



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

(21) PI 0925072-7 A2



(22) Data do Depósito: 23/04/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 04/08/2020

(54) Título: FIBRA ÓPTICA

(51) Int. Cl.: C09D 175/16; C03C 25/10; C08G 18/67.

(71) Depositante(es): PRYSMIAN S.P.A.

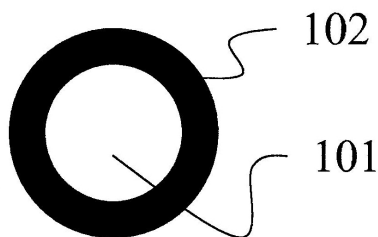
(72) Inventor(es): LIDIA TERRUZZI; JOHANNES ADRIANUS VAN EEKELEN; SABRINA FOGLIANI.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009054905 de 23/04/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/121659 de 28/10/2010

(85) Data da Fase Nacional: 21/10/2011

(57) Resumo: FIBRA ÓPTICA A invenção refere-se a uma fibra óptica que compreende um núcleo de vidro e um revestimento protetor que consiste em uma camada com um único revestimento disposta para circundar o dito núcleo de vidro, em que a dita camada com um único revestimento é formada de um material polimérico curado obtido pela cura de uma composição curável por radiação, que compreende (i) um oligômero (met) acrilato de uretana curável por radiação, de preferência que compreende uma cadeia principal derivada de polioxitetrametileno glicol, (ii) pelo menos um monômero reativo monofuncional, (iii) pelo menos um monômero reativo multifuncional e (iv) um promotor de adesão.



“FIBRA ÓPTICA”

Campo da invenção

A presente invenção refere-se a uma fibra óptica que possui um único revestimento.

5 Mais em particular, a presente invenção refere-se a uma fibra óptica que compreende um núcleo dentro do qual o sinal ótico é transmitido e um único revestimento de material polimérico reticulado com base em (met) acrilato de uretana.

Estado da técnica

10 As fibras ópticas comumente compreendem um núcleo dentro do qual é transmitido o sinal óptico transmitido, circundado por uma camada protetora, tanto o núcleo como a camada protetora sendo tipicamente de vidro e formando o guia de onda óptica (tipicamente com um diâmetro de aproximadamente 120-130 μm). O guia de onda óptica é tipicamente
15 protegido por um revestimento externo, tipicamente de material polimérico. Este revestimento protetor de modo geral compreende uma primeira camada de revestimento posicionada diretamente sobre a superfície de vidro, também conhecida como o "revestimento primário" e de pelo menos uma segunda camada de revestimento, também conhecida como "revestimento secundário",
20 disposta para circundar a dita primeira camada de revestimento. Na técnica, a combinação de revestimento primário e revestimento secundário é também identificada como “sistema de revestimento”, pois ambas estas camadas são de modo geral aplicadas durante o processo de fabricação com estiramento da fibra, em contraste com o "sistema de revestimento secundário" que
25 compreende camadas de revestimento opcionalmente aplicadas subsequentemente.

A espessura do revestimento primário tipicamente está na faixa de desde aproximadamente 25 μm até aproximadamente 35 μm , ao passo que a espessura do revestimento secundário tipicamente está na faixa de

desde aproximadamente 10 μm até aproximadamente 30 μm .

Estes revestimentos de polímero podem ser obtidos de composições que compreendem oligômeros e monômeros que são de modo geral reticulados por meio de irradiação UV na presença de um foto iniciador adequado. Os dois revestimentos descritos acima diferem, entre outras, nas propriedades mecânicas dos materiais respectivos. Enquanto o material que forma o revestimento primário é um material relativamente mole, com um módulo de elasticidade relativamente baixo à temperatura ambiente, o material que forma o revestimento secundário é relativamente mais duro, que possui valores mais altos de módulo de elasticidade à temperatura ambiente. O sistema de revestimento primário é selecionado para fornecer proteção ambiental e resistência ao guia de onda óptica, entre outras coisas, ao fenômeno bem conhecido de micro flexão, o que pode levar à atenuação da capacidade de transmissão da fibra e, portanto é indesejável. Além disso, o sistema de revestimento primário é projetado para fornecer a resistência desejada às forças físicas de manipulação, como aquelas encontradas quando a fibra é submetida a operações de cabeamento.

Além disso, como o operador precisa identificar diferentes fibras com certeza quando uma grande número de fibras estiver contido na mesma carcaça, é conveniente colorir as várias fibras com diferentes cores para identificação. Tipicamente, uma fibra óptica é identificada pela cor circundando-se o revestimento secundário com uma terceira camada de polímero colorida, como conhecida como "tinta", que possui uma espessura tipicamente entre aproximadamente 2 μm e aproximadamente 10 μm ou alternativamente pela introdução de um pigmento colorido diretamente na composição do revestimento secundário.

É sabido na técnica produzir fibras ópticas com um sistema de revestimento primário que compreende uma única camada de revestimento que satisfaça ambos os requisitos das camadas primárias e secundárias

descritas conhecidas na técnica.

A produção de uma fibra óptica com uma única camada de revestimento permitiria reduzir os custos de fabricação, para aumentar a produtividade, assim como para reduzir o número de interfaces entre o material diferente possivelmente fornecendo deslaminção especialmente em condições ambientais adversas tal como alta temperatura ou umidade, da fibra óptica.

Foram feitas diversas tentativas para satisfazer tal objetivo.

Exemplos de composições para revestimento curáveis por radiação particularmente adaptadas para o revestimento em camada única de fibras ópticas são divulgados, por exemplo, na US 4.932.750. Estas compreendem (1) desde 65 % até 85 % de uma poliuretana com terminação dietilênica, que pode conter grupos uréia, a poliuretana estando baseada em um diisocianato que possua um peso molecular médio de desde 400 até 5000 e (2) desde 5 % até 25 % de um éter de um mono éster de C2-C4 alquilenoglicol de um ácido mono carboxílico monoetilenicamente insaturado, o éter sendo selecionado do grupo que consiste em etoxietila, diciclopentenila, fenila e misturas dos mesmos. O acrilato de etoxietoxietila é particularmente preferido e um éster de triacrilato, tal como o triacrilato de trimetilol propano, também está desejavelmente presente.

A Patente US 4.682.850 divulga fibras ópticas que possuem um núcleo revestido apenas com um único material curado com ultravioleta que possui um módulo de tração na faixa de desde aproximadamente 1.000 até aproximadamente 68,9 MPa e de preferência uma dureza Shore A de desde aproximadamente 70 até aproximadamente 75. Um exemplo de uma resina que pode ser usada para revestimento foi indicada como fabricada por De Soto, Inc. de Des Plaines, Illinois, sob a designação De Soto 131.

A Patente US 4.798.852 divulga fibras ópticas dotadas de um único revestimento obtido por uma composição polimérica curável por

radiação que consiste em um oligômero com terminação de poliacrilato que contém um grande número de grupos uretana e/ou uréia que é formado de um diisocianato orgânico em uma quantidade suficiente para reagir com um polímero hidroxila ou amina funcional que possui uma funcionalidade de dois, três ou quatro ou um acrilato mono hídrico.

A Publicação da Patente Internacional WO 2004/031091 divulga uma fibra óptica que compreende: a) uma parte de vidro; b) pelo menos uma camada de revestimento protetor disposta para circundar a dita parte de vidro; a dita camada de revestimento protetor possuindo um valor de módulo de elasticidade entre - 40 °C e + 60 °C compreendido entre 5 MPa e 600 MPa, de preferência não mais alto do que 500 MPa, mais preferivelmente não mais alto do que 450 MPa, muito mais preferivelmente não mais alto do que 300. De preferência, a dita camada de revestimento protetor é uma única camada de revestimento protetor que está disposta em contato com a dita parte de vidro. Mais em particular, o revestimento protetor é obtido pela cura de uma composição curável por radiação que compreende: (a) desde 50 % em peso até 95 % em peso de pelo menos uma poliuretana etilenicamente insaturada obtida pela reação dos seguintes compostos: (A) pelo menos um composto de polioli, (B) pelo menos um composto de poliisocianato e (C) pelo menos um composto de (met) acrilato que contenha pelo menos um grupo hidroxila e (b) desde 5 % em peso até 50 % em peso de pelo menos um diluente monômero reativo polifuncional.

A Patente US 6.638.616 divulga uma composição para revestimento livre de solvente curável por radiação para fibra óptica que possui um oligômero de (met) acrilato de uretana curável por radiação que compreende uma cadeia principal alquílica, um diluente reativo e um foto iniciador e opcionalmente um aditivo. A cadeia principal alquílica é derivada de uma resina alquílica, uma resina poliéster que possui um grupo éster pendente que se destaca de uma cadeia principal de polímero de ligações de

éster.

Sumário da invenção

Como observado pelo Requerente, os materiais conhecidos na técnica não satisfazem completamente todos os requisitos que um revestimento de uma única camada precisa ter.

Em particular, uma composição para revestimento empregada para realizar a camada com um revestimento único precisaria possuir, uma vez curada, um módulo de tração elástico relativamente baixo para permitir uma boa adesão do material polimérico curado à fibra de vidro e reduzir as perdas de micro flexão, porém suficientemente altas para conferir a resistência mecânica necessária.

O valor do módulo de tração elástico precisaria ser relativamente constante em uma ampla faixa de temperaturas, isto é, desde uma temperatura bem abaixo de 0 °C, por exemplo, de - 30 °C, até uma temperatura bem acima de 0 °C, por exemplo, de + 60 °C.

Além disso, o Requerente observou que a composição para revestimento empregada para realizar a camada de revestimento único precisaria possuir, na aplicação da parte de vidro da fibra óptica, um valor de viscosidade relativamente baixo para melhorar a aplicação do material para revestimento sobre o núcleo de vidro durante a fabricação. A interação melhorada entre o material para revestimento e o núcleo de vidro durante a fabricação conduz ao aumento tanto das propriedades de adesão como da resistência ao envelhecimento, mesmo em condições ambientais adversas (que podem ser medidas depois da cura do material). Mais especificamente, a viscosidade da composição para revestimento precisaria ser tal para fornecer uma adesão adequada à parte de vidro, porém não tão alta que atrapalhasse (diminuísse) a velocidade do estiramento da fibra óptica.

Desse modo, como observado pelo Requerente, o que parece importante para uma fibra óptica com um único revestimento é o controle do

valor da viscosidade da composição para revestimento a ser empregada para o revestimento e para o módulo de tração do material polimérico curado.

No presente relatório descritivo e nas presentes reivindicações, o termo “módulo de tração elástico” refere-se ao módulo de um material polimérico como determinado por meio de um teste DMA em tensão, como
5 ilustrado em detalhe na seção de método do teste da parte experimental do presente relatório descritivo.

No presente relatório descritivo e nas presentes reivindicações, o termo “viscosidade” refere-se à viscosidade de uma composição para
10 revestimento na forma não curada às condições de aplicação sobre a parte de vidro da fibra óptica. A viscosidade é determinada por meio de um método de Brookfield que usa um viscosímetro de Brookfield RVT ou RVTD com um banho à temperatura constante de $25 \pm 0,2$ °C.

De acordo com um primeiro aspecto, a presente invenção
15 refere-se a uma fibra óptica que compreende um núcleo de vidro e um revestimento protetor que consiste em uma única camada de revestimento disposta para circundar o dito núcleo de vidro, em que a dita camada de revestimento único é formada de um material polimérico curado obtido por cura de uma composição curável por radiação que compreende (i) um
20 oligômero de (met) acrilato de uretana curável por radiação, de preferência que compreenda uma cadeia principal derivada de polioxitetrametileno glicol, (ii) pelo menos um monômero reativo monofuncional, (iii) pelo menos um monômero reativo multifuncional e (iv) um promotor de adesão, a dita composição curável por radiação possuindo uma viscosidade menor do
25 que 4000 mPa.s, o dito material polimérico possuindo um módulo de tração a 40 °C menor do que 20 MPa e um módulo de tração a - 40 °C menor do que 300 MPa.

Como revestimento protetor pretende-se usar uma camada de material fornecida em uma posição externa radial em relação ao núcleo de

vidro, em contato direto com este, que possui a função de proteger o núcleo de vidro. A camada de revestimento único que constitui o revestimento protetor pode possuir uma espessura de desde 25 μm até 65 μm , de preferência de desde 30 μm até 60 μm .

5 Opcionalmente, a fibra óptica da invenção da invenção pode compreender um revestimento colorido em uma posição externa radial em relação ao revestimento protetor. Tipicamente, o dito revestimento colorido possui uma espessura de desde 2 μm até 10 μm é fornecido para fins de identificação.

10 De acordo com uma modalidade preferida a temperatura de transição vítrea do dito material polimérico curado não é mais alta do que aproximadamente -80 °C.

De preferência, uma fibra óptica para revestimento único de acordo com a invenção apresenta uma sensibilidade a micro flexão a 1550 nm em uma faixa de temperatura de desde -30 °C até 60 °C menor do que 7 (dB/km) (g/mm), mais preferivelmente menor do que 5, quando sujeito ao teste de micro flexão em tambor expansível.

20 De preferência, a fibra óptica da invenção é uma fibra de modo simples padronizada. O termo fibra de modo simples padronizada refere-se neste caso às fibras ópticas que possuem um perfil de índice de refração da espécie etapa-índice, isto é, um perfil de segmento único, com uma variação única do índice de refração de 0,2 % - 0,4 %, um raio do núcleo de aproximadamente 4,0 - 4,5 μm e um valor de MAC de aproximadamente 7,8 - 8,6.

25 De preferência, a composição curável por radiação empregada para formar a camada de fibra óptica de revestimento único da invenção possui uma viscosidade menor do que 3800 mPa.s, mais preferivelmente menor do que 3600 mPa.s e ainda mais preferivelmente na faixa de desde 2800 mPa.s até 3600 mPa.s.

Vantajosamente, o material polimérico curado que forma a camada de revestimento único da invenção possui uma elongação na ruptura maior do que 50 %, mais preferivelmente igual a ou menor do que 100 %.

De acordo com outro aspecto, a presente invenção refere-se a uma fibra óptica que compreende um núcleo de vidro e um revestimento protetor que consiste em uma única camada de revestimento disposta para circundar o dito núcleo de vidro, em que a dita camada de revestimento único é feita de um material polimérico curado, obtido pela cura de uma composição curável por radiação que compreende (i) um oligômero de (met) acrilato de uretana curável por radiação, de preferência que compreenda uma cadeia principal derivada de poloxitetrametileno glicol, (ii) pelo menos um monômero reativo monofuncional, (iii) pelo menos um monômero reativo multifuncional e (iv) um promotor de adesão em uma quantidade maior do que 5 % em peso da quantidade total da dita composição curável por radiação, a dita camada de revestimento único possuindo um módulo de tração a 40 °C menor do que 20 MPa e um módulo de tração a - 40 °C menor do que 300 MPa.

No presente relatório descritivo e nas presentes reivindicações, a não ser se for afirmado de outra maneira a quantidade expressa como % em peso de um componente está em relação à quantidade total da composição que compreende o componente em questão.

De preferência, a composição curável por radiação empregada para formar a camada de fibra óptica de revestimento único da invenção compreende um promotor de adesão em uma quantidade maior do que 9 % em peso, mais preferivelmente mais alta do que 12 % em peso da quantidade total da dita composição curável por radiação.

Para a finalidade do presente relatório descritivo e das presentes reivindicações anexas, exceto quando indicado de outra maneira, é preciso entender que todos os números que expressam quantidades,

percentagens etc., são modificados em todos os casos pelo termo “aproximadamente”. Além disso, todas as faixas incluem qualquer combinação dos pontos máximo e mínimo divulgados e incluem quaisquer faixas intermediárias naquele caso, que podem ou não ser especificamente enumeradas neste contexto.

Breve descrição dos desenhos

A Figura 1 apresenta uma seção transversal de uma fibra óptica de acordo com a invenção;

A Figura 2 apresenta uma modalidade ilustrativa de uma torre de estiramento para a fabricação de uma fibra óptica de acordo com a invenção.

Descrição das modalidades preferidas

Como apresentado na fig. 1, uma fibra óptica de acordo com a invenção compreende uma parte de vidro **101** e um sistema de revestimento que consiste em uma camada de revestimento único **102** disposta para circundar a dita parte de vidro **101**.

Os sistemas de carreador curáveis por radiação que são adequados para formar uma composição a ser usada como sistema para revestimento que consiste em uma camada de revestimento único em uma fibra óptica de acordo com a invenção contêm um ou mais oligômeros curáveis por radiação e um ou mais monômeros reativos mono- e multifuncionais que possuem pelo menos um grupo funcional capaz de polimerização quando expostos à radiação actínica. A funcionalidade curável por radiação usada pode ser insaturação etilênica, que pode ser polimerizada de preferência por polimerização de radical. De preferência, pelo menos aproximadamente 80 % molar, mais preferivelmente, pelo menos aproximadamente 90 % molar e mais preferivelmente ainda substancialmente todos os grupos funcionais curáveis por radiação presentes no oligômero são acrilato ou metacrilato.

Um sistema para revestimento que consiste em uma única camada de revestimento de acordo com a presente invenção é obtido partindo de uma composição para revestimento curável por radiação que compreende um oligômero curável por radiação (i), o dito oligômero de preferência compreendendo uma cadeia principal derivada de poloxitetrametileno glicol. De preferência, o oligômero é um oligômero de (met) acrilato de uretana que compreende a dita cadeia principal, mais preferivelmente um oligômero de (met) acrilato de uretana totalmente alifático.

O oligômero (i) pode ser obtido de acordo com processos que são bem conhecidos na técnica. De preferência, o oligômero de (met) acrilato de uretana pode ser preparado por reação

- (A) do poloxitetrametileno glicol,
- (B) de um poliisocianato e
- (C) um (met) acrilato que contém um grupo hidroxila.

Exemplos do processo para a fabricação do (met) acrilato de uretana por reação destes compostos compreendem as etapas de

(i) reação do dito glicol, do poliisocianato e o (met) acrilato que contém grupo hidroxila tudo junto ou

(ii) reação do dito glicol e do poliisocianato e reação do produto resultante com o (met) acrilato que contém grupo hidroxila ou

(iii) reação do poliisocianato e do (met) acrilato que contém grupo hidroxila e reação do produto resultante com o dito glicol ou

(iv) reação do poliisocianato e do (met) acrilato que contém grupo hidroxila, reação do produto resultante com o dito glicol e reação do (met) acrilato que contém grupo hidroxila mais uma vez.

No presente relatório descritivo e nas presentes reivindicações, como o poloxitetrametileno glicol (A) é pretendido o composto que compreende um grande número de grupamentos tetrametileno glicol. De preferência, o dito polioxitetrametileno glicol possui em média um peso

molecular médio em número na faixa de desde 500 até 10.000 g/mol, mais preferivelmente na faixa de desde 1.000 até 8.000 g/mol, até mesmo mais preferivelmente desde 1.500 até 4.000 g/mol e mais preferivelmente desde 1.500 até 3.000 g/mol. De acordo com uma modalidade preferida, a
 5 quantidade de insaturação (em relação à insaturação de meq/g para a composição total) do dito poloxitetrametileno glicol é menor do que 0,01 meq/g, mais preferivelmente de desde 0.0001 até 0,009 meq/g.

O poloxitetrametileno glicol inclui o 1, 4-polioxitetrametileno glicol, 2-metil-1, 4-poloxitetrametileno glicol, 3-metil-1, 4-poloxitetrametileno glicol e misturas dos mesmos.
 10

Fornecidos 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'-
 15 dimetil-4, 4'-difenilmetano, diisocianato de 4, 4'-difenilmetano, diisocianato de 3, 3'-dimetilfenileno, diisocianato de 4, 4'-fenileno, diisocianato de 1, 6-hexano, diisocianato de isoforona, diisocianato de metilenobis (4-ciclohexilisocianato), diisocianato de 2, 2, 4-trimetilhexa-metileno, fumarato de bis (2-isocianatoetila), diisocianato de 6-iso-propil-1, 3-fenila, diisocianato
 20 de 4-difenilpropano, diisocianato de difenilmetano hidrogenado, diisocianato de xilileno hidrogenado, diisocianato de tetrametil xilileno, isocianato de lisina e similares. Estes compostos poliisocianato podem ser usados individualmente ou em combinações de dois ou mais. Os isocianatos preferidos são diisocianato de tolileno, diisocianato de isoforona e metileno-
 25 bis (4-ciclohexilisocianato). Os mais preferidos são compostos poliisocianatos de base totalmente alifática, tais como diisocianato de isoforona e metileno-bis (4-ciclohexilisocianato).

Exemplos do (met) acrilato que contém grupo hidroxila (C) incluem (met) acrilatos derivados de ácido (met) acrílico e epóxi e (met)

acrilatos que compreendem óxidos de alquilenos, mais em particular, (met) acrilato de 2-hidroxietila, acrilato de 2-hidroxipropila e (met) acrilato de 2-hidróxi-3-oxifenila. Os grupos funcionais acrilato são preferidos em relação aos metacrilatos.

5 A proporção do poloxitetrametileno glicol (A), do poliisocianato (B) e do (met) acrilato que contém o grupo hidroxila (C) usado para preparar o (met) acrilato de uretana é determinada de modo que 1,1 a 3 equivalentes de um grupo isocianato incluído no poliisocianato e 0,1 a 1,5 equivalentes de um grupo hidroxila incluído no (met) acrilato que contém
10 grupo hidroxila são usados para um equivalente do grupo hidroxila incluído no poloxitetrametileno glicol.

 O peso molecular médio em número do oligômero de (met) acrilato de uretana usado na composição curável por radiação útil na presente invenção está de preferência na faixa de desde 1200 a 20.000 g/mol e mais
15 preferivelmente de desde 2.200 até 10.000 g/mol. Se o peso molecular médio em número do (met) acrilato de uretana for menor do que 100, a composição curável por radiação tende a se solidificar; por outro lado, se o peso molecular médio em número for maior do que 20.000, a viscosidade da composição curável por radiação torna-se alta, fazendo com que a manipulação da
20 composição fique difícil.

 O oligômero de (met) acrilato de uretana é de preferência usado em uma quantidade de desde 20 até 80 % em peso, mais preferivelmente de desde 30 até 70 % em peso e mais preferivelmente ainda de 40 a 70 % em peso da quantidade total da composição curável por
25 radiação. A faixa de desde 40 a 70 % em peso é particularmente preferível para permitir um processo adequado para aplicação de revestimento (em termo de velocidade de estiramento e adesão à parte de vidro), assim como uma flexibilidade superior e confiabilidade a longo termo do revestimento curado.

Uma composição curável por radiação a ser aplicada como sistema para revestimento que consiste em uma única camada de revestimento sobre uma fibra óptica de acordo com a invenção também contém um ou mais monômeros reativos monofuncionais (ii). O monômero reativo monofuncional pode ser um monômero de baixa viscosidade que possui um grupo funcional capaz de se polimerizar quando exposto à radiação actínica. Por exemplo, a viscosidade de um monômero de baixa viscosidade é de desde 50 até 500 centipoise a 25 °C. O grupo funcional pode ser da mesma natureza que aquele usado no oligômero curável por radiação. De preferência, o grupo funcional de cada monômero reativo monofuncional é capaz de se copolimerizar com o grupo funcional curável por radiação presente nos outros monômeros ou no oligômero curáveis por radiação.

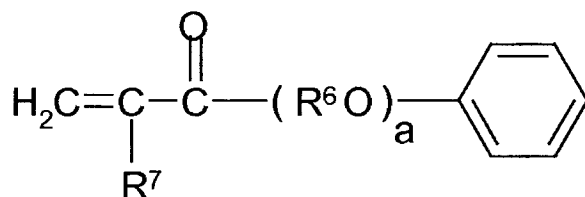
De acordo com uma modalidade preferida, o material polimérico aplicado como sistema para revestimento sobre uma fibra óptica de acordo com a invenção é feito de uma composição curável por radiação que compreende (ii) pelo menos um monômero reativo monofuncional (que possua funcionalidade acrilato ou vinila), o (s) dito (s) monômero(s) monofuncional (ais) estando presente (s) em quantidades na faixa de desde 10 até 50 % em peso, de preferência na faixa de desde 15 até 45 % em peso, mais preferivelmente de 20 a 30 % em peso.

Por exemplo, o monômero reativo monofuncional pode ser um monômero ou uma mistura de monômeros que possuem uma funcionalidade acrilato ou vinila e um grupamento C_4 - C_{20} alquila ou poliéter.

Exemplos de monômeros de acrilato monofuncionais são acrilatos que contêm uma estrutura alicíclica tal como acrilato de isobornila, acrilato de bornila, acrilato de dicitlopentanila, acrilato de ciclohexila e similares, acrilato de 2-hidroxietila, acrilato de 2-hidroxipropila, acrilato de 2-hidroxibutila, acrilato de metila, acrilato de etila, acrilato de propila, acrilato de iso-propila, 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-etilhexila, acrilato de nonila, acrilato de decila, acrilato de isodecila, acrilato de undecila, acrilato de dodecila, acrilato de laurila, acrilato de estearila, acrilato de iso-estearila, acrilato de tetrahydrofurfurila, acrilato de butoxietila, 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 etóxi-etila, acrilato de metoxipolietileno glicol, acrilato de metóxi-propileno glicol, acrilato de dimetilaminoetila, acrilato de dietil-aminoetila, acrilato de 7-amino-3, 7-dimetiloctila, monômeros de acrilato apresentados pela fórmula (1) a seguir:

(1)



em que R^7 é um átomo de hidrogênio ou um grupo metila, R^8 é um grupo alquilenos que possui 2 - 6 e de preferência 2 - 4 átomos de carbono, R^9 é um átomo de hidrogênio ou um grupo orgânico que contém 1 - 12 átomos de carbono ou um anel aromático e a é um número inteiro de 0 a 12 e de preferência de 1 a 8.

A quantidade de acrilato monômeros reativos monofuncionais de preferência está na faixa de 4 a 40 % em peso, mais preferivelmente de 10 a 35 % em peso e mais preferivelmente ainda de 15 a 30 % em peso.

Exemplos de monômeros de vinila reativos monofuncionais são N-vinilpirrolidona, N-vinil caprolactama, vinilimidazol, vinilpiridina e similares.

Estes monômeros de N-vinila de preferência estão presentes em quantidades de desde aproximadamente 1 até aproximadamente 20 % em peso, mais preferivelmente de desde aproximadamente 2 até

aproximadamente 10 % em peso e mais preferivelmente ainda na faixa de desde 3 até 7 % em peso.

Uma composição curável por radiação adequada compreende desde aproximadamente 5 até aproximadamente 60 % em peso de pelo menos um diluente curável por radiação. As quantidades preferidas do diluente curável por radiação incluem desde aproximadamente 12 até aproximadamente 45 % em peso, mais preferivelmente desde aproximadamente 18 até aproximadamente 37 % em peso, baseado no peso total da composição para revestimento.

De modo geral, cada monômero reativo possui um peso molecular menor do que aproximadamente 550 e uma viscosidade menor do que aproximadamente 500 mPa.s.

Uma composição curável por radiação a ser aplicada como um sistema para revestimento que consiste em uma única camada de revestimento sobre uma fibra óptica de acordo com a invenção também contém um ou mais monômeros reativos multifuncionais (iii).

O monômero reativo multifuncional pode ser um monômero de baixa viscosidade que possui dois ou mais grupos funcionais capazes de se polimerizarem quando expostos à radiação actínica. Por exemplo, a viscosidade do monômero diluente de baixa viscosidade é de desde 50 até 500 centipoises a 25 °C. O grupo funcional pode ser da mesma natureza que aquele usado no oligômero curável por radiação. Por exemplo, o grupo funcional de cada monômero reativo é capaz de se copolimerizar com o grupo funcional curável por radiação presente nos outros monômeros ou no oligômero curáveis por radiação.

Os monômeros reativos multifuncionais podem possuir um, de preferência dois ou três grupamentos (met) acrilato.

Exemplos de monômeros reativos multifuncionais incluem: diacrilatos de C_2 - C_{18} hidrocarbonodiol, C_4 - C_{18} diviniléteres de

hidrocarboneto, C₃-C₁₈ triacrilatos de hidrocarboneto os análogos de poliéter dos mesmos e similares, tais como diacrilato de 1, 6-hexanodiol, triacrilato de trimetilolpropano, hexanodiol diviniléter, diacrilato de trietilenoglicol, triacrilato de pentaeritritol, diacrilato de bisfenol-A etoxilado e diacrilato de tripropilenoglicol.

De preferência, são usados poliacrilatos alifáticos alcóxilados, tais como diacrilato de hexanodiol etoxilado, triacrilato de glicerila propoxilado ou triacrilato de trimetilol propano propoxilado.

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

De acordo com uma modalidade preferida o material polimérico aplicado como um revestimento de camada única sobre uma fibra óptica de acordo com a invenção é obtido de uma composição curável por radiação que compreende um monômero reativo multifuncional em quantidades de desde 1 até 30 % em peso, mais preferivelmente na faixa de desde 5 até 25 % em peso e mais preferivelmente ainda de desde 10 até 20 % em peso.

Também é preferível que a composição curável por radiação compreenda uma mistura de pelo menos dois monômeros reativos monofuncionais, mais preferivelmente, um dos ditos monômeros reativos sendo substituído com uma cadeia alifática longa; até mesmo mais preferivelmente, a composição contém um monoacrilato substituído com uma cadeia alifática longa e um monômero de N-vinil monofuncional. De preferência, pelo menos aproximadamente 10 % em peso, mais preferivelmente pelo menos aproximadamente 12 % em peso estão presentes do dito pelo menos um monoacrilato substituído com uma cadeia alifática longa.

Uma composição curável por radiação a ser aplicada como um sistema para revestimento que consiste em uma única camada de revestimento sobre uma fibra óptica de acordo com a invenção também contém um promotor de adesão (iv). O promotor de adesão (iv) de acordo com a invenção
5 está baseado em um ou mais agentes de adesão. De acordo com uma modalidade preferida, o promotor de adesão (iv) compreende pelo menos um silano orgânico funcional como agente de adesão.

Exemplos de agentes de adesão incluem aminopropiltrietóxi-silano, mercaptopropiltrimetoxissilano, metacriloxipropiltri-metoxissilano,
10 isocianurato de tris [3-(trimetoxissilil) propil] 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.).

De acordo com uma modalidade preferida o material
15 polimérico aplicado como sistema para revestimento sobre uma fibra óptica de acordo com a invenção é obtido de uma composição curável por radiação que compreende um promotor de adesão em quantidades mais altas do que 5,0 % em peso, de preferência mais altas do que 9 % em peso. Em uma modalidade preferida a quantidade de promotor de adesão é menor do que 12
20 % em peso.

Uma composição curável adequada para ser aplicada como um sistema para revestimento sobre uma fibra óptica de acordo com a presente invenção pode ser curada por radiação. Neste caso, a radiação inclui radiação infravermelha, raios visíveis, radiação ultravioleta, raios X, feixes de elétrons,
25 raios α , raios β , raios γ e similares. São preferidas radiação visível e UV.

A composição curável por radiação adequada para ser aplicada como um revestimento único sobre uma fibra óptica de acordo com a presente invenção de preferência compreende um iniciador de foto-polimerização. Além disso, quando necessário pode ser adicionado um fotos sensibilizador.

O iniciador de foto-polimerização pode ser uma composição que compreende, por exemplo, pelo menos um de 1-hidróxi-ciclohexilfenil cetona, 2, 2-dimetóxi-2-fenilacetofenona, xantona, fluorenona, benzaldeído, fluoreno, antraquinona, trifenilamina, carbazol, 3-metilacetofenona, 4-
 5 clorobenzofenona 4, 4'-dimetoxibenzofenona, 4, 4'-diaminobenzofenona, cetona de Michler, benzoína propil éter, benzoína etil éter, benzil metil cetal, 1-(4-isopropilfenil)-2-hidróxi-2-metilpropan-1-ona, 2-hidróxi-2-metil-1-fenilpropan-1-ona, tioxanetona, dietiltioxantona, 2-isopropiltioxantona, 2-clorotio-xantona, 2-metil-1-[4-(metiltio) fenil]-2-morfolino-propan-1-ona,
 10 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 similares.

Exemplos de produtos comercialmente disponíveis de iniciador de foto-polimerização incluem IRGACURE 184, 369, 651, 500,
 15 907, CGI1700, 1750, 1850, 819, Darocur 1116, 1173 (fabricado por Ciba Specialty Chemicals Co., Ltd.), Lucirin LR8728 (fabricado pela BASF), Ubecril P36 (fabricado por UCB), e similares.

A quantidade do iniciador de fotopolimerização usado pode estar na faixa de desde 1 até 10 % em peso e de preferência de desde 2 até 5
 20 % em peso, da quantidade total dos componentes para a composição curável por radiação.

Além dos componentes descritos antes, vários aditivos tais como antioxidantes, absorventes de UV, estabilizadores à luz, agentes de melhoria de superfície de revestimento, inibidores de polimerização pelo
 25 calor, agentes de nivelamento, tensoativos, colorantes, conservantes, plastificantes, lubrificantes, solventes, cargas, agentes de prevenção de envelhecimento e agentes de melhoria da capacidade de molhamento podem ser usados na composição curável por radiação útil na presente invenção, quando necessário. Exemplos de antioxidantes incluem Irganox 1010, 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 similares; 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 similares; exemplos de estabilizadores à 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 similares.

10 A viscosidade na aplicação da composição curável por radiação usada como sistema para revestimento sobre uma fibra óptica de acordo com a presente invenção é menor do que 4000 mPa.s, de preferência menor do que 3800 mPa.s e mais preferivelmente menor do que 3600 mPa.s. De acordo com a modalidade mais preferida da presente invenção a viscosidade da composição líquida curável por radiação está na faixa de desde 15 2800 mPa.s até 3600 mPa.s. Os ditos valores de viscosidade permitem uma boa adesão da composição curável ao núcleo de vidro tal que possa ser ajustada uma velocidade de estiramento industrialmente adequadas na fabricação da fibra óptica da invenção. A adesão resultante entre a camada de 20 revestimento único e o núcleo de vidro evita a formação de deslaminção e de bolhas, por exemplo na presença de umidade.

As composições para revestimento adequadas para serem aplicadas como um sistema para revestimento sobre uma fibra óptica de acordo com a presente invenção, quando curadas, tipicamente possuem uma 25 alongação na ruptura maior do que 50 %, de preferência de pelo menos 60 %. Por exemplo, a alongação na ruptura possui um valor máximo de 120 - 130 %, de preferência igual a ou menor do que 100 %.

As composições adequadas para serem aplicadas como sistema para revestimento sobre uma fibra óptica de acordo com a presente invenção

terão de preferência uma velocidade de cura de $1,0 \text{ J/cm}^2$ (a 95 % de módulo máximo atingível) ou menor, mais preferivelmente de aproximadamente $0,7 \text{ J/cm}^2$ ou menor e mais preferivelmente, de aproximadamente $0,5 \text{ J/cm}^2$ ou menor e mais preferivelmente ainda de desde aproximadamente $0,4 \text{ J/cm}^2$ ou menor.

Uma fibra óptica de acordo com a presente invenção pode ser produzida de acordo com técnicas habituais de estiramento, que usam, por exemplo, um sistema tal como um ilustrado esquematicamente na Figura 2.

Este sistema, conhecido como "torre de estiramento", tipicamente compreende um forno (302) dentro do qual é colocado uma pré forma óptica de vidro a ser estirada. A parte do fundo da dita pré forma é aquecida até o ponto de amolecimento dentro da qual é colocada uma pré forma óptica de vidro a ser estirada. A parte do fundo da dita pré forma é aquecida até o ponto de amolecimento e estirada em uma fibra óptica (301). A fibra é então resfriada, de preferência até uma temperatura de não mais do que 600°C , mais preferivelmente à temperatura ambiente, de preferência em um tubo para resfriamento adequado (303) do tipo descrito, por exemplo, no pedido de patente WO 99/26891 e passada através de um dispositivo para medição de diâmetro (304). Então, a fibra passa através de um aplicador de resfriamento (305), que contém uma composição para revestimento na forma líquida e é recoberto com esta composição até a espessura desejada. A fibra recoberta é então passada através de um forno UV (ou por uma série de fornos) (306) no qual o revestimento é curado.

Subsequentemente à aplicação do revestimento e à cura, a fibra pode opcionalmente ser obrigada a passar através de um dispositivo capaz de fornecer uma torção pré determinada a esta fibra, por exemplo, do tipo descrito no pedido de patente internacional WO 99/67180, com a finalidade de reduzir o valor de PMD ("Dispersão no Modo de Polarização") desta fibra. A polia (310) colocada a jusante dos dispositivos ilustrados

anteriormente controla a velocidade de fiação da fibra. Depois desta polia de estiramento, 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 uma bobina (312).

5 Uma fibra óptica assim produzida pode ser usada na produção de cabos ópticos. 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

10 A presente invenção será explicada com mais detalhe a seguir por meio de exemplos, cujos exemplos não se pretendem que sejam limitativos da presente invenção.

Composições para revestimento

15 As composições para revestimento foram preparadas para serem aplicadas como um sistema para revestimento que consiste em uma única camada de revestimento sobre uma fibra óptica. As composições a serem aplicadas como um sistema para revestimento sobre uma fibra óptica de acordo com a invenção estão indicadas como Exemplos Ex.3 e Ex.4 na tabela 1 a seguir.

20 Tabela 1: Composições para revestimento primário curáveis por radiação

		Ex. 1 *	Ex. 2*	Ex. 3	Ex. 4
		(% em peso)	(% em peso)	(% em peso)	(% em peso)
Oligômero de acrilato de uretana	A	49,10	51,00	48,70	49,20
Óxido de 2, 4, 6-trimetil-benzoildifenilfosfina	B	1,3	1,3	1,3	1,3
1-hidróxi ciclohexil fenil cetona		1,9	1,9	1,8	1,8
Tris ([3-(3, 5-di-tert-4-hidroxifenil) propionato] de tiodietileno	C	0,30	0,30	0,30	0,30
Vinilcaprolactama	D	4,8	4,6	4,4	4,4
Acrilato de isodecila		19,0	20,0	19,0	19,0
Triacrilato de trimetilolpropano	E	18,30	14,80	14,10	14,20
Mercaptopropiltrimetóxi silano	F	1,0	1,0	1,8	1,8
Tetraetóxi silano		2,4	2,4	4,6	4,6
Isocianurato de tris [3-(trimetoxisilil) propila]		1,5	1,5	2,8	2,8
Poliéter acrilato de silicone	G	0,50	1,00	1,00	-

* composição de comparação

A - Oligômero produto da reação de diisocianato de isoforona (IPDI), acrilato de 2-hidroxietila (HEA), poloxitetrametileno glicol (PTMG 2000) e polióxi-3-metiltetrametileno glicol (3-CH₃ PTMG 2000);

B - embalagem de foto iniciador;

C - estabilizador

D - monômeros monofuncionais;

E - monômero multifuncional;

F - promotores de adesão;

G - agentes tenso ativos (agente de liberação).

A viscosidade, as propriedades mecânicas e o módulo elástico E' para cada uma das composições para revestimento curadas acima eram como as fornecidas na Tabela 2 (ver seção de método do teste para detalhes sobre o teste de DMA e a determinação dos respectivos parâmetros sobre a curva de DMA).

Tabela 2: Parâmetros de composições para revestimento curadas

		Ex. 1	Ex. 2	Ex. 3	Ex. 4
Viscosidade	MPa.s	4400	5260	3510	3470
Resistência à tração	Mpa	8	7	8	8
Elongação	%	31	48	60	65
E' a -40°C	Mpa	261	240	234	250
E' a 40°C	Mpa	33	23	17	18
E' a 90°C	Mpa	19	11	10	10

Preparação de fibras ópticas e avaliação das mesmas

As fibras ópticas revestidas no modo simples foram fabricadas como indicado na seção de método do teste, utilizando-se as composições dos Exemplos 1 - 4 como camada com revestimento único.

A fibra óptica F1 de referência fabricada por aplicação de uma única camada de revestimento a composição do Exemplo 1 apresentou uma fraca adesão entre o material de revestimento e o vidro. Um teste de extração resultou como sendo 0 N/cm, isto é, o revestimento pode ser facilmente removido da parte de vidro da fibra óptica. Além disso, a fibra óptica tinha problema de excentricidade mesmo a uma velocidade de estiramento de 5 m/s.

A mesma adesão fraca entre o material para revestimento e o vidro foi apresentada pela fibra óptica F2 de referência fabricada por aplicação de uma única camada de revestimento da composição do Exemplo 2.

As fibras ópticas F3 e F4 fabricadas por aplicação da camada de revestimento único feita da composição dos Exemplos 3 e 4, fornecem respectivamente uma boa resposta no teste de extração de tira tipicamente maior do que 2 N. Nenhuma excentricidade foi observada a uma velocidade de estiramento de 18 m/s.

Testes de microflexão

Os resultados do teste de micro flexão (ver detalhes na seção de métodos de teste) nas fibras ópticas de modo simples são apresentados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 Microflexão em Fibras de Modo Simples

Fibra	Sensibilidade à Microflexão (dB/Km)/(g/mm)		
	-30°C	+22°C	+60°C
F1	9,2	6,3	6,8
F4	5,9	3,9	3,1

Como demonstrados pelos resultados acima, uma fibra óptica de acordo com a invenção é menos propensa a perdas por enfraquecimento causadas pelo fenômeno de micro flexão, tanto a temperaturas de operação baixas como altas.

Testes de envelhecimento

Os resultados dos testes de envelhecimento (ver detalhes na seção do método do teste) sobre fibras ópticas com modo simples são apresentados na tabela 5 a seguir.

Impregnação em água a 20 °C: 30 dias, medindo diariamente;

Impregnação em água a 60 °C: 30 dias, medindo diariamente;

Aquecimento a seco a 85 °C: 30 dias, medindo diariamente;

Aquecimento úmido (em geléia): 30 dias, a medida sendo efetuada no início e no final do período de envelhecimento (enfraquecimento a 20 °C, -30 °C, +60 °C, -30 °C, + 60 °C, + 20 °C).

Tabela 5 Testes de envelhecimento

Fibra	Impregnação em água a 20 °C	Impregnação em água a 60 °C	Secagem a seco a 85 °C	Aquecimento úmido a 85 °C / a85 °C RH
F1	Não passou	Não passou	Não passou	Não passou
F2	Passou	Passou	Passou	Não passou
F3	Passou	Passou	Passou	Passou
F4	Passou	Passou	Passou	Passou

F1 sofreu deslaminiação da camada com revestimento único e formação de bolha; foi observado o aumento de enfraquecimento depois de 15 dias.

No teste de aquecimento úmido, F2 não passou porque

apresentou uma queda no teste de extração (de 1,7 a 1,1 como uma média; em algum ponto a força foi de 0, isto é, o revestimento foi deslaminado do vidro). Além disso, o revestimento único de F2 era sensível na presença de solventes ou de geléia (tipicamente usada como material de enchimento em um “tubo de
5 tampão”). O comportamento não melhorou na presença de uma tinta colorida que recobre o único revestimento.

Cura das composições para revestimento para teste mecânico (preparação da amostra)

Uma redução do material a ser testado foi feita sobre uma
10 placa de vidro e curado usando um processador UV em atmosfera inerte (com uma dose de UV de 1 J/cm^2 , IL-309 por lâmpada Fusion D). O filme curado foi condicionado a $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e $50 \pm 5 \%$ de RH durante um mínimo de 16 horas antes do teste.

Foi cortado do filme curado um mínimo de 6 corpos de prova
15 que possuem uma largura de 12,7 mm e um comprimento de 12,5 cm.

Testagem da Viscosidade

Os valores de viscosidade são medidos com um viscosímetro de Brookfield. A precisão máxima é obtida por seleção de um eixo e de uma velocidade de rotação (RPM) que resultem em leituras na parte mais alta da
20 escala de Brookfield. O equipamento é um viscosímetro de Brookfield, modelo RVT ou RVTD. A temperatura é garantida constante a $25 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$. A viscosidade é medida em $\text{mPa}\cdot\text{s}$.

Testagem Dinâmica Mecânica

O teste DMA foi realizado em tração de acordo com a
25 metodologia a seguir.

As amostras do teste das composições para revestimento curadas dos exemplos 1-4 foram medidas usando-se um Rheometrics Solids Analyzer (RSA-II), equipado com:

1) um computador pessoal que possui um sistema operacional

Windows e que possui um programa de computador RSI Orchestrator® (Versão V.6.4.1) instalado e

2) um sistema controlador com nitrogênio líquido para operação a baixa temperatura.

5 As amostras do teste foram preparadas por moldagem de um filme do material, que possui uma espessura na faixa de 0,02 mm até 0,4 mm, em uma placa de vidro. O filme da amostra foi curado usando um processador com UV. Um corpo de prova com aproximadamente 35 mm (1,4 polegada) de comprimento e aproximadamente 12 mm de largura foi recortado de uma
10 região sem defeito do filme curado. Para filmes moles, que tendem a apresentar superfícies pegajosas, foi usado um aplicador com ponta de algodão com talco.

A espessura de filme do corpo de prova foi medida em cinco ou mais locais ao longo do comprimento. A espessura média do filme foi
15 calculada a $\pm 0,001$ mm. A espessura não pode variar por mais do que 0,001 mm sobre este comprimento. Foi utilizado outro corpo de prova se esta condição não foi satisfeita. A largura do corpo de prova foi medida em dois ou mais locais e o valor médio foi calculado com uma precisão de $\pm 0,1$ mm.

A geometria da amostra foi entrada no instrumento. O
20 comprimento do campo foi ajustado a um valor de 23,2 mm e os valores medidos de largura e espessura do corpo de prova da amostra foram entradas no campos apropriados.

Antes de conduzir a investigação de varredura da temperatura, a umidade foi removida das amostras do teste sujeitando-se as amostras do
25 teste a uma temperatura de 80 °C em uma atmosfera de nitrogênio durante 5 minutos. A investigação de varredura da temperatura usada incluiu resfriar as amostras do teste até aproximadamente -60 °C ou até aproximadamente -90 °C e aumentando a temperatura aproximadamente a 2 °C/minuto até que a temperatura alcançasse aproximadamente 100 °C até aproximadamente 120

°C. A frequência para o teste usada foi de 1,0 radiano/segundo. Em uma medida de DMTA, que é uma medida dinâmica, foram medidos os seguintes módulos: o módulo de armazenagem E' (também denominado módulo elástico) e o módulo de perda E'' (também denominado módulo viscoso). O menor valor do módulo de armazenagem E' na curva de DMTA na faixa de temperatura entre 10 e 100 °C medida a uma frequência de 1,0 radiano/segundo sob as condições como descrito em detalhe antes é considerado como o módulo de equilíbrio do revestimento.

Fabricação de fibras ópticas

Todas as fibras ópticas usadas na presente seção experimental foram fabricadas de acordo com técnicas de estiramento padronizadas, por aplicação de um sistema padronizado de composição para revestimento sobre a fibra óptica estirada e curando a dita composição para revestimento. A fibra é estirada a uma velocidade de aproximadamente 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, pela determinação da percentagem das insaturações de acrilato reagidas na resina final reticulada em relação à composição foto curável inicial (por exemplo, como descrito na WO 98/50317).

Testes de micro flexão

Os efeitos de micro flexão sobre as fibras ópticas foram determinados pelo “método do 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 por IEC standard 62221 (Optical Fibers - Measurement methods - Microbending sensitivity - Method A, Expandable drum; Outubro de 2001). O teste é realizado enrolando uma fibra de 100 m de comprimento com uma tensão de 55 g sobre uma bobina metálica expansível de 300 mm de diâmetro, revestida com bruto material (3M Imperial® PSA-grau 40 m). A bobina está conectada a um

computador pessoal que controla:

- a expansão da bobina (em termos de variação do comprimento da fibra) e

- a perda de transmissão da fibra.

5 A bobina é então expandida gradualmente enquanto se monitora a perda de transmissão da fibra versus o esforço.

A pressão exercida sobre a fibra é calculada partindo da elongação da fibra pela fórmula a seguir:

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

10 em que E é o módulo elástico do vidro, A área da fibra revestida e R o raio da bobina.

Para cada fibra óptica, o MAC foi determinado como a seguir:

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

15 em que MFD (modo de diâmetro do campo de acordo com a definição de Petermann) a 1550 nm e λ_{co} (faixa de tamanho ("cutoff") da fibra lambda - 2 m de comprimento) são determinados de acordo com o padrão ITUT G650.

Testes de envelhecimento

20 Os testes de envelhecimento foram realizados mantendo-se as amostras de fibra durante 30 dias sob condições diferentes. Os testes de impregnação com água foram realizados imergindo a fibra óptica em água a 20 °C e a 60 °C.

O teste de aquecimento a seco foi realizado mantendo-se a fibra óptica a

25 85 °C em condições secas (umidade relativa menor do que 30 %). O teste de aquecimento úmido foi realizado mantendo-se a fibra óptica a 85 °C a 85 % de umidade relativa.

Teste da força de extração

O valor da força de extração foi medido usando uma máquina de tração com uma célula de carga de 10 kg. O comprimento da amostra é de 30 mm e a velocidade de extração é de 10 mm/minuto. Foi usada uma menor velocidade, se comparada com uma necessária por IEC 60793-1-32 porque desta maneira o teste é mais rigoroso (a degradação do revestimento primário é mais evidente).

Teste de aderência

Para avaliar a força de aderência (que é um sinal da adesão entre o vidro e o revestimento primário), uma amostra de 10 mm é afixada a uma placa de metal por solidificação de uma placa com cola bi componente. O tempo de solidificação é de aproximadamente 5 minutos à temperatura ambiente. A velocidade da máquina de tração é de 10 mm/minuto.

REIVINDICAÇÕES

1. Fibra óptica caracterizada pelo fato de que compreende um núcleo de vidro e um revestimento protetor que consiste em uma única camada de revestimento disposta para circundar o dito núcleo de vidro, em que a dita camada com um único revestimento é formada de um material polimérico curado obtido por cura da composição curável por radiação que compreende (i) um oligômero de (met) acrilato de uretana curável por radiação, de preferência que compreende uma cadeia principal derivada de poloxitetrametileno glicol, (ii) pelo menos um monômero reativo monofuncional, (iii) pelo menos um monômero reativo multifuncional e (iv) um promotor de adesão, a dita composição curável por radiação possuindo uma viscosidade menor do que 4000 mPa.s, o dito material polimérico possuindo um módulo de tração a 40 °C menor do que 20 MPa e um módulo de tração a -40 °C menor do que 300 MPa.

2. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 1 caracterizada pelo fato de que a camada de revestimento único possui uma espessura de desde 25 µm até 65 µm.

3. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 1 caracterizada pelo fato de que compreende um revestimento colorido em uma posição externa radial em relação ao revestimento protetor.

4. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 1 caracterizada pelo fato de que o dito material polimérico curado possui uma temperatura de transição vítrea não superior a aproximadamente - 80 °C.

5. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 1 caracterizada pelo fato de que possui uma sensibilidade a micro flexão a 1550 nm em uma faixa de temperatura de desde - 30 °C até 60 °C menor do que 7 (dB/km) (g/mm) quando sujeita ao teste de micro flexão com tambor expansível.

6. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 1 caracterizada pelo fato de que é uma fibra no modo simples padrão.

7. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a dita composição curável por radiação possui uma viscosidade menor do que 3800 mPa.s.

5 8. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que a dita composição curável por radiação possui uma viscosidade menor do que 3600 mPa.s.

9. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que a dita composição curável por radiação possui uma viscosidade na faixa de desde 2800 mPa.s até 3600 mPa.s.

10 10. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o dito material polimérico curado possui uma elongação na ruptura maior do que 50 %.

11. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o dito material polimérico curado possui uma elongação na
15 ruptura igual a ou menor do que 100 %.

12. Fibra óptica caracterizada pelo fato de que compreende um núcleo de vidro e um revestimento protetor que consiste em uma camada de revestimento único disposta para circundar o dito núcleo de vidro, em que a dita camada de revestimento único é feita de um material polimérico curado,
20 obtido pela cura da composição curável por radiação que compreende (i) um oligômero de (met) acrilato de uretana curável por radiação, de preferência que compreende uma cadeia principal derivada do poloxitetrametileno glicol, (ii) pelo menos um monômero reativo monofuncional, (iii) pelo menos um monômero reativo multifuncional e (iv) um promotor de adesão em uma
25 quantidade maior do que 5 % em peso da quantidade total da dita composição curável por radiação, a dita camada de revestimento único tendo um módulo de tração a 40 °C menor do que 20 MPa e um módulo de tração a - 40 °C menor do que 300 MPa.

13. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 12

caracterizada pelo fato de que a dita composição curável por radiação compreende um promotor de adesão em uma quantidade maior do que 9 % em peso da quantidade total da dita composição curável por radiação.

14. Fibra óptica de acordo com a reivindicação 12
5 caracterizada pelo fato de que a dita composição curável por radiação compreende um promotor de adesão em uma quantidade menor do que 12 % em peso da quantidade total da dita composição curável por radiação.

15. Fibra óptica de acordo com quaisquer reivindicações anteriores caracterizada pelo fato de que o dito oligômero de (met) acrilato de uretana possui um peso molecular médio em número na faixa de desde 1.200 até 20.000 g/mol.

16. Fibra óptica de acordo com quaisquer reivindicações anteriores caracterizada pelo fato de que a dita composição curável por radiação compreende uma quantidade do dito oligômero de (met) acrilato de uretana (i) na faixa de desde 20 até 80 % em peso da quantidade total da composição.

17. Fibra óptica de acordo com quaisquer reivindicações anteriores caracterizada pelo fato de que a dita composição curável por radiação compreende uma quantidade de pelo menos um dito monômero reativo monofuncional (ii) na faixa de desde 10 até 50 % em peso da quantidade total da composição.

18. Fibra óptica de acordo com quaisquer reivindicações anteriores caracterizada pelo fato de que a dita composição curável por radiação compreende uma quantidade de pelo menos um dito monômero reativo multifuncional na faixa de desde 1 até 30 % em peso da quantidade total da composição.

Fig. 1

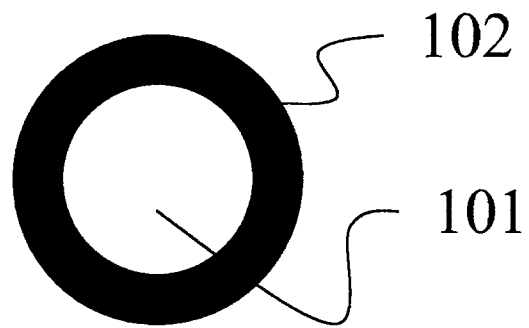
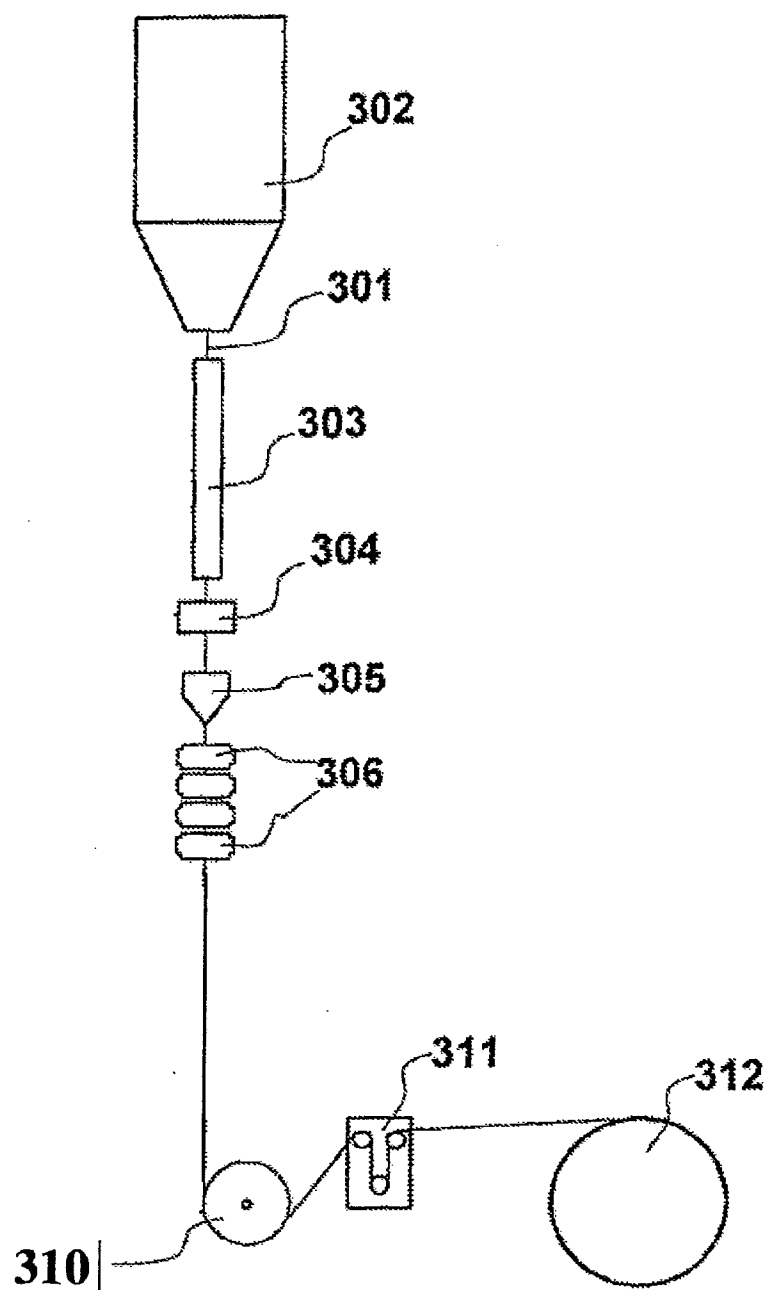


Fig. 2

RESUMO

“FIBRA ÓPTICA”

A invenção refere-se a uma fibra óptica que compreende um núcleo de vidro e um revestimento protetor que consiste em uma camada com um único revestimento disposta para circundar o dito núcleo de vidro, em que a dita camada com um único revestimento é formada de um material polimérico curado obtido pela cura de uma composição curável por radiação, que compreende (i) um oligômero (met) acrilato de uretana curável por radiação, de preferência que compreende uma cadeia principal derivada de polioxitetrametileno glicol, (ii) pelo menos um monômero reativo monofuncional, (iii) pelo menos um monômero reativo multifuncional e (iv) um promotor de adesão.