 2-hidroxibutila, acrilato de metila, acrilato de etila, acrilato de propila, acrilato de isopropila, acrilato de butila, acrilato de amila, acrilato de isobutila, acrilato de t-butila, acrilato de pentila, acrilato de isoamila, acrilato de hexila, acrilato de heptila, acrilato de octila, acrilato de isooctila, acrilato de 2-etilexila, acrilato de nonila, acrilato de decila, acrilato de isodecila, acrilato de undecila, acrilato de dodecila, acrilato de laurila, acrilato de estearila, acrilato de isoestearila, acrilato de tetra hidrofurfurila, acrilato de butóxi-etila, acrilato de etoxidietileno glicol, acrilato de benzila, acrilato de fenóxi-etila, monoacrilato de polietileno glicol, monoacrilato de polipropileno glicol, acrilato de metoxietileno glicol, acrilato de etoxietila, acrilato de metoxipolietileno glicol, acrilato de metoxipropileno glicol, acrilato de dimetilaminoetila, acrilato de dietilaminoetila, acrilato de 7-amino-3,7-dimetiloctila, monômeros de acrilato mostrados pela seguinte fórmula (1),



em que R⁷ é átomo de hidrogênio ou um grupo metila, R⁸ é um grupo alquilenos que tem 2 a 6 e, preferivelmente 2 a 4 átomos de carbono, R⁹ é um átomo de hidrogênio ou um grupo orgânico contendo de 1 a 12 átomos

de carbono ou um anel aromático e r é um número inteiro de 0 a 12, e preferivelmente de 1 a 8.

Destes, a fim de obter um material polimérico curado que tem uma temperatura de endurecimento adequadamente baixa e um módulo
5 adequadamente baixo na dita temperatura, monoacrilatos substituídos de cadeia alifática longa, tais como, por exemplo, acrilato de decila, acrilato de isodecila, acrilato de tridecila, acrilato de laurila e outros, são preferidos e acrilatos de alquil fenol alcóxilados, tais como acrilatos de nonil fenol etóxilados e propóxilados são ainda preferidos.

10 Os exemplos de diluentes monoméricos não funcionais em acrilato são N-vinilpirrolidona, N-vinil caprolactam, vinilimidazol, vinilpiridina e outros.

Estes monômeros de N-vinila preferivelmente estão presentes em quantidades entre cerca de 1 e cerca de 20 % em peso, mais
15 preferivelmente menor que cerca de 10 % em peso, ainda mais preferido variando de 2 a 7 % em peso.

De acordo com uma forma de realização preferida, o material polimérico aplicado como revestimento primário em um método de acordo com a invenção é fabricado a partir de uma composição curável por radiação
20 que compreende pelo menos um diluente reativo monofuncional (que tem uma funcionalidade de acrilato ou de éter vinílico), o(s) dito(s) diluente(s) monofuncional(ais) estando presente em quantidades que variam de 10 a 50 % em peso, preferivelmente que variam de 20 a 40 % em peso, mais preferivelmente de 25 a 38 % em peso. A quantidade de diluentes reativos
25 funcionais de mono-acrilato preferivelmente varia de 10 a 40 % em peso, mais preferivelmente de 15 a 35 % em peso e mais preferido de 20 a 30 % em peso.

O diluente reativo também pode compreender um diluente que tem dois ou mais grupos funcionais capazes de polimerização. Os exemplos

de tais monômeros incluem: diacrilatos de hidrocarbodiol C_2-C_{18} , diviniléteres de hidrocarboneto C_4-C_{18} , triacrilatos de hidrocarboneto C_3-C_{18} e o poliéter análogo destes, e outros, tais como 1,6-hexanodioldiacrilato, triacrilato de trimetilolpropano, diviniléter de hexanodiol, diacrilato de trietilenoglicol, triacrilato de pentaeritritol, diacrilato de bisfenol-A etoxilado e diacrilato de tripropilenoglicol.

Tais diluentes reativos multifuncionais são preferivelmente (met)acrilato funcional, preferivelmente difuncional (componente (B1)) e trifuncional (componente (B2)).

10 Preferivelmente, poliacrilatos alifáticos alcoxilados são usados, tais como hexanodioldiacrilato etoxilado, triacrilato de glicerila propoxilado ou triacrilato de trimetilol propano propoxilado.

Os exemplos preferidos de diacrilatos são diacrilato de glicol alifático alcoxilado, mais preferivelmente, diacrilato de glicol alifático propoxilado. Um exemplo preferido de um triacrilato é o triacrilato de trimetilol propano.

De acordo com uma forma de realização preferida o material polimérico aplicado como revestimento primário em uma fibra ótica em um método de acordo com a invenção é fabricado a partir de um curável por radiação que compreende, quantidades de diluente reativo multifuncional que varia de 0,5 a 10 % em peso, mais preferivelmente que varia de 1 a 5 % em peso e mais preferido de 1,5 a 3 % em peso.

Sem estar ligado a qualquer teoria particular, os presentes inventores acreditam que a combinação do oligômero de acordo com a presente invenção em quantidades de menos do que cerca de 75 % em peso (preferivelmente menor que cerca de 70 % em peso) com uma quantidade total de diluentes reativos monofuncionais de pelo menos cerca de 15 % em peso (mais preferivelmente, pelo menos cerca de 20 % em peso, ainda mais preferivelmente pelo menos cerca de 25 % em peso e mais preferido pelo

menos cerca de 30 % em peso) ajuda na conclusão de uma composição de revestimento primário, que após a cura, tem uma temperatura de endurecimento aceitavelmente baixa e módulo baixo na dita temperatura.

É ainda preferido que a composição compreenda uma mistura
5 de pelo menos dois diluentes reativos monofuncionais, mais preferivelmente, um dos ditos diluentes reativos sendo substituídos por uma cadeia alifática longa; ainda mais preferivelmente, a composição contém dois monoacrilatos substituídos de cadeia alifática longa. Preferivelmente, pelo menos cerca de 10 % em peso, mais preferivelmente pelo menos cerca de 12 % em peso está
10 presente, do dito pelo menos um, monoacrilato substituído de cadeia alifática longa.

Uma composição de resina curável líquida adequada, a ser aplicada como uma camada de revestimento primário em uma fibra ótica em um método de acordo com a presente invenção pode ser curada por radiação.
15 Aqui, a radiação inclui radiação infravermelha, raios visíveis, radiação ultravioleta, raios X, emissões de elétron, raios α , raios β , raios γ e outros. A radiação visível e a UV são preferidas.

A composição de resina curável líquida adequada, a ser aplicada como uma camada de revestimento primário em uma fibra ótica de
20 acordo com a presente invenção preferivelmente compreende um iniciador de foto-polimerização. Além disso, um fotossensibilizador pode ser adicionado como requerido. Dados como os exemplos do iniciador de foto-polimerização são, 1-hidroxicicloexilfenil cetona, 2,2-dimetóxi-2-fenil-acetofenona, xantona, fluorenona, benzaldeído, fluoreno, antraquinona, trifenilamina,
25 carbazol, 3-metilacetofenona, 4-clorobenzofenona, 4,4'-dimetoxibenzofenona, 4,4'-diaminobenzofenona, cetona de Michler, éter benzoin propílico, éter benzoin etílico, benzil metil cetil, 1-(4-isopropilfenil)-2-hidróxi-2-metilpropan-1-ona, 2-hidróxi-2-metil-1-fenilpropan-1-ona, tioxanotona, dietiltioxanotona, 2-isopropiltioxanotona, 2-clorotioxanotona,

2-metil-1-[4-(metiltio)fenil]-2-morfolino-propan-1-ona, óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina, óxido de bis-(2,6-dimetoxibenzoil)-2,4,4-trimetilpentilfosfina, óxido de bis-(2,4,6-trimetilbenzoil)-fenilfosfina e outros.

Os exemplos de produtos comercialmente disponíveis do iniciador de foto-polimerização incluem IRGACURE 184, 369, 651, 500, 907, CGI1700, 1750, 1850, 819, Darocur 1116, 1173 (fabricado por Ciba Specialty Chemicals Co., Ltd.), Lucirin LR8728 (fabricado por BASF), Ubecryl P36 (fabricado por UCB) e outros.

A quantidade do iniciador de polimerização usada pode variar de 0,1 a 10 % em peso e, preferivelmente de 0,5 a 7 % em peso, da quantidade total dos componentes para a composição de resina.

Além dos componentes descritos acima, vários aditivos tais como antioxidantes, absorventes de UV, estabilizadores de luz, agentes de ligação de silano, melhoradores da superfície de revestimento, inibidores de polimerização por calor, agentes niveladores, tensoativos, colorantes, preservativos, plasticizantes, lubrificantes, solventes, enchedores, preventivo de envelhecimento e melhoradores de umectabilidade podem ser usados na composição de resina curável líquida da presente invenção, como requerido. Os exemplos de antioxidantes incluem Irganox1010, 1035, 1076, 1222 (fabricado por Ciba Specialty Chemicals Co., Ltd.), Antigene P, 3C, FR, Sumilizer GA-80 (fabricado por Sumitomo Chemical Industries Co., Ltd.) e outros; os exemplos de absorventes de UV incluem Tinuvin P, 234, 320, 326, 327, 328, 329, 213 (fabricado por Ciba Specialty Chemicals Co., Ltd.), Seesorb 102, 103, 110, 501, 202, 712, 704 (fabricado por Sypro Chemical Co., Ltd.) e outros; os exemplos de estabilizadores de luz incluem Tinuvin 292, 144, 622LD (fabricado por Ciba Specialty Chemicals Co., Ltd.), Sanol LS770 (fabricado por Sankyo Co., Ltd.), Sumisorb TM-061 (fabricado por Sumitomo Chemical Industries Co., Ltd.) e outros; os exemplos de agentes de ligação de silano incluem aminopropiltrietóxi-silano,

mercaptopropiltrimetóxi-silano e metacriloxipropiltrimetoxissilano e produtos comercialmente disponíveis tais como SH6062, SH6030 (fabricado por Toray-Dow Corning Silicone Co., Ltd.) e KBE903, KBE603, KBE403 (fabricado por Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.).

5 A viscosidade da composição de resina curável líquida aplicada como uma camada de revestimento primário em uma fibra ótica de acordo com a presente invenção usualmente está na faixa de 200 a 20.000 cP e, preferivelmente de 2.000 a 15.000 cP.

10 As composições de revestimento primário, adequadas, a serem aplicadas como uma camada de revestimento primário em uma fibra ótica de acordo com a presente invenção, quando curadas, tipicamente têm uma ruptura no alongamento de mais do que 80 %, mais preferivelmente de pelo menos 110 %, mais preferivelmente de pelo menos 150 % mas não tipicamente maior que 400 %.

15 As composições adequadas a serem aplicadas como uma camada de revestimento primário em uma fibra ótica de acordo com a presente invenção, terá preferivelmente uma velocidade de cura de $1,0 \text{ J/cm}^2$ (a 95 % do módulo atingível máximo) ou menos, mais preferivelmente cerca de $0,7 \text{ J/cm}^2$ ou menos e, mais preferivelmente, cerca de $0,5 \text{ J/cm}^2$ ou menos
20 e, mais preferido, cerca de $0,4 \text{ J/cm}^2$ ou menos.

25 Uma fibra ótica de acordo com a invenção compreende uma segunda camada de material polimérico (revestimento secundário) que é disposto circundando o dito revestimento primário. Preferivelmente, o material polimérico do dito revestimento secundário também é baseado em uma composição curável por radiação. O revestimento primário já descrito é então sucessivamente revestido com um revestimento secundário, de um tipo conhecido na técnica, compatível com a formulação de revestimento primário. Por exemplo, se o revestimento primário tem uma base acrílica, o revestimento secundário também terá preferivelmente uma base acrílica.

Tipicamente, um revestimento secundário com base acrílica compreende pelo menos um oligômero com grupos terminais de acrilato ou de metacrilato, pelo menos um monômero de diluente acrílico e pelo menos um fotoiniciador.

5 O oligômero representa geralmente 40 a 80 % da formulação em peso. O oligômero comumente consiste de um acrilato de poliuretano.

O acrilato de poliuretano é preparado pela reação entre uma estrutura de poliol, um poliisocianato e um monômero que carrega a função acrílica.

10 O peso molecular da estrutura de poliol é indicativamente entre 500 e 6000 u.a.; pode ser inteiramente de hidrocarboneto, poliéter, poliéster, polissiloxano ou do tipo fluoretado ou ser uma combinação destes. A estrutura de hidrocarboneto e de poliéter e suas combinações são preferidas. Uma estrutura representativa de um poliéter poliol pode ser, por exemplo,
15 óxido de politetrametileno, óxido de polimetiltetrametileno, óxido de polimetileno, óxido de polipropileno, óxido de polibutileno, seus isômeros e seus misturas. As estruturas representativas de um hidrocarboneto poliol são polibutadieno ou poliisobutileno, completa ou parcialmente hidrogenadas e funcionalizadas com grupos hidroxila.

20 O poliisocianato pode ser do tipo aromático ou alifático, tal como, por exemplo, um poliisocianato (B) como previamente descrito.

O monômero que carrega a função acrílica compreende grupos capazes de reagir com o grupo isocianico. O dito monômero pode ser selecionado, por exemplo, entre os acrilatos contendo o grupo hidroxila (C)
25 como previamente ilustrado.

O epoxiacrilato é preparado reagindo-se o ácido acrílico com um éter glicídico de um álcool, tipicamente bisfenol A ou bisfenol F.

O monômero diluente representa 20 a 50 % da formulação em peso, seu propósito principal sendo, fazer com que a formulação atinja uma

viscosidade de cerca de 5 Pas na temperatura de aplicação do revestimento secundário. O monômero diluente, que carrega a função reativa, preferivelmente do tipo acrílico, tem uma estrutura compatível com aquela do oligômero. A função acrílica é preferida. O monômero diluente pode conter
5 uma estrutura alquila, tal como isobornilacrilato, hexanodiacrilato, dicitlopentadieno-acrilato, trimetilolpropano-triacrilato ou aromático tal como nonilfenileteracrilato, polietilenoglicol-fenileteracrilato e derivados acrílicos de bisfenol A.

Um fotoiniciador, tal como aquele previamente ilustrado é
10 preferivelmente adicionado à composição. Aditivos adicionais, tais como inibidores que inibem a polimerização pelo efeito de temperatura, estabilizadores de luz, agentes niveladores e promotores de separação também podem ser adicionados

Uma formulação típica de um sistema reticulável para
15 revestimentos secundários compreende de cerca de 40 a 70 % de poliuretanoacrilato, epoxiacrilato ou suas misturas, de cerca de 30 a 50 % de monômero diluente, de cerca de 1 a 5 % de fotoiniciador e de cerca de 0,5 a 5 % de outros aditivos.

Um exemplo de uma formulação utilizável como o
20 revestimento secundário da invenção é aquele comercializado sob o nome de DeSolite[®] 3471-2-136 (DSM). As fibras obtidas desse modo podem ser usadas como tal dentro dos cabos óticos ou pode ser combinadas, por exemplo, na forma de fita, pela incorporação em um revestimento polimérico comum, de um tipo conhecido na técnica (tal como Cablelite[®] 3287-9-53,
25 DSM), a ser então usado para formar um cabo ótico.

Tipicamente, o material polimérico que forma o revestimento secundário tem um módulo E' a 25°C de a cerca de 1000 MPa a cerca de 2000 MPa e uma temperatura de transição vítrea (medida como definida acima) mais alta do que cerca de 30°C, preferivelmente mais alta do que 40°C

e mais preferivelmente mais alta do que cerca de 50°C.

Uma fibra ótica adequada para um método de acordo com a presente invenção pode ser produzida de acordo com as técnicas de extração usuais, usando-se, por exemplo, um sistema, tal como o esquematicamente
5 ilustrado na Figura 2.

Este sistema, comumente conhecido como “torre de extração”, tipicamente compreende uma fornalha (302) dentro da qual uma pré-forma ótica de vidro a ser extraída é colocada. A parte inferior da dita pré-forma é aquecida ao ponto de amolecimento e extraída em uma fibra ótica (301). A
10 fibra é então esfriada, preferivelmente a uma temperatura de pelo menos 60°C, preferivelmente em um tubo de esfriamento adequado (303) do tipo descrito, por exemplo, no pedido de patente WO 99/26891 e passado através de um dispositivo de medição de diâmetro (304). Este dispositivo é conectado por meio de um microprocessador (313) a uma polia (310) que regula a
15 velocidade do movimento de rotação; no evento de qualquer variação no diâmetro da fibra, o microprocessador (313) atua para regular a velocidade rotacional da polia (310), a fim de manter o diâmetro da fibra ótica constante. Então, a fibra passa através de um aplicador de revestimento primário (305), contendo a composição de revestimento na forma líquida e é coberta por esta
20 composição a uma espessura de cerca de 25 µm a 35 µm. A fibra revestida é então passada através de um forno de UV (ou uma série de fornos) (306) em que o revestimento primário é curado. A fibra revestida com o revestimento primário curado é então passado através de um segundo (307), em que esta é revestido com o revestimento secundário e depois curada no forno de UV
25 relativa (ou série de fornos) (308). Alternativamente, a aplicação do revestimento secundário podem ser realizada diretamente no revestimento primário antes do último ser curado, de acordo com a técnica úmido em úmido. Neste caso, um aplicador simples é usado, permitindo a aplicação sequencial das duas camadas de revestimento, por exemplo, do tipo descrito

na patente US 4 474 830. A fibra revestida desta maneira é então curada usando-se um ou mais fornos UV similares àqueles usados para curar os revestimentos individuais.

Subseqüente ao revestimento e à cura deste revestimento, a
5 fibra pode ser opcionalmente passada através de um dispositivo capaz de dar uma torção predeterminada a esta fibra, por exemplo, do tipo descrito no pedido de patente internacional WO 99/67180, para o propósito de reduzir o valor da PMD (“Dispersão do modo de polarização”) desta fibra. A polia (310) colocada a jusante dos dispositivos ilustrados previamente controla a
10 velocidade de rotação da fibra. Após polia de extração, a fibra passa através de um dispositivo (311) capaz de controlar a tensão da fibra, do tipo descrito, por exemplo, no pedido de patente EP 1 112 979, e é finalmente coletada em um carretel (312).

Um fibra ótica produzida desta maneira pode ser usada na
15 produção de cabos óticos. A fibra pode ser usada como tal ou na forma de fitas que compreendem diversas fibras combinadas juntas por meio de um revestimento comum.

Exemplos

A presente invenção será explicada em mais detalhes abaixo
20 por meio de exemplos, que não são pretendidos serem limitantes da presente invenção.

Composições de Revestimento

As composições de revestimento foram preparadas para serem aplicadas como revestimento primário em fibras óticas. As composições a
25 serem aplicadas como um revestimento primário em uma fibra ótica de acordo com a invenção são indicadas como Ex. 1, Ex. 2 e Ex.3 na tabela seguinte 1.

Tabela 1: Composições de revestimento primário curáveis por radiação

	Ex. 1 (% em peso)	Ex. 2 (% em peso)	Ex. 3 (% em peso)
Oligômero 1	68,30	60,30	67,30
Nonil fenol acrilato etoxilado	10,00	19,00	10,00
Acrilato de tridecila	10,00	10,00	10,00
Monoacrilato substituído de cadeia alifática longa	2,00	2,00	2,00
Vinil caprolactam	5,00	6,00	5,00
diacrilato de bisfenol A etoxilado	1,00	-	3,00
Triacrilato de trimetilol propano (TMPTA)	1,00	-	-
Óxido de 2,4,6-trimetilbenzoil difenil fosfina	1,40	1,40	1,40
Hidrocinamato de tiodietileno bis [3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionato]	0,30	0,30	0,30
γ -mercaptopropil trimetoxisilano	1,00	1,00	1,00

O oligômero I é o produto de reação do diisocianato de isoforona (IPDI), 2-hidroxietilacrilato (HEA), polipropileno glicol (PPG) e de um poliéster poliálcool com base em um ácido dimérico.

- 5 Além disso, o revestimento primário comercial comparativo DeSolite® 3471-1-129 (Comp. A na tabela 2) também foi testado.

- 10 O módulo de equilíbrio, a Tg, a Th e o módulo na Th para cada uma das composições de revestimento primário curadas acima foram como dados na Tabela 2 (ver a seção de método de teste quanto a detalhes no teste DMA e determinação de parâmetros respectivos na curva de DMA). As curvas de DMA correspondentes das ditas composições de revestimento curadas são relatadas nas figuras de 4A a 4C, respectivamente.

TABELA 2: Parâmetros das composições de revestimento primário curadas

Ex.	Tg	Th	E'	E' (Th)
1	-59,1	-12,2	1,1	3,5
2	-56,6	-10,8	0,7	2,0
3	-63,2	-13,3	1,1	2,7
Comp. A	-55,1	-5,6	1,9	3,6

Preparação de fibras óticas

As fibras óticas revestidas de modo simples padrão foram fabricadas como indicado na seção de método de teste, usando-se uma composição de revestimento primário dos Exemplos de 1 a 3 ou do Exemplo Comparativo A como o revestimento primário, junto com o revestimento secundário comercial DeSolite® 3471-2-136. As seguintes fibras óticas de modo simples padrão foram fabricadas:

Fibra	Revestimento primário	MAC
SMF-1	Ex. 1	8,0
SMF-1a	Ex. 1	7,9
SMF-2	Ex. 2	7,9
SMF-3	Ex. 3	8,35
SMF-A	Comp. A	8,23

O valor MAC para cada fibra é determinado como indicado na seção de método de teste.

Além disso, uma fibra ótica de dispersão que não de zero (NZD) foi fabricada usando-se o revestimento primário do exemplo 3 e o revestimento secundário comercial mencionado acima DeSolite® 3471-2136. Esta fibra é identificada no seguinte como NZD-3. Esta fibra foi comparada com uma fibra NZD comercial tendo um perfil de índice de refração similar, identificado no seguinte como NZD-C.

A seguinte tabela mostra os parâmetros óticos das fibras NZD testadas.

Fibra	MFD	λ_{co} (corte do cabo)
NZD-3	9,6	1179
NZD-C	9,55	1203

Além disso, uma fibra ótica multimodo foi fabricada, usando-se o revestimento primário do exemplo 3 e o revestimento secundário comercial mencionado acima DeSolite® 3471-2-136. Esta fibra é identificada no seguinte como MMF-3. Esta fibra foi comparada com a fibra multimodo comercial (fibra ótica multimodo de índice graduado, tipo 50/125 μm , código

do produto 407, Draka Comteq) que será referido como MMF-B.

Testes de Microflexão

Os resultados do teste de microflexão (ver detalhes na seção de métodos de teste) em fibras óticas de modo simples, nas fibras NZD e em
5 fibras óticas multimodo são relatados nas tabelas seguintes 3, 4 e 5, respectivamente.

Tabela 3: Microflexão em fibras SM

	Sensibilidade à microflexão (dB/Km)/(g/mm)		
Fibra	-30°C	+22°C	+60°C
SMF-1	0,75	0,4	1,6
SMF-1a	0,45	0,31	1,5
SMF-2	0,4	0,2	1,3
SMF-3	0,5	0,3	1,6
SMF-A	1,6	1,4	2,6

Tabela 4: Microflexão em fibras NZD

	Sensibilidade à microflexão (dB/Km)/(g/mm)		
Fibra	-30°C	+22°C	+60°C
NZD-3	2,6	1,9	4,6
NZD-C	14,5	2,3	4,9

Tabela 5: Microflexão em fibras MM

	Sensibilidade à microflexão (dB/Km)/(g/mm)		
Fibra	-30°C	+22°C	+60°C
MMF-3	16,9	11,4	11,2
MMF-B	33,9	26,1	16,9

10

Como mostrado pelos resultados acima, usando-se o método de acordo com a invenção, é possível reduzir as perdas de atenuação causadas pelo fenômeno de microflexão em uma fibra ótica, tanto nas temperaturas de operação baixas quanto nas altas.

Métodos de teste e métodos de fabricação

Cura dos revestimentos primários para teste mecânico (preparação de amostra)

Uma tira do material a ser testado foi feita em uma placa de vidro e curada usando-se um processador de UV em atmosfera inerte (com
5 uma dose de UV de 1 J/cm^2 , Fusion D-lamp medida como Radiômetro EIT Uvicure ou International Light IL 390 B). a película curada foi condicionada a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e $50 \pm 5 \%$ de RH por um mínimo de 16 horas antes do teste.

Um mínimo de 6 espécimens de teste tendo uma largura de
10 12,7 mm e um comprimento de 12,5 cm foram cortados da película curada.

Teste Mecânico Dinâmico

O teste de DMA foi realizado em tensão de acordo com a seguinte metodologia.

As amostras de teste das composições de revestimento curadas
15 dos exemplos de 1 a 3 e do experimento comparativo A foram medidos usando-se um Rheometrics Solids Analyzer (RSA-11), equipado com:

1) um computador pessoal tendo um sistema operacional Windows e tendo o software RSI Orchestrator[®] (Versão V.6.4.1) carregado e

2) um sistema controlador de nitrogênio líquido para operação
20 em baixa temperatura.

As amostras de teste foram preparadas fundindo-se uma película do material, tendo uma espessura na faixa de 0,02 mm a 0,4 mm, em uma placa de vidro. A película da amostra foi curada usando-se um processador de UV. Um espécimen de aproximadamente 35 mm (1,4
25 polegadas) de comprimento e aproximadamente 12 mm de largura foi cortado de uma região sem defeitos da película curada. Para películas moles, que tendem a ter superfícies pegajosas, um aplicador com extremidade de algodão foi usado para revestir e cortar o espécimen com talco.

A espessura da película do espécimen foi medida em cinco ou

mais localizações ao longo do comprimento. As espessuras médias da película foram calculadas a $\pm 0,001$ mm. A espessura não pode variar por mais do que 0,01 mm além desse comprimento. Um outro espécimen foi retirado, se esta condição não for encontrada. A largura do espécimen foi medida em duas ou
5 mais localizações e um valor médio calculado a $\pm 0,1$ mm.

A geometria da amostra foi registrada no instrumento. O campo do comprimento foi ajustado em um valor de 23,2 mm e os valores medidos de largura e de espessura do espécimen da amostra foram registrados nos campos apropriados.

10 Antes de conduzir a varredura de temperatura, a umidade foi removida das amostras de teste submetendo-se as amostras de teste a uma temperatura de 80°C em uma atmosfera de nitrogênio por 5 minutos. A varredura de temperatura usada incluiu esfriar as amostras de teste a cerca de -60°C ou a cerca de -90°C e aumentando-se a temperatura a cerca de
15 2°C/minuto até a temperatura atingir de cerca de 100°C a cerca de 120°C. a frequência de teste usada foi 1,0 radiano/segundo. Em uma medição de DMTA, que é uma medição dinâmica, os seguintes módulos são medidos: o módulo de armazenagem E' (também referido com o módulo elástico) e o módulo de perda E'' (também referido como o módulo viscoso). O valor mais
20 baixo do módulo de armazenamento E' na curva de DMTA na faixa de temperatura entre 10 e 100°C medido em uma frequência de 1,0 radiano/segundo sob as condições como descritas em detalhes acima é adotado com o módulo de equilíbrio do revestimento. As curvas de DMA correspondentes são relatadas nas figuras de 4a a 4c (exemplos 1 a 3
25 respectivamente) e figura 5 (comp. Exp. A).

Determinação da Temperatura de Transição Vítrea (Tg) e da Temperatura de Endurecimento (Th)

Com base na plotagem de DMA respectiva de cada material de revestimento primário curado, a Tg, a Th e o módulo em Th do material

foram determinados como mencionado na parte descritiva.

Desta maneira, com referência à figura 1, a T_g é determinada pelo ponto de interseção da linha A com a linha D. A linha A é determinada pela interpolação dos pontos da curva de DMA na região de platô do estado vítreo da seguinte maneira. Primeiro de tudo, o valor médio do $\log E'$ na região de -60°C a -80°C é calculado. A linha A é então determinada como a linha horizontal (paralela ao eixo x) passando através do dito valor de $\log E'$. A linha D é determinada como a tangente do ponto de inflexão da curva de DMA na porção oblíqua “d” da dita curva. O ponto de inflexão e a inclinação da tangente naquele ponto são determinados por meio do primeiro derivado da curva de DMA; a abscissa do ponto mínimo da curva derivada dá a abscissa respectiva do ponto de inflexão da curva DMA, enquanto a ordenada dá a inclinação (coeficiente angular) da linha de tangente no dito ponto de inflexão. A curva derivada foi determinada calculando-se a derivada de cada ponto experimental da curva de DMA e depois ajustando-se estes pontos por meio de uma curva polinomial do 6º grau na faixa de $+20/-40^\circ\text{C}$ em torno dos pontos derivados calculados mínimos.

Similarmente, também, a T_h foi determinada como o ponto de interseção da linha B com a linha D (ver a figura 1). A linha D é como determinada acima, enquanto a linha B é determinada pela interpolação dos pontos da curva de DMA na região de platô do estado elástico da seguinte maneira. Primeiro de tudo, o valor médio do $\log E'$ na região de 20°C a 40°C é calculado. A linha B é então determinada como a linha horizontal (paralela ao eixo x) que passa através do dito valor médio do $\log E'$.

25 Fabricação de fibras óticas

Todas as fibras óticas usadas na presente seção experimental foram fabricadas de acordo com as técnicas de retirada padrão, aplicando-se uma composição de revestimento (primária) na fibra ótica retirada, curando-se a dita composição de revestimento e aplicando-se subseqüentemente a

camada de revestimento secundário e curando-a. a fibra é retirada em uma velocidade de cerca de 20 m/s e o grau de cura das camadas de revestimento é de pelo menos 90 %. O grau de cura é determinado por meio da técnica MICRO-FTIR, determinando-se a porcentagem das insaturações de acrilato reagidas na resina reticulada final com respeito à composição foto-curável inicial (por exemplo, como descrito na WO 98/50317).

Testes de Microflexão

Os efeitos da microflexão nas fibras óticas foram determinados pelo “método de tambor expansível” como descrito, por exemplo, em G. Grasso e F. Meli “Microbending losses of cabled single-mode fibers”, ECOC '88, pp. 526-ff, ou como definido pelo padrão IEC 62221 (Optical Fibers - Measurement methods - Microbending sensitivity - Method A; Expandable drum; Outubro de 2001). O teste é realizado enrolando-se uma fibra de 100 m de comprimento com uma tensão de 55 g em uma bobina metálica expansível de 300 mm de diâmetro, revestido com material áspero (3M Imperial® PSA-grau 40 µm).

A bobina é conectada com um computador pessoal que controla:

- a expansão da bobina (em termos de variação de comprimento de fibra) e
- a perda da transmissão da fibra.

A bobina é então gradualmente expandida enquanto monitora-se a perda da transmissão da fibra versus a tensão da fibra.

A pressão exercida nas fibras é calculada a partir do alongamento da fibra pela seguinte fórmula:

$$p = \frac{EA\varepsilon}{R}$$

onde ε é o módulo elástico do vidro, A a área da fibra revestida e R o raio da bobina.

Para cada fibra ótica, o MAC foi determinado como segue:

$$\text{MAC} = \frac{\text{MFD}}{\lambda_{\text{co}}}$$

- 5 onde MFD (diâmetro do campo de modo de acordo com a definição de Petermann) em 1550 μm e o λ_{co} (corte de fibra lambda - 2 m de comprimento) são determinados de acordo com o ITUT 6650 padrão. O corte do cabo lambda (para fibras NZD) foi determinado de acordo com ITUT 6650.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar perdas de atenuação causadas pela microflexão no sinal transmitido por uma fibra ótica que compreende uma porção vítrea interna (101), caracterizado pelo fato de que compreende:

5 a) fornecer uma primeira camada de revestimento (102) de um primeiro material polimérico para circundar a dita porção vítrea (101);

 b) fornecer uma segunda camada de revestimento (103) de um segundo material polimérico para circundar a dita primeira camada de revestimento (102), em que o dito primeiro material polimérico tem uma
10 temperatura de endurecimento menor que -10°C e um módulo de corte de equilíbrio menor que 1,3 Mpa e em que o método adicionalmente compreende as etapas de:

 c) determinar a temperatura de endurecimento do referido primeiro material polimérico em uma curva de Análise Mecânica Dinâmica
15 (DMA) por interseção da linha tangente ao ponto de inflexão da curva DMA com uma linha determinada pela interpolação dos pontos da curva DMA em uma região de platô de um estado elástico; e

 d) determinar o módulo de corte de equilíbrio do referido primeiro material polimérico como o menor valor de um módulo de
20 armazenagem (E') na referida curva DMA em uma temperatura na faixa de temperatura entre 10 e 100°C , a referida curva DMA sendo obtida medindo em uma frequência de 1,0 radiano / segundo o módulo de armazenagem E' de amostras de teste de 35 mm de comprimento, 12 mm de largura e tendo uma espessura na faixa de 0,02 mm a 0,4 mm, durante uma varredura de
25 temperatura incluindo: resfriar as amostras de teste a 60°C ou -90°C e aumentar a temperatura em $2^{\circ}\text{C} / \text{min}$ até uma temperatura de 100°C a 120°C ser alcançada.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito módulo de corte de equilíbrio não é menor do que 0,5 Mpa.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita temperatura de endurecimento é menor que -12°C .

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro material polimérico tem uma temperatura de transição vítrea que não é maior que -30°C .

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro material polimérico tem uma temperatura de transição vítrea que não é maior que -40°C .

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro material polimérico tem uma temperatura de transição vítrea que não é maior que -50°C .

7. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro material polimérico tem: d) uma temperatura de endurecimento (T_h) de -10°C a cerca de -20°C e um módulo medido na dita T_h menor que 5,0 MPa ou e) uma temperatura de endurecimento (T_h) de -20°C a cerca de -30°C e um módulo medido na dita T_h menor que 20,0 MPa; ou

f) uma temperatura de endurecimento (T_h) menor que cerca de -30°C e um módulo medido na dita T_h menor que 70,0 MPa.

8. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro material polimérico tem:

a) uma temperatura de endurecimento (T_h) de -10°C a cerca de -20°C e um módulo medido na dita T_h menor que 4,0 MPa; ou

b) uma temperatura de endurecimento (T_h) de -20°C a cerca de -30°C e um módulo medido na dita T_h menor que 15,0 MPa; ou

c) uma temperatura de endurecimento (T_h) menor que cerca de -30°C e um módulo medido na dita T_h menor que 50,0 MPa.

9. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito segundo material polimérico tem um módulo E' a 25°C de

cerca de 1000 MPa a cerca de 2000 MPa.

10. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito segundo material polimérico tem uma temperatura de transição vítrea que não é maior que cerca de 30°C.

5 11. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito segundo material polimérico tem uma temperatura de transição vítrea que não é maior que 40°C

12. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito segundo material polimérico tem uma temperatura de
10 transição vítrea que não é maior que cerca de 50°C.

13. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito primeiro material polimérico é obtido pela cura de uma composição curável por radiação que compreende um oligômero curável por radiação que compreende uma cadeia principal derivada do polipropileno glicol e
15 de um poliéster poliálcool com base em um ácido dimérico.

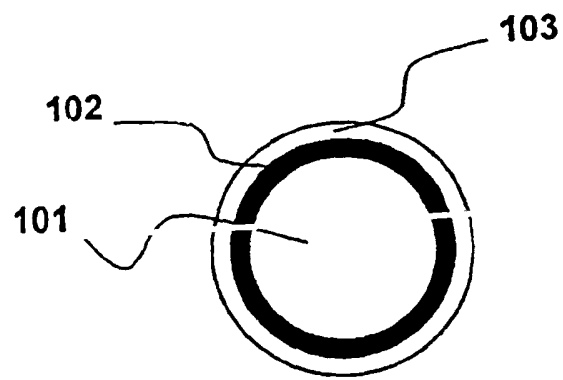


FIG.1

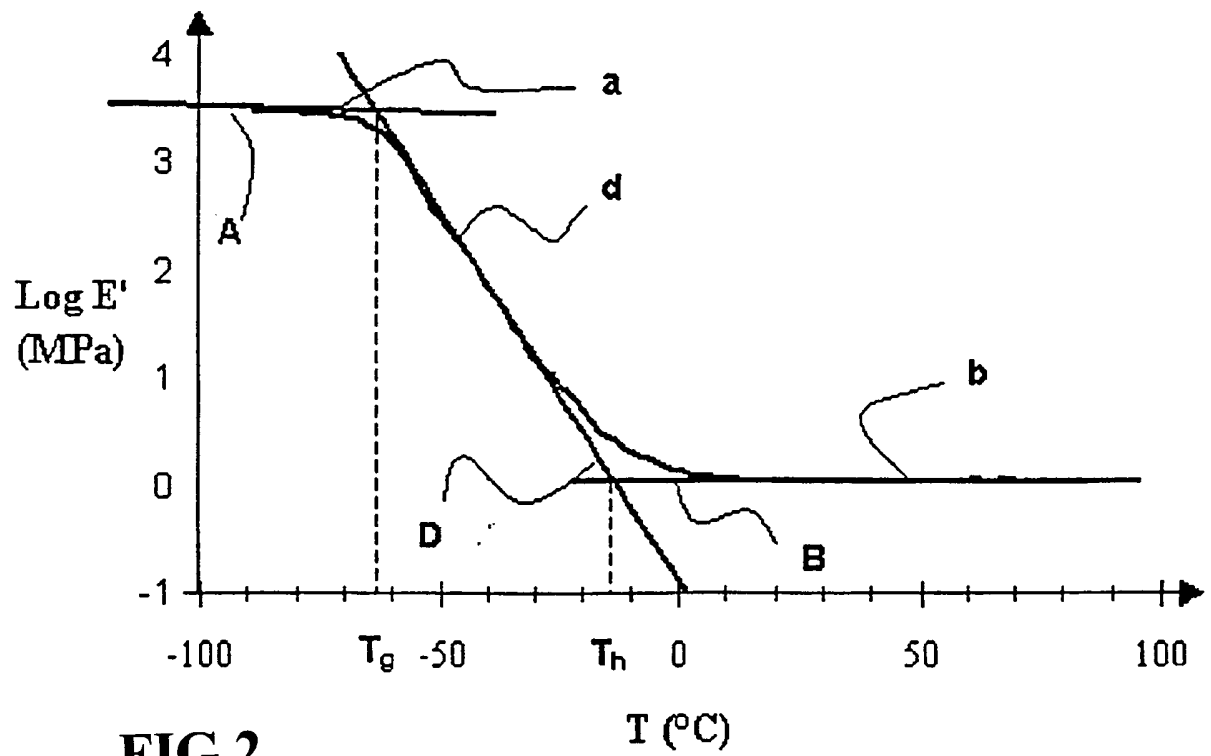


FIG.2

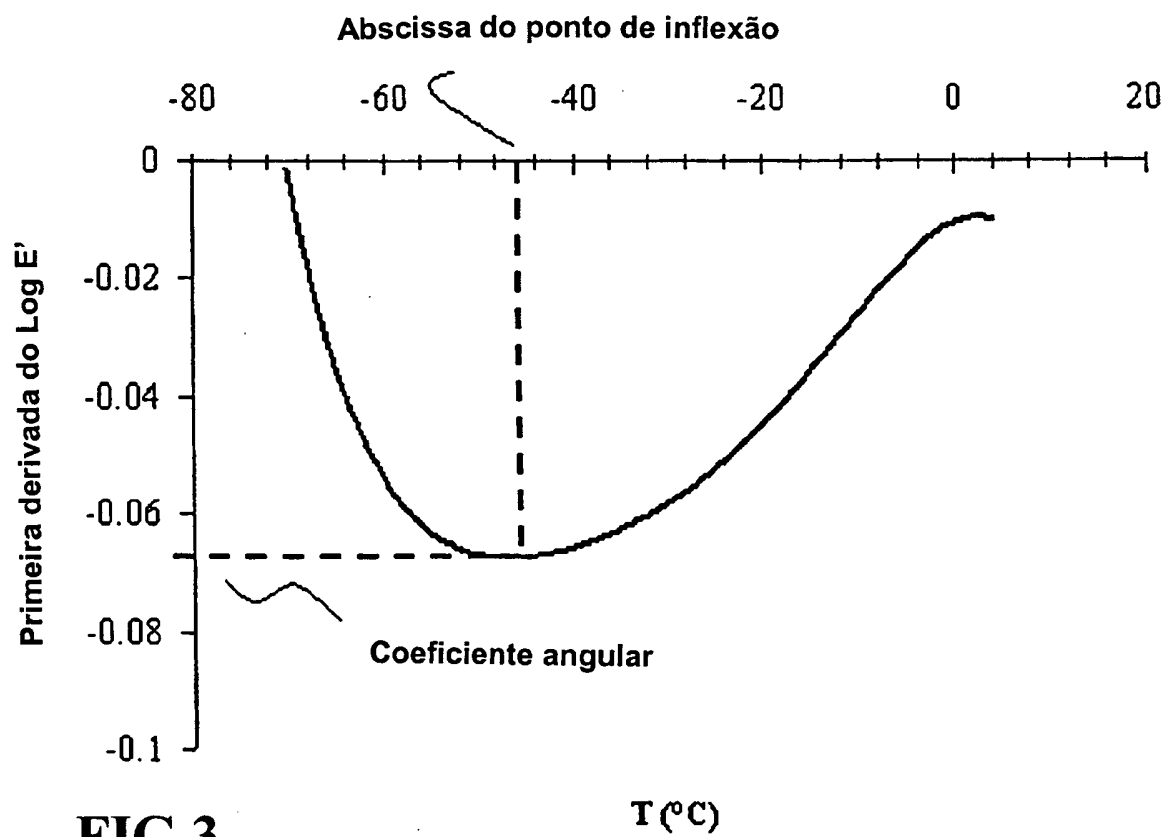
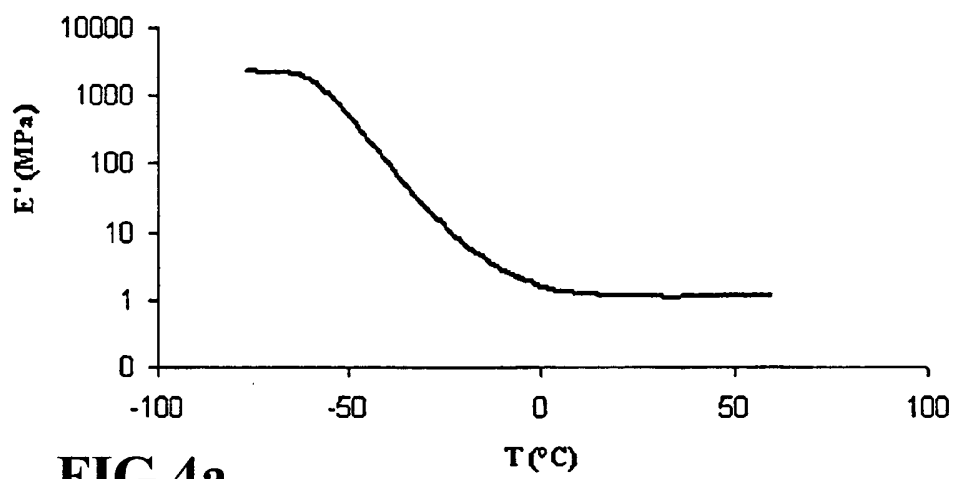
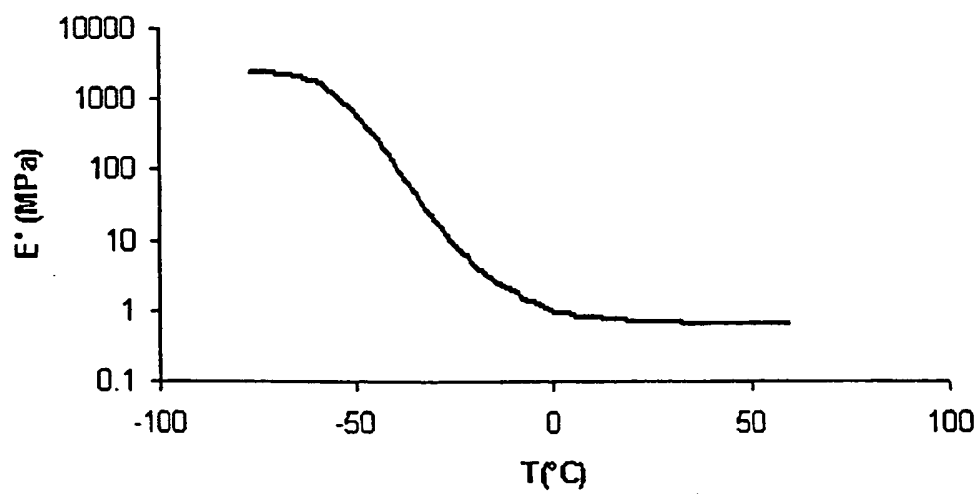
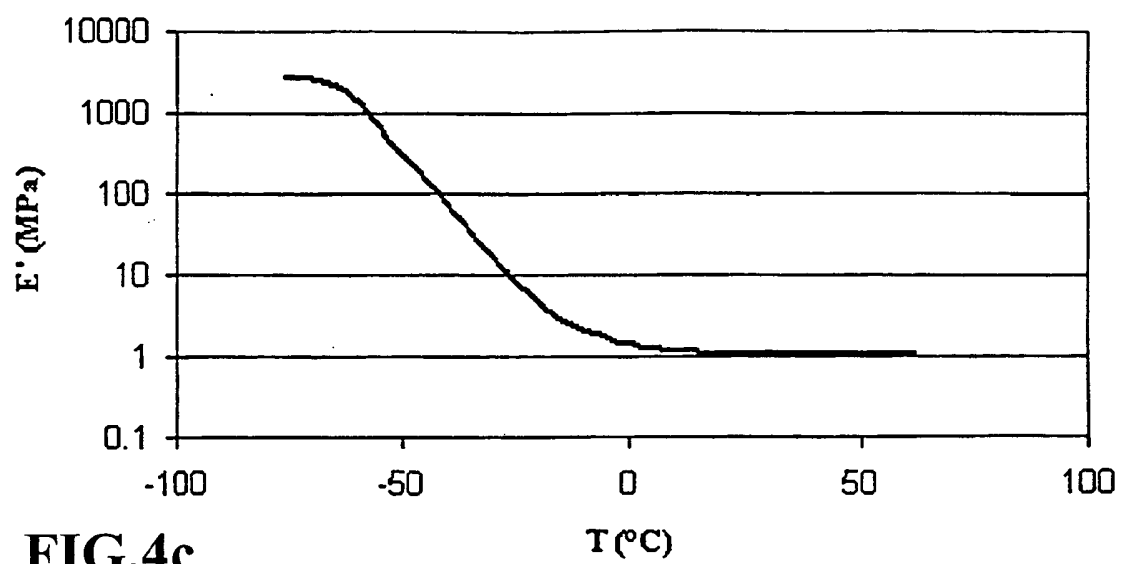
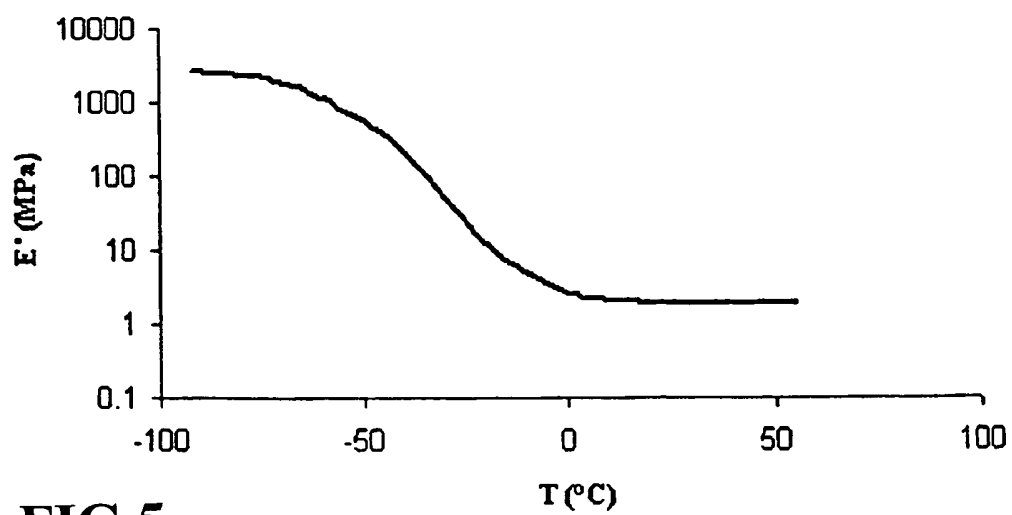


FIG.3

**FIG.4a****FIG.4b**

**FIG.4c****FIG.5**

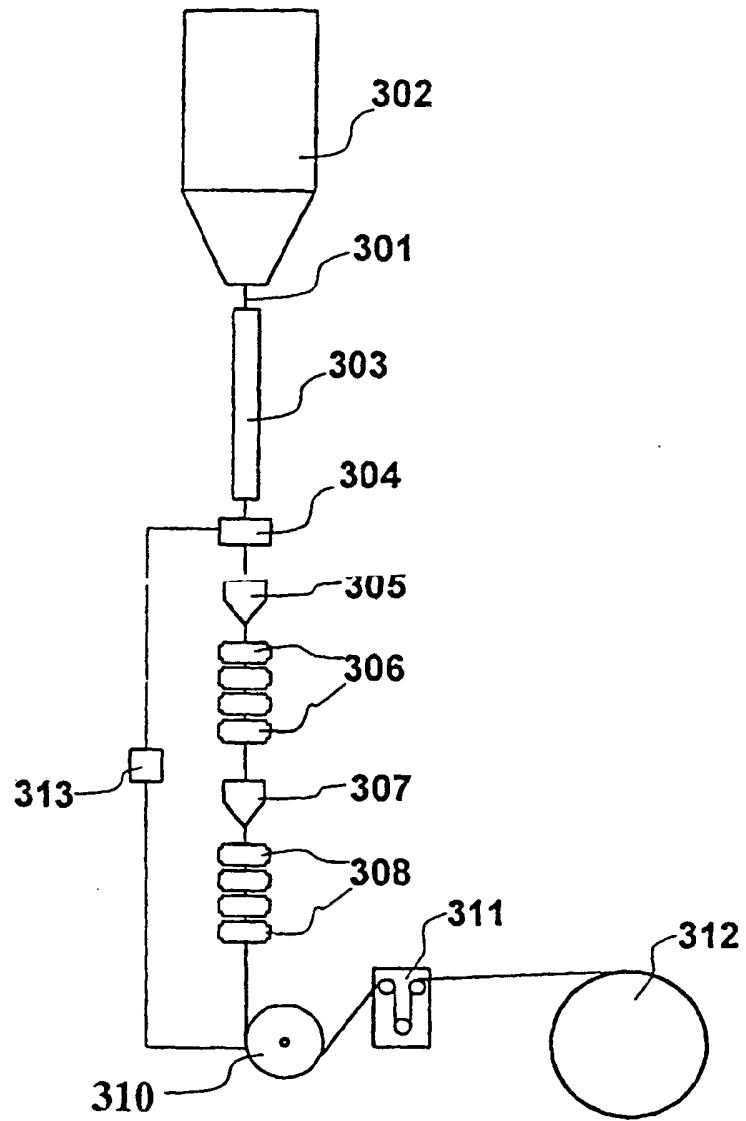
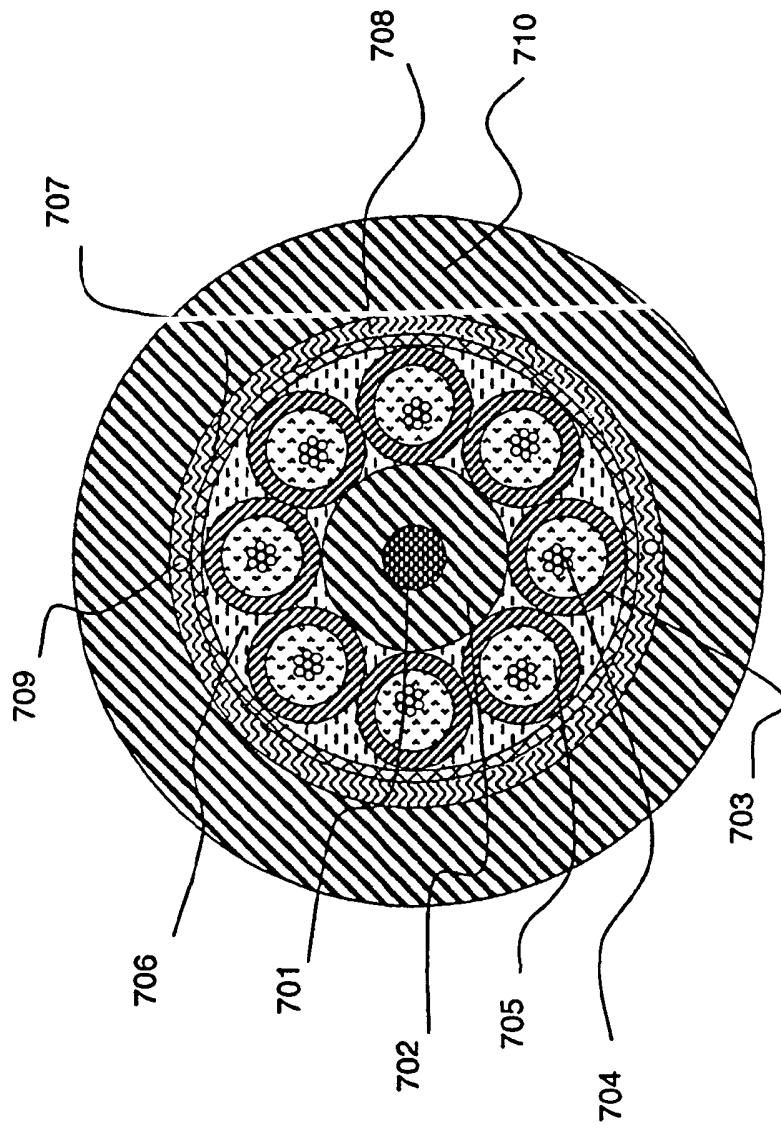
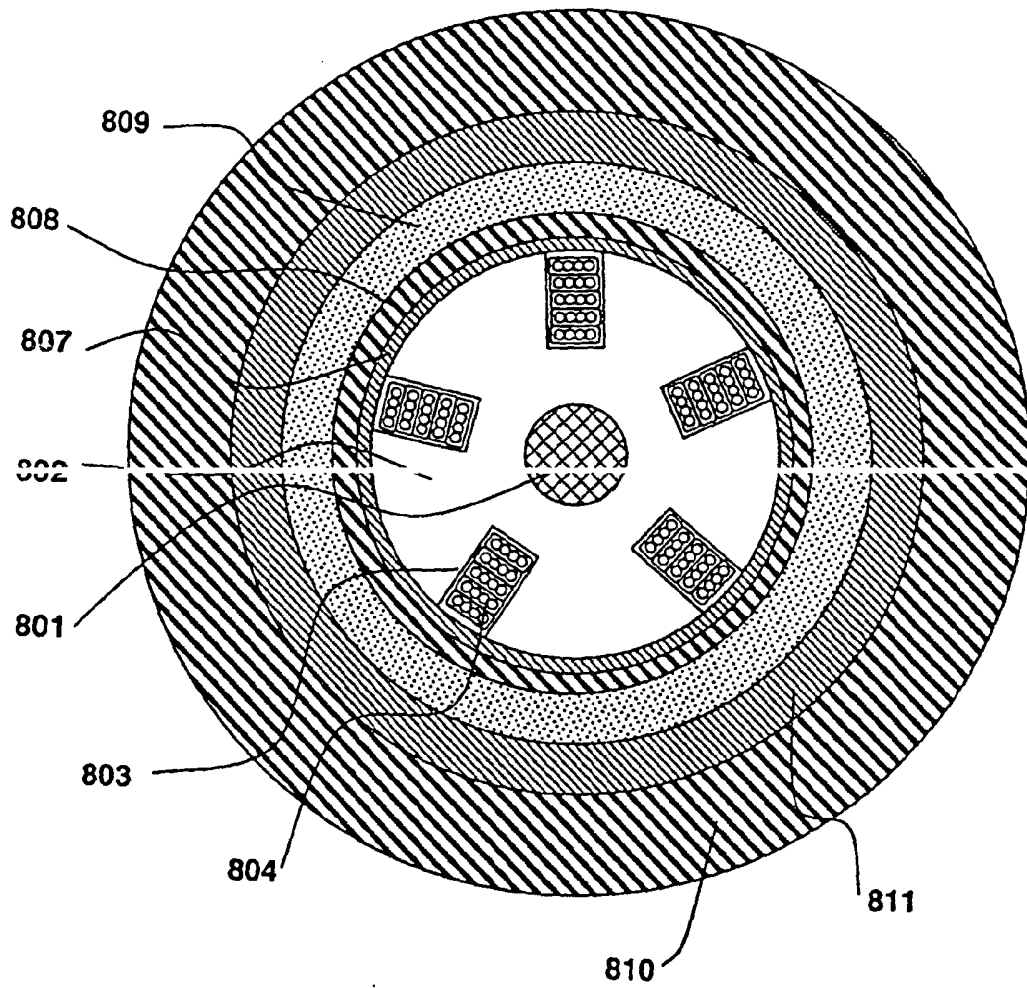
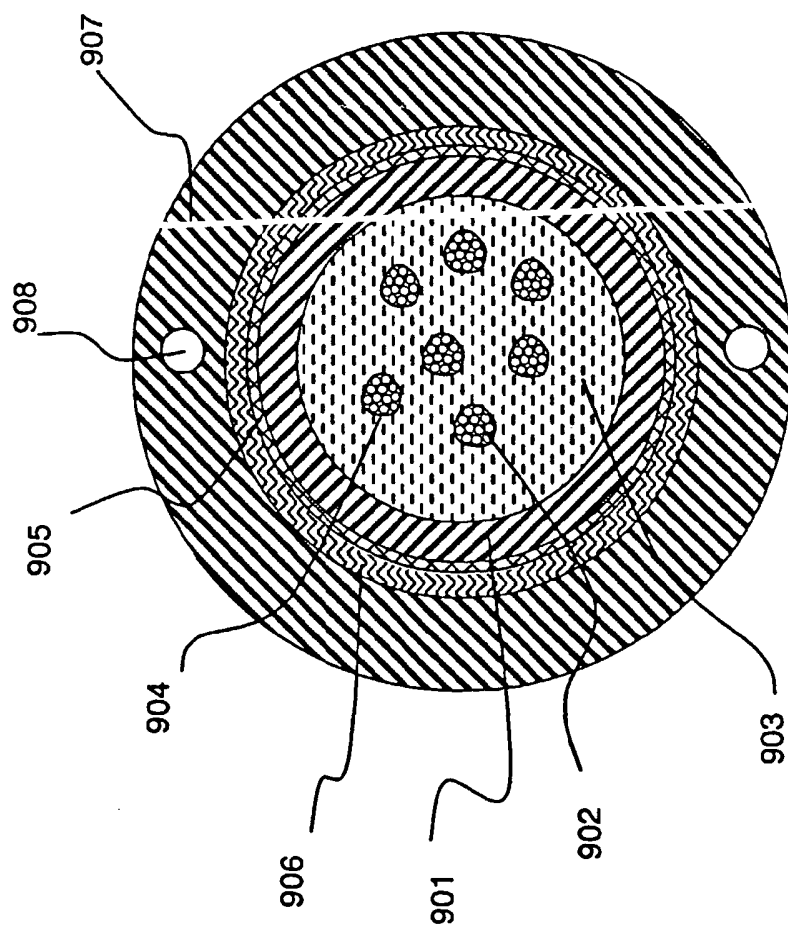


FIG.6

**FIG.7**

**FIG.8**

**FIG.9**

RESUMO

“MÉTODO PARA CONTROLAR PERDAS DE ATENUAÇÃO CAUSADAS PELA MICROFLEXÃO NO SINAL TRANSMITIDO POR UMA FIBRA ÓTICA”

- 5 Método para controlar as perdas de atenuação causadas pela microflexão no sinal transmitido por uma fibra ótica compreendendo uma porção vítrea interna, que compreende: a) fornecer uma primeira camada de revestimento de um primeiro material polimérico para circundar a dita porção vítrea e b) fornecer uma segunda camada de revestimento de um segundo
- 10 material polimérico para circundar a dita primeira camada de revestimento, em que o dito material polimérico tem uma temperatura de endurecimento menor que 10° e um módulo de equilíbrio menor que 1,5 MPa.