



**República Federativa do Brasil**

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



**(11) BR 112018075080 B1**

**(22) Data do Depósito:** 12/06/2017

**(45) Data de Concessão:** 28/11/2023

---

**(54) Título:** CABOS DE FIBRA ÓPTICA

**(51) Int.Cl.:** G02B 6/44.

**(30) Prioridade Unionista:** 13/06/2016 US 15/180,437.

**(73) Titular(es):** CARLISLE INTERCONNECT TECHNOLOGIES, INC..

**(72) Inventor(es):** MARK MESSER; JACK EDGER SUTHERLAND.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2017037001 de 12/06/2017

**(87) Publicação PCT:** WO 2017/218406 de 21/12/2017

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 03/12/2018

**(57) Resumo:** Um cabo de fibra óptica 50 inclui um elemento de fibra óptica 52, incluindo um núcleo 54 e uma camada de revestimento 56. Uma camada do elemento de resistência 68 é posicionada sobre o elemento de fibra óptica 52 e inclui uma camada de elementos de fibra composta por pelo menos 25% de material de fibra de alta temperatura. Uma camada de revestimento externa 70 é posicionada sobre a camada do elemento de resistência 68 e é formada por um material altamente resistente a chamas.

## **“CABOS DE FIBRA ÓPTICA”**

### **RELATÓRIO DESCRITIVO**

#### **Campo da invenção**

**[0001]** A presente invenção se refere, no geral, a cabos de fibra óptica e, mais especificamente, a um cabo de fibra óptica que possui características físicas e de desempenho aprimoradas para suportar problemas de inflamabilidade.

#### **Fundamentos da invenção**

**[0002]** Atualmente, os cabos de fibra óptica são usados em uma ampla variedade de aplicações para substituir os cabos de cobre tradicionais. Esses cabos de fibra óptica, por exemplo, podem ser utilizados para transmitir dados e controlar sinais entre computadores e processadores. A fibra óptica fornece transferência de dados confiável, com excepcional velocidade e largura de banda. O tamanho pequeno e o peso leve dos cabos de fibra óptica os tornam particularmente úteis em aplicações de comunicação que possuem restrições significativas de espaço e peso.

**[0003]** Os cabos de fibra óptica têm um uso significativo na indústria aeroespacial para aplicações comerciais e militares. Em tal uso, os cabos de fibra óptica devem ter uma construção muito robusta, porque mesmo pequenas falhas em um cabo podem ter consequências significativas e indesejáveis. Geralmente, no uso aeroespacial tradicional, a construção de um cabo de fibra óptica inclui um cordão de vidro, ou fibra, e uma camada de revestimento e camada amortecedora. Uma ou mais camadas amortecedoras são utilizadas na parte externa do cordão de vidro para suportar fisicamente e amortecer o filamento de vidro frágil. Além disso, uma vez que os cabos de fibra óptica são frequentemente submetidos a extremos de temperatura, pressão, vibração e choque, camadas adicionais, tais como camadas dos elementos de resistência e jaquetas ou camadas de

revestimento, são utilizadas na parte externa do amortecedor.

**[0004]** Cabos de fibra óptica também podem utilizar fibras feitas de plástico ou polímero, conhecidas como fibras ópticas de plástico/polímero (POF). Geralmente, tais fibras POF são feitas de Polimetilmetacrilato (PMMA) para o núcleo óptico. A fibra POF pode então ser revestida com um revestimento fino de um material, tal como um polímero fluorado, como uma camada de revestimento. O cabo POF também pode ter outras camadas de amortecedor sobre a camada de fibra e revestimento. Geralmente, tais fibras POF tradicionais não são adequadas para uso em cabos aeroespaciais com suas construções atuais. Os cabos aeroespaciais são submetidos a estresses mecânicos, fluidos, ambientais, térmicos e outros e exigem uma construção robusta. Além disso, a FAA exige que fios e cabos utilizados em aplicações aeroespaciais passem por um teste de inflamabilidade denominado Teste de inflamabilidade FAA, conforme o Apêndice F, parte I da 14 CFR parte 25, para fios e cabos. Portanto, embora os cabos de fibra POF típicos tenham sido considerados adequados para uso automotivo, eletrônico e doméstico, os produtos atuais não atendem aos requisitos aeroespaciais mais exigentes. Além disso, mesmo que os elementos de fibra POF sejam construídos com componentes aeroespaciais típicos, por causa dos materiais e construção da fibra POF real, eles ainda não passam no teste de inflamabilidade observado.

**[0005]** Os cabos de fibra óptica feitos usando as fibras POF como núcleo são inflamáveis, já que o PMMA é um material altamente inflamável. Mesmo a construção aprimorada do cabo de fibra POF, o uso das camadas externas que possuem alguma resistência inerente à chama e com elementos de resistência típicos como aramida e fios de vidro ao redor dos elementos de fibra não solucionam alguns dos problemas apresentados pelos cabos POF devido à inflamabilidade do cabo material do núcleo. Os cabos resultantes ainda não passam no teste de inflamabilidade FAA porque os elementos resistentes queimam, expondo

os componentes internos altamente inflamáveis que continuam a queimar e/ou permitem que gotículas flamejantes saiam da construção que não é protegida pelo elemento de resistência.

**[0006]** Os cabos de fibra óptica usados para aplicações aeroespaciais são tipicamente fabricados com materiais em cada camada que ajudam a proteger o cabo. Juntamente com o requisito de inflamabilidade, o cabo de fibra óptica é exposto a temperaturas extremas de +100 a -55 graus C ou mais. Além disso, tais cabos são expostos a fluidos hidráulicos, combustíveis de jato, solventes de limpeza, depuradores de pista e outros fluidos corrosivos.

**[0007]** Além disso, em cabos de fibra que incorporam construções de vidro/POF/elementos centrais, é desejável usar materiais de camada que sejam inflamáveis devido à maior flexibilidade do material, ao menor custo e à facilidade dos processos de fabricação. Para tentar resolver alguns dos problemas aqui mencionados, com diferentes materiais da camada intermédia que têm alguma resistência à chama, os cabos ficam mais caros, menos flexíveis e com uma tendência maior para encolher.

**[0008]** Além disso, os materiais utilizados que podem lidar com a exposição severa de tais cabos aeroespaciais ainda não estão garantidos para passar no teste de inflamabilidade FAA. Como notado, a Fibra óptica de plástico (POF) utiliza Polimetilmetacrilato, conhecido como PMMA, para o núcleo óptico. A alta inflamabilidade do material evita que ele passe no teste de inflamabilidade FAA quando testado sozinho e mesmo quando estiver cercado ou encapado com materiais inerentemente resistentes a chamas. Ainda, a adição de camadas de resistência como comumente usadas em cabos aeroespaciais, como fios de para-aramida e fibra de vidro comum (por exemplo, vidro E) não permite que o produto acabado passe no teste de inflamabilidade FAA.

**[0009]** Portanto, é um objetivo da invenção melhorar, no geral, a tecnologia existente de cabos de fibra óptica e fornecer um cabo de fibra

óptica com uma construção robusta para usos aeroespaciais. É um objetivo adicional fornecer um cabo POF que possa ser usado em aplicações aeroespaciais. É ainda mais um objetivo fornecer um cabo que seja capaz de suportar os requisitos de inflamabilidade, incluindo o teste de inflamabilidade FAA.

**[00010]** Estas e outras características da invenção ficarão mais prontamente evidentes na Descrição detalhada e nos desenhos do pedido de patente.

### **Breve Descrição dos Desenhos**

**[00011]** Os desenhos anexos, que estão incorporados e constituem parte deste Relatório Descritivo, ilustram modalidades da invenção e, com uma descrição detalhada das modalidades dadas abaixo, servem para explicar os princípios da invenção.

**[00012]** A **FIG. 1** é uma vista em perspectiva da seção transversal de um cabo de fibra óptica de acordo com uma modalidade da invenção.

**[00013]** A **FIG. 2** é uma vista transversal do cabo da Figura 1.

**[00014]** A **FIG. 3** é uma vista em perspectiva transversal de um cabo de fibra óptica, de acordo com uma modalidade alternativa da invenção.

**[00015]** A **FIG. 4** é uma vista transversal do cabo na Figura 3.

### **Sumário da invenção**

**[00016]** Um cabo de fibra óptica inclui um elemento de fibra óptica, incluindo um núcleo e uma camada de revestimento no núcleo. Uma camada amortecedora primária e/ou uma ou mais camadas de revestimento internas podem ser posicionadas sobre a fibra óptica. Uma camada do elemento de resistência é posicionada sobre o elemento de fibra óptica e quaisquer camadas intermediárias. A camada do elemento de resistência inclui uma camada de elementos de fibra composta por pelo

menos 25% de material de fibra a alta temperatura. Uma camada de revestimento externa é posicionada sobre a camada do elemento de resistência. A camada de revestimento externa é formada por um material altamente resistente a chamas. Em uma modalidade da invenção, o material resistente à chama da camada de revestimento externa é formado por material com um Índice de Oxigênio Limitante igual ou superior a 30.

### **Descrição Detalhada das Modalidades da Invenção**

**[00017]** O cabo de fibra óptica construído de acordo com os aspectos da presente invenção melhora significativamente a durabilidade dos cabos de fibra óptica usados em aplicações aeroespaciais. Isso melhora particularmente a robustez do cabo POF para uso em aplicações aeroespaciais. Mais especificamente, a invenção fornece um cabo de fibra óptica, utilizando elementos de núcleo de vidro ou elementos de núcleo de plástico/polímero, que é capaz de suportar os requisitos de inflamabilidade específicos enquanto cumpre outros requisitos para o cabo de fibra óptica aeroespacial. Todos estes vários benefícios são alcançados como observado, sem uma degradação do desempenho óptico, mecânico ou térmico do cabo. Desta maneira, a presente invenção apresenta melhorias significativas ao estado da técnica dos cabos de fibra óptica e, em particular, ao estado da técnica dos cabos de fibra óptica utilizados em aplicações aeroespaciais e outras.

**[00018]** A presente invenção fornece especificamente um desempenho de inflamabilidade melhorado para várias construções diferentes de cabos de fibra óptica, incluindo POF e fibras de vidro. Especificamente, ela apresenta uma construção de cabo de fibra óptica com a capacidade de resistir a um teste de inflamabilidade FAA aeroespacial padrão, como o Teste de inflamabilidade FAA, conforme definido a seguir. Além disso, a presente invenção também pode ser útil para passar outros requisitos diferentes de desempenho e inflamabilidade.

### **Definição do Teste de Inflamabilidade FAA:**

Teste a sessenta graus. Um mínimo de três amostras de cada especificação de fio (marca e tamanho) deve ser testado. O modelo de fio ou cabo (incluindo isolamento) deve ser colocado em um ângulo de 60° com a horizontal no gabinete livre de correntes de ar, de acordo com o Padrão 191 do método de teste federal Modelo 5903 com a porta do gabinete aberta durante o teste ou deve ser colocado dentro de uma câmara de aproximadamente 2 pés de altura por 1 pé por 1 pé, aberto no topo e em um lado vertical (frente), e que permite fluxo suficiente de ar para combustão completa, mas que é livre de correntes de ar. A amostra deve estar paralela a aproximadamente 6 polegadas da frente da câmara. A extremidade inferior da amostra deve ser mantida rigidamente presa. A extremidade superior da amostra deve passar por cima de uma polia ou haste e deve ter um peso apropriado preso a ela, de modo que a amostra seja mantida esticada durante todo o teste de inflamabilidade. A extensão da amostra de teste entre o grampo inferior e a polia ou haste superior deve ser de 24 polegadas e deve ser marcada a 8 polegadas da extremidade inferior para indicar o ponto central para a aplicação da chama. Uma chama de um bico de Bunsen ou Tirrill deve ser aplicada por 30 segundos na marca de teste. O queimador deve ser montado sob a marca de teste na amostra, perpendicular à amostra e em um ângulo de 30 graus ao plano vertical da amostra. O queimador deve ter um diâmetro nominal de 3/8 polegadas e ser ajustado para fornecer uma chama de 3 polegadas de altura com um cone interno de aproximadamente um terço da altura da chama. A temperatura mínima da parte mais quente da chama, medida com um pirômetro calibrado de termopar, não pode ser inferior a 1.750 graus F. O queimador deve ser posicionado de modo que a parte mais quente da chama seja aplicada à marca de teste no fio. O tempo da chama, a duração da queima e o tempo flamejante dos gotejamentos, se houver, devem ser registrados. O tamanho da queima é determinado de acordo com os parâmetros definidos a seguir e deve ser medido até um décimo de polegada mais próximo. A quebra das amostras de fibra não é considerada uma falha.

Tamanho da queima. O tamanho da queima é a distância da borda original até a maior evidência de dano à amostra devido ao impacto da chama, incluindo áreas de consumo parcial ou total, carbonização ou fragilização, mas não incluindo áreas saturadas, manchadas, deformadas ou descoloridas, nem áreas onde o material encolheu ou foi derretido pela fonte de calor.

Teste: A parte mais quente da chama é mantida na amostra por 30 segundos e depois retirada.

Requerimentos de aplicação da chama após 30 segundos:

1. A amostra autoextingue-se
  - a. A chama deve extinguir em 30 segundos.
  - b. O tamanho médio de queima deve ser igual ou menor que 3 polegadas.
2. As gotas flamejantes devem se auto extinguir dentro de uma média de não mais que 3 segundos. Alguns testes de inflamabilidade exigem que as gotículas flamejantes também não incendam um lenço de papel instalado sob a amostra de teste e a invenção também aborda esse padrão. Alguns testes de inflamabilidade exigem que a fibra se extinga em 5 segundos e a invenção também aborda esse padrão.

**[00019]** Voltando, agora, às Figuras de 1 a 2, uma modalidade da invenção é ilustrada para fins descritivos. As figuras ilustram um cabo com múltiplas camadas de acordo com aspectos da invenção e ilustram localizações relativas de várias camadas ou elementos de camada como discutido aqui. No entanto, as espessuras de camada, como ilustrado, não são específicas ou precisas nas Figuras e são meramente ilustrativas para mostrar a localização dos vários elementos de camada em relação aos outros elementos de camada e a construção de todo o cabo. A invenção não é limitada por tais ilustrações, que são mostradas apenas para fins de

descrição.

**[00020]** Especificamente, o cabo 50 é um cabo de fibra óptica que incorpora pelo menos um elemento de fibra óptica ou fibra 52 para transmitir sinais de luz que é circundado e protegido por camadas ou elementos de camada adicionais de acordo com as características da invenção. Cada camada respectiva rodeia circunferencialmente o elemento de fibra óptica ao longo do seu comprimento e pode envolver uma ou mais das camadas internas anteriores. O elemento de fibra óptica 52 é geralmente localizado coaxialmente dentro do cabo 50, como mostrado. O elemento de fibra óptica 52 inclui geralmente um elemento de núcleo de fibra ou núcleo 54 e uma camada de revestimento 56 no núcleo. O núcleo 54 é feito de um material transmissor de luz, tal como vidro, plástico ou polímero ou material revestido de plástico, e uma camada de revestimento adequada 56 em torno do núcleo age como um guia de ondas para manter a luz refletida dentro do núcleo para transmitir sinais luminosos ao longo do comprimento do elemento de fibra.

**[00021]** A presente invenção se refere à melhora das características de desempenho de um cabo de fibra óptica, tal como para uso em ambientes severos, incluindo ambientes aeroespaciais. Em um aspecto, a invenção melhora as características de inflamabilidade dos cabos POF (fibra óptica de plástico/fibra óptica de polímero), uma vez que o núcleo e quaisquer camadas de revestimento e outras camadas circundantes desses cabos são feitas de materiais inflamáveis. A invenção também tem aplicabilidade com fibra de núcleo de vidro, como aqui descrito.

**[00022]** Geralmente, uma ou mais camadas intermediárias são usadas para proteger o núcleo. Por exemplo, uma camada interna ou camada amortecedora primária 58 circunda o elemento de fibra 52. Uma estrutura de fibra como esta para a utilização no cabo da invenção está, no geral, disponível comercialmente e inclui um núcleo e revestimento e uma camada amortecedora primária, embora apenas um elemento de fibra

óptica de núcleo/revestimento sem que uma camada interna ou amortecedora também seja disponível comercialmente.

**[00023]** Atualmente, existem vários elementos ou fibras de fibra existentes no mercado que incluem fibras de modo único, multimodo e índice de passo para nomear as mais populares. O elemento comum nestas fibras é que elas têm um núcleo onde o sinal luminoso é transmitido, um revestimento sobre o núcleo que mantém a luz refletida dentro do núcleo e uma camada externa de revestimento ou proteção que fornece proteção durante o manuseio ou serve uma função específica como resistência à água ou resistência à radiação, por exemplo. Para fibras de vidro, um exemplo particular é uma fibra multimodo 62,5/ 25/250, que é uma fibra comum que tem um diâmetro de núcleo de 62,5 µm, um diâmetro de revestimento de 125 µm e um diâmetro de revestimento de acrilato de 250 µm.

**[00024]** Para um elemento de fibra POF, o elemento central pode ser Polimetilmetacrilato (PMMA), que é comum para elementos de fibra POF usados em cabos de fibra óptica. Alternativamente, o núcleo POF também pode ser formado por um polímero fluorado e outros materiais. O elemento de fibra POF pode ter um diâmetro de 980 µm, por exemplo.

**[00025]** O revestimento para o elemento de fibra POF como utilizado nas modalidades da invenção pode ser um polímero fluorado adequado (fluorpolímero), com a camada de revestimento do núcleo POF tendo uma espessura de 10 µm, por exemplo.

Uma camada amortecedora primária 58 pode incluir um polietileno reticulado, um polímero fluorado ou outro material semelhante. Os elementos de fibra óptica POF adequados para utilização na invenção estão disponíveis em Asahi Kasei de Tóquio, Japão ou Mitsubishi Rayon Co. LTD de Tóquio, Japão.

**[00026]** Para um elemento de fibra óptica de vidro, o núcleo é de vidro

assim como o revestimento e eles cooperam para a transmissão de sinais ópticos. Geralmente, o revestimento externo, ou camada amortecedora primária 58, é posicionado para envolver o elemento de fibra de vidro 52. O revestimento pode ser um acrilato, poli-imida ou silicone. Por exemplo, um acrilato disponível da Corning de Corning, Nova Iorque, pode ser adequado. Outros revestimentos possíveis incluem o revestimento de silicone da Corning, ou um material de revestimento de acrilato disponível da Fiberlogix de Warren, Nova Jersey; Verillon de North Grafton, Massachusetts; J-Fiber de Juna, Alemanha; e Nufern de East Granby, Connecticut pode ser utilizado. Além dos acrilatos e outros materiais referidos anteriormente, pode ser utilizado um revestimento de poli-imida que está disponível na OFS de Norcross, Geórgia; Polymicro Technologies de Phoenix, Arizona; Nufern; e Verillon. Adicionalmente, alguns revestimentos cerâmicos ou de vidro híbrido também podem ser adequados para implementar a camada de revestimento 66 da presente invenção. O revestimento pode ter uma espessura de cerca de 62,5 µm, por exemplo. Várias fibras revestidas estão comercialmente disponíveis, como referido a seguir, e a invenção não está limitada a uma fibra particular ou fibra revestida. Algumas fibras adequadas para a invenção incluem:

<b><u>Tipos de Fibra</u></b>	<b><u>Camada primária de amortecimento/revestimento usada</u></b>	<b><u>Fornecedores</u></b>
Multimodo	Acrilato	Corning, Hickory, NC
Monomodo	Acrilato	Corning, Hickory, NC

<u>Tipos de Fibra</u>	<u>Camada primária de amortecimento/revestimento usada</u>	<u>Fornecedores</u>
Multimodo	Poli-imida	OFS, Norcross, GA; Verillon, North Grafton, MA; Nufern, East Granby, CT; Fiberlogix, Warren, NJ
Monomodo	Poli-imida	OFS, Norcross, GA; Verillon, North Grafton, MA; Nufern, East Granby, CT; Fiberlogix, Warren, NJ
Multimodo	Alta temperatura Acrilato-HTA	Fiberlogix, Warren, NJ; Verillon, North Grafton, MA; J-Fiber, Juna, Alemanha; Nufern, East Granby, CT
Índice	Polietileno reticulado	Mitsubishi Rayon Co. LTD de Tóquio, Japão
Índice	Polímero fluorado	Asahi Kasei, Tóquio, Japão
Índice classificado	Polímero fluorado	Asahi Kasei, Tóquio, Japão

**[00027]** Em algumas modalidades da invenção, uma camada de amortecimento secundária ou camada de revestimento interna 62 é

formada e posicionada sobre a camada amortecedora ou de revestimento primária e sob um elemento de resistência 68 e revestimento externo 70, como aqui descrito. A nomenclatura para uma camada 62 como esta pode variar e, enquanto a camada 62 para um elemento de fibra de vidro pode ser referida como um “amortecimento secundário”, para um elemento POF, a camada 62 é, por vezes, também referida como uma camada de “revestimento interno”. Para consistência aqui, a camada 62 será referida como uma camada de revestimento interna, embora possa servir para o propósito de ser um amortecimento secundário em alguns projetos de cabo. Os nomes das designações reais das camadas não devem ser limitantes da invenção.

**[00028]** A camada de revestimento interna 62 é formada para sobrepor a camada primária ou primeira camada de amortecimento/revestimento 58 e para agir em conjunto com essa camada de amortecimento primária 58 para amortecer ou proteger o elemento de fibra óptica 52. De acordo com uma modalidade da invenção, a camada de revestimento interna pode ser uma camada de material contínuo, posicionada sobre a camada de amortecimento primária. A camada de revestimento interna 62 pode ter uma espessura no intervalo de 0,001 a 0,020 polegada, por exemplo.

**[00029]** De acordo com um aspecto da invenção, o cabo de fibra óptica 50 incorpora uma camada do elemento de resistência 68 dentro da construção que é capaz de fornecer não apenas resistência e proteção a cabo, mas também de assegurar que ele seja adequado para ambientes aeroespaciais e outros ambientes adversos e também seja capaz de passar nos testes de inflamabilidade desejáveis. Desta maneira, em uma modalidade, a camada de elementos de resistência inclui elementos de fibra compostos por pelo menos 25% de material de fibra a alta temperatura. Os elementos de fibra restantes da camada do elemento de resistência podem incorporar outras fibras ou filamentos de diferentes materiais que podem fornecer outras características desejáveis, tais como características de resistência, por exemplo, os elementos podem ser

escolhidos pela capacidade de reduzir o estiramento e deformação do cabo, pela resistência ao impacto, pela resistência longitudinal ou à tração, pela maior flexibilidade, maior vida útil flexível, raio de curvatura mais apertado e redução de custo. A construção diferenciada do cabo da invenção proporciona um cabo de fibra óptica aprimorado, projetado para suportar ambientes de chamas severos e, particularmente, capaz de suportar o teste de inflamabilidade FAA, como discutido aqui. Para esse fim, a construção diferenciada impede que o cabo de fibra óptica seja cortado durante os trinta segundos da aplicação da chama para o teste de inflamabilidade FAA e também faz com que o material do núcleo seja autoextinguido dentro do limite de tempo e evita que uma parte do cabo pingue fora do cabo na forma de gotículas flamejantes. Além disso, a construção mantém a distância queimada ao longo do cabo abaixo do limite máximo de três polegadas.

**[00030]** A presente invenção fornece a capacidade de utilizar um cabo de fibra óptica com um núcleo de plástico ou polímero, referido como cabo POF, ou uma fibra óptica de vidro com material de camada tampão inflamável semelhante, dentro do ambiente hostil encontrado nas aplicações aeroespaciais. Um cabo de fibra óptica também pode ser usado em outras aplicações, mas proporciona vantagens significativas no ambiente hostil das aplicações aeroespaciais e dos requisitos de inflamabilidade.

**[00031]** Para os propósitos da descrição da invenção, o termo “alta temperatura” se refere aos materiais de fibra/filamento do elemento de resistência que têm um ponto de amolecimento ou outra temperatura nominal de operação que exceda 950°C. Preferivelmente, de acordo com uma característica da invenção, tal ponto de amolecimento ou temperatura nominal de operação excede 985°C. O ponto de amolecimento pode ser determinado pelo teste padrão e pelo método associado ao ponto de amolecimento do vidro, conforme estabelecido na norma ASTM C338-93 (2003). Para alguns outros materiais de alta temperatura adequados para

uso na invenção, tais como vidro de quartzo e fibras cerâmicas que não têm um ponto de amolecimento per se, a temperatura nominal de operação pode ser a temperatura na qual o material mantém sua integridade. Com referência às Figuras, a camada do elemento de resistência 68 é composta por centenas de filamentos individuais do material de alta temperatura desejável tendo um diâmetro de filamento em um intervalo de 5 µm a 21 µm. Os múltiplos filamentos são reunidos para formar um “fio”, com cada fio considerado uma “extremidade” na construção da camada de resistência. A camada do elemento de resistência 68 pode ser formada de várias maneiras para envolver o elemento de fibra 52 e outras camadas (por exemplo, 58, 62). Em uma modalidade, a camada 68 é formada pelos fios de fibras/filamentos sendo puxados em paralelo ao eixo do cabo para circunferencialmente circundar o elemento de fibra óptica 52 e outras camadas abaixo, tais como uma camada de amortecimento primária 58 e uma camada de revestimento interna 62. Em outra modalidade, a camada de elemento de resistência 68 também pode ser formada por fios que são servidos ou trançados, como ilustrado nos desenhos, para formar a camada do elemento de resistência 68 que rodeia circunferencialmente o elemento de fibra óptica 52 e outras camadas. Aqui, o termo “fibra” ou “filamento”, como relacionado à camada do elemento de resistência 68, é utilizado para se referir ao material de fibra e elementos de filamento individuais que compõem a camada do elemento de resistência de fibra de alta temperatura 68 (em oposição a uma fibra óptica). Tais termos não são, de nenhuma maneira, limitantes com relação à invenção.

**[00032]** A camada do elemento de resistência 68 coopera com uma camada de revestimento externa 70 posicionada sobre a camada de resistência 68 para fornecer resistência à inflamabilidade e para fazer construções de cabo de fibra óptica existentes, tais como as que utilizam os núcleos de plástico ou polímero (POF), capazes de passar nos testes de inflamabilidade desejáveis e, particularmente, em um teste de inflamabilidade FAA.

**[00033]** De acordo com um aspecto da invenção, enquanto a camada do elemento de resistência, incluindo uma camada de elementos de fibra composta por pelo menos 25% de material de fibra de alta temperatura, pode ser trançada ou puxada em paralelo, uma construção trançada pode ser preferida porque envolve consistentemente o núcleo de fibra óptica com um elemento de resistência, mesmo quando o cabo está torto.

**[00034]** De acordo com uma modalidade da invenção, o material de fibra de alta temperatura utilizado para a camada do elemento de resistência 68 inclui fibras de vidro S que têm um ponto de amolecimento de cerca de 1.056°C. Um material de fibra de vidro S adequado é Vidro G75 S-2 disponível da AGY de Aiken, Carolina do Sul.

**[00035]** De acordo com outra modalidade da invenção, o material de fibra de alta temperatura utilizado na camada do elemento de resistência 68 da invenção pode incorporar uma fibra de vidro de quartzo ou fibra de quartzo/sílica com uma temperatura nominal de funcionamento na qual mantém a sua integridade que é na faixa de 1.050°C a 1.250°C. Um material de fibra de vidro de quartzo adequado é o Quartzel disponível da St Gobain de Malvern, Pensilvânia.

**[00036]** De acordo ainda com outra modalidade da invenção, o material de fibra de alta temperatura utilizado na camada do elemento de resistência 68 da invenção pode incorporar fibra cerâmica com uma temperatura de operação nominal acima de 1.000°C. Um material de fibra cerâmica adequado é Hiltex ALF 80/20 disponível da Hiltex de West Knollendam, Holanda.

**[00037]** De acordo com outra modalidade da invenção, o material de fibra de alta temperatura utilizado na camada do elemento de resistência 68 da invenção pode incorporar fibra de vidro R com um ponto de amolecimento de cerca de 952°C.

**[00038]** Embora possa ser desejável utilizar uma camada do elemento

de resistência 68 que é construída utilizando 100% de material de fibra de alta temperatura usando alguns dos materiais aqui descritos para os propósitos da invenção, outro material de fibra pode ser usado em uma mistura na camada do elemento de resistência para fornecer outras propriedades ao cabo, tais como propriedades de alta resistência, propriedades de durabilidade química, propriedades de baixa condutividade elétrica, propriedades de rigidez ou outras propriedades desejáveis, além da resistência a alta temperatura fornecida pela camada do elemento de resistência. Como tal, para uma camada do elemento de resistência que tem uma construção com elementos de fibra compostos por pelo menos 25% de material de fibra de alta temperatura, a porcentagem restante para a camada do elemento de resistência pode ser constituída por outros elementos de fibra de alta resistência, como aqui referido.

**[00039]** Por exemplo, além dos elementos de fibra de vidro E tradicionais combinados com o material de fibra de alta temperatura da invenção, pode ser utilizado vidro E isento de boro, bem como vidro D. Os materiais adicionais podem incorporar uma fibra de meta-aramida, como Nomex, disponível na DuPont ou uma fibra de para-aramida, como Kevlar, também disponível na DuPont. Desta maneira, a camada do elemento de resistência da invenção pode utilizar uma construção híbrida, desde que pelo menos 25% dos elementos de fibra sejam material de fibra de alta temperatura, como aqui divulgado. Ou seja, a camada do elemento de resistência 68 pode ser formada de fibras tecidas que incluem tanto fibras de alta temperatura como reveladas que são tecidas com outras fibras. Por exemplo, as fibras de aramida, como a Kevlar, podem ser tecidas com fibras de quartzo de vidro adequadas.

**[00040]** Para formar o elemento de resistência, por exemplo, 10 a 14 extremidades de fio de vidro podem ser tecidas juntamente com 2 a 6 extremidades de fio de aramida para um total combinado de 16 extremidades de fio na trança tecida. Em algumas modalidades

particulares da invenção, tal como aqui discutido, 4 extremidades de fio de aramida e 12 extremidades de fio de vidro de quartzo são tecidas em uma trança tecida com 16 fios finais, de acordo com as técnicas conhecidas. Um ângulo de tecelagem adequado pode ser de 8 a 9 pontos por polegada e pode ser utilizado um equipamento de trançado adequado.

**[00041]** A densidade do material de fibra de alta temperatura usado na camada do elemento de resistência pode ser ajustada acima de 25%, dependendo da seleção de certos outros elementos da camada, tais como a camada de revestimento externa, a camada de revestimento interna e/ou a composição do núcleo do elemento de fibra óptica e da camada de revestimento, como aqui divulgado.

**[00042]** De acordo com um aspecto da invenção, a camada do elemento de resistência de material de fibra de alta temperatura pode ser construída para ter uma espessura na faixa de aproximadamente 0,001 polegada a 0,030 polegada. A construção e a espessura da camada de material de fibra de alta temperatura dependerão da construção geral do cabo, bem como das espessuras de outras camadas utilizadas no material nele selecionado.

**[00043]** De acordo com outro aspecto da invenção, uma camada de revestimento externo 70, feita de materiais altamente resistentes à chama opera em conjunto com a camada do elemento de resistência de fibra de alta temperatura 68 para proporcionar as desejáveis propriedades de inflamabilidade e a capacidade de passar no teste de inflamabilidade de FAA. De acordo com a invenção, a camada de revestimento externa incorpora materiais altamente resistentes a chama, tendo um Índice de Oxigênio Limitante (LOI) que é igual ou superior a 30. Em uma modalidade da invenção, a LOI é igual ou superior a 90, tal como com o uso de vários fluorpolímeros. A camada externa de revestimento de materiais altamente resistentes a chamas com uma LOI na faixa de LOI observada é posicionada sobre a camada do elemento de resistência. Em

uma modalidade da invenção, a camada 70 é formada por um material altamente resistente à chama, selecionado do seguinte grupo de materiais da Lista 1:

**Lista 1: Materiais de revestimento resistentes à chama com um LOI  $\geq$  30:**

Fluorpolímero (por exemplo, Etileno tetrafluoretileno (ETFE), Etileno propileno fluorado (FEP), Politetrafluoretileno (PTFE)

Etileno clorotrifluoretileno (ECTFE))

Perfluoralcóxi alcano (PFA)

Poliariletercetona (PAEB)

Tereftalato de polibutileno (PBT)

Poliéter éter cetona (PEEK)

Fluoreto de polivinilideno (PVDF)

Poli-imida (PI)

Silicone

**[00044]** O revestimento externo é apropriadamente formado no cabo 50, tal como sendo extrudado do mesmo. A camada de revestimento externa pode ser formada com uma espessura na faixa de aproximadamente 0,004 polegada a 0,025 polegada. De acordo com uma característica da invenção, a camada do elemento de resistência a alta temperatura 68, incluindo o material de fibra de alta temperatura, evita que o material do núcleo do elemento de fibra óptica de vaze e cause gotículas flamejantes e/ou faça com que a chama no cabo não se extinga dentro do limite de tempo do teste de inflamabilidade da FAA. De acordo com uma outra característica da invenção, a camada do elemento de

resistência a alta temperatura 68 também evita que a área queimada do cabo exceda o requisito máximo de três polegadas.

**[00045]** Como referido, o revestimento externo 70 é formada por um material altamente resistente à chama com um LOI superior ou igual a 30. Um material de fluorpolímero pode ser utilizado para formar a camada de revestimento externa 70, por exemplo (ver Lista 1). Os processos convencionais de extrusão termoplástica podem ser utilizados para aplicar o revestimento externo. Além disso, os processos de revestimento também podem ser utilizados para formar o revestimento externo 70. Além da extrusão e do revestimento, fitas enroladas podem ser utilizadas para formar o revestimento externo. As fitas enroladas, como as fitas de políimida e de PTFE, podem ser enroladas e depois sinterizadas, de acordo com as especificações de revestimento apropriadas. Em uma modalidade particular da invenção, o revestimento externo é formado por uma única camada de material de PFA extrudado, tal como PFA disponível da marca Neoflon™ da Daikin America, Inc. de Orangeburg, Nova Iorque ou da marca registada Teflon® PFA da DuPont. Como notado, o revestimento externo pode ter uma espessura, por exemplo, na faixa de 0,004 polegada a 0,025 polegada.

**[00046]** A camada de revestimento externa formada por um material altamente resistente à chama trabalha em conjunto e em combinação com o elemento de resistência para manter o cabo em conjunto e extinguir qualquer chama após um período de exposição de trinta segundos. A combinação da implementação de uma camada do elemento de resistência que inclui uma camada de elementos de fibra composta por pelo menos 25% de material de fibra de alta temperatura, em conjunto com a camada de revestimento externa resistente à chama, permite que as múltiplas camadas cooperem exclusivamente em um cabo de fibra óptica. Com um cabo de fibra óptica POF, assim como um cabo de fibra de vidro, a chama não só se extingue para que o cabo possa se auto extinguir dentro do limite de tempo, mas também, as gotículas de fogo são impedidas de vazar

do núcleo do elemento de fibra óptica. Além disso, a construção mantém a distância queimada ao longo do cabo abaixo do limite máximo de três polegadas.

**[00047]** Embora os projetos de cabos existentes possam ser modificados simplesmente aumentando-se a espessura da camada de revestimento externa até que ela fique tão espessa que possa passar pelos requisitos de inflamabilidade, o cabo resultante e o aumento no peso e no diâmetro desse cabo o tornaria inutilizável para aplicações aeroespaciais, onde as limitações de peso e espaço são críticas. Como tal, a invenção fornece uma solução singular para esse problema observado e fornece um cabo de fibra óptica que é útil para aplicações aeroespaciais e pode suportar as condições adversas de tais aplicações, bem como ser capaz de atender aos requisitos de inflamabilidade associados ao Teste de inflamabilidade FAA, ao mesmo tempo em que ainda tem tamanho e peso que são práticos para uso aeroespacial.

**[00048]** De acordo com outro aspecto da invenção, uma camada de revestimento interna 58 pode ser utilizada e posicionada sobre qualquer camada de amortecimento primária e sobre ou sob a camada do elemento de resistência. Como ilustrado nas Figuras 1 e 2, a camada interna da camisa 62 é mostrada. No entanto, a invenção não está limitada a ter uma camada de revestimento interna. Com referência às Figuras 3 e 4, é mostrada a construção do cabo inventivo 50, em que a camada de revestimento interna 62 não é utilizada.

**[00049]** A construção singular do cabo de fibra óptica atual permite que a camada de revestimento interna 62 ou quaisquer outras camadas abaixo da camada do elemento de resistência e o revestimento externo sejam formadas por uma variedade de materiais diferentes, embora ainda cumpram os requisitos de inflamabilidade tal como aqui mencionado. De acordo com um aspecto da invenção, a camada de revestimento interna pode ser formada por um material altamente resistente à chama,

semelhante à camada de revestimento externa, tal como os materiais indicados na Lista 1 anterior. Como tal, a camada de revestimento interna funcionaria em cooperação tanto com a camada de revestimento externa 70 quanto com a camada do elemento de resistência 68, de acordo com a invenção, para prover as características de inflamabilidade melhoradas que são desejadas. O revestimento interno pode ser aplicado de várias maneiras, tal como sendo extrudado sobre o elemento de fibra óptica 52, por exemplo.

**[00050]** De acordo com outro aspecto da invenção, a construção singular da invenção permite que um cabo de fibra óptica seja formado com um núcleo ou camada de revestimento interna ou alguma outra camada usando inúmeros elementos que não são altamente resistentes à chama, como os elementos definidos como adequados para a camada de revestimento externa e apresentados na Lista 1. Por exemplo, a camada de revestimento interna pode ser formada por materiais que podem ter algumas qualidades de retardamento de chama, mas ainda têm uma classificação de LOI abaixo de 30. Para esse fim, os materiais apresentados a seguir na Lista 2 podem ser utilizados para formar a camada de revestimento interna 62 ou alguma outra camada interna ou componente da construção do cabo. Quando usada em combinação com a combinação da invenção da camada do elemento de resistência e da camada de revestimento externa reveladas aqui apresentadas, a construção de cabo ainda forneceria as características de inflamabilidade desejadas, bem como outras características desejáveis para um cabo de fibra óptica aeroespacial. Ou seja, a presente invenção, utilizando uma camada do elemento de resistência de pelo menos 25% de material de fibra de alta temperatura em combinação com uma camada de revestimento externa de um material altamente resistente à chama, ainda forneceria as propriedades e características desejadas aqui indicadas, mesmo quando o projeto do cabo tiver uma ou mais camadas internas ou camadas de revestimento internas usando materiais que podem ser inflamáveis.

**Lista 2:** Lista de outros potenciais materiais de revestimento/camada com um LOI >30:

Copoliéster termoplástico retardante de chamas (FR-TPC)

Elastômero de poliéster termoplástico retardante de chamas (FR-PCT-ET) (Hytrel®)

Policloreto de vinila reticulado (XLPVC)

Polietileno reticulado (XL-PE)

Poliamida retardante de chamas (FR-PA)

Polivinilcloreto retardante de chamas (FR-PVC)

Polietileno retardante de chamas (FR-PE)

Polipropileno retardante de chamas (FR-PP)

Poliuretano retardante de chamas (FR-PU)

Elastômero termoplástico retardante de chamas (FR-TPE)

Borracha termoplástica retardante de chamas (FR-TPR)

Copoliéster termoplástico (TPC)

Elastômero de poliéster termoplástico (PCT-ET) (Hytrel®)

Poliuretano (PU)

Polipropileno (PP)

Polietileno (PE)

Policloreto de vinila (PVC)

Elastômero termoplástico (TPE)

Borracha termoplástica (TPR)

Polimetil metacrilato (PMMA)

Poliamida (PA)

**[00051]** Vários exemplos diferentes de cabos construídos de acordo com os aspectos da invenção podem ter aplicabilidade como cabos de fibra óptica para uso em uma variedade de aplicações diferentes, incluindo aplicações aeroespaciais.

Exemplo 1

Núcleo/Revestimento: PMMA/Fluorpolímero

Amortecimento primário: poliolefina reticulada

Camada de revestimento interna: 0,006 polegadas de espessura da parede de FEP

Camada do elemento de resistência: Camada trançada com 4 extremidades de fibra de aramida (aproximadamente 25% do elemento de resistência) e 12 extremidades de vidro de quartzo

Camada de revestimento externa: 0,008 polegadas de espessura da parede de FEP

Exemplo 2

Núcleo/Revestimento: PMMA/Fluorpolímero

Amortecimento primário: poliolefina reticulada

Camada de revestimento interna: parede de 0,006 polegadas de espessura de qualquer material na Lista 1:

Camada do elemento de revestimento: Camada trançada com 4 extremidades de fibra de aramida (aproximadamente 25% do elemento de resistência) e 12 extremidades de vidro de quartzo

Camada de revestimento externa: 0,008 polegadas de espessura da parede espessa de qualquer material da Lista 1.

Exemplo 3

Exemplo de invenção usando materiais de revestimento interno da Lista 2 e revestimento externo da Lista 1

Núcleo/Revestimento: PMMA/Fluorpolímero

Amortecimento primário: poliolefina reticulada

Camada de revestimento interna: parede de espessura de 0,006 polegadas de Hytrel® (PCT-ET)

Camada do elemento de resistência: Camada trançada com 8 extremidades de fibra de aramida (aproximadamente 50% do elemento de resistência) e 8 extremidades de vidro de quartzo

Camada de revestimento externa: 0,008 polegadas de espessura da parede espessa de qualquer material da Lista 1

Exemplo 4

Exemplo de invenção usando um revestimento interno da Lista 2 e revestimento externo da Lista 1

Núcleo/Revestimento: PMMA/Fluorpolímero

Amortecimento primário: poliolefina reticulada

Camada de revestimento interna: parede de 0,006 polegadas de espessura de qualquer material da Lista 2 ou Lista 3

Camada do elemento de resistência: Camada trançada com 4 extremidades de fibra de aramida (aproximadamente 25% do elemento de resistência) e 12 extremidades de vidro de quartzo

Camada de revestimento externa: 0,008 polegadas de espessura da parede

FEP ou qualquer material da Lista 1

Exemplo 5

Núcleo/revestimento de fibra óptica de vidro: vidro multimodo 62,5/125

Amortecimento primário: Acrilato (diâmetro de 250 um)

Camada de amortecimento secundário/revestimento interno: Hytrel® ou material da Lista 2

Camada do elemento de resistência: Camada trançada com 4 extremidades de fibra de aramida (aproximadamente 25% do elemento de resistência) e 12 extremidades de vidro de quartzo

Camada de revestimento externa: 0,008 polegadas de espessura da parede FEP ou qualquer material da Lista 1

**[00052]** Embora a presente invenção tenha sido ilustrada pela descrição das suas modalidades e embora as modalidades tenham sido descritas em detalhe considerável, não é intenção da Requerente restringir ou de qualquer forma limitar o escopo das Reivindicações anexas a esse detalhe. As vantagens e modificações adicionais ficarão prontamente evidentes para os versados na técnica. Por conseguinte, a invenção nos seus aspectos mais gerais não se limita aos detalhes específicos do aparelho e método representativos e dos exemplos ilustrativos mostrados e descritos. Consequentemente, podem ser feitos desvios de tais detalhes sem sair do espírito ou escopo do conceito inventivo geral da Requerente.

## REIVINDICAÇÕES

### 1. Cabo de Fibra Óptica, (50), compreendendo:

pelo menos um elemento de fibra óptica (52) incluindo um núcleo (54) de polímero e uma camada de revestimento (56) no núcleo (54);

uma camada amortecedora primária posicionada sobre pelo menos um elemento de fibra óptica (52);

uma camada de revestimento interna (62) posicionada sobre a camada amortecedora primária, sendo a camada de revestimento interna (62) formada por um material altamente resistente ao fogo;

**caracterizado** pelo fato de que possui uma camada de elemento de resistência (68) posicionada sobre a camada de revestimento interna (62), a camada de elemento de resistência (68) incluindo fios de material de fibra posicionados juntos no cabo (50) para circundar circunferencialmente a camada de revestimento interna (62), a camada de amortecimento primária (58) e pelo menos um elemento de fibra óptica (52) e formar a camada de elemento de resistência (68), os fios da camada de elemento de resistência (68) incluindo material de fibra de alta temperatura tendo pelo menos um de ponto de amolecimento excedendo 950 °C ou temperatura nominal superior a 950 °C, a camada de elemento de resistência (68) composta por pelo menos 25% de material de fibra de alta temperatura em relação à camada de elemento de resistência (68) geral e o restante sendo outro material de fibra de alta resistência incluindo elementos de fibra de aramida;

uma camada de revestimento externa (70) posicionada sobre a camada de elemento de resistência (68), a camada de revestimento externa (70) sendo formada por um material altamente resistente a chamas.

**2. Cabo de Fibra Óptica, (50), de acordo com a Reivindicação 1, caracterizado** pelo fato de que o material altamente resistente à chama

tem um Índice de Oxigênio Limitante (LOI) igual ou superior a 30.

**3. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o material de fibra de alta temperatura da camada de resistência inclui fibras de pelo menos uma das fibras de vidro S, fibras de vidro R, fibras cerâmicas e fibras de sílica de quartzo.

**4. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o material altamente resistente à chama da camada de revestimento externa (70) inclui pelo menos um de: etileno tetrafluoretileno ETFE, etileno propileno fluorado FEP, perfluoralcoxi alcano PFA, politetrafluoretileno PTFE, etileno clorotrifluoretileno (ECTFE), policarileterona (PAEB), polibutileno tereftalato (PBT), polieter éter-cetona (PEEK), polivinilideno-fluoreto (PVDF), poli-imida (PI) ou silicone.

**5. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o núcleo (54) de polímero é formado por um material de Polimetilmetacrilato (PMMA) ou um polímero fluorado.

**6. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a camada do elemento de resistência (68) tem uma espessura na faixa de 0,00254 a 0,0762 centímetros (de 0,001 a 0,030 polegada).

**7. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a camada de revestimento externa (70) tem uma espessura na faixa de 0,01016 a 0,0635 centímetros (de 0,004 a 0,025 polegada).

**8. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que camada de revestimento interna (62) é formada de um material de pelo menos um dos: copoliéster termoplástico retardante de chamas (FR-TPC), elastômero de poliéster termoplástico retardante de chamas (FR-PCT-ET), policloreto de vinila reticulado (XLPVC), polietileno reticulado (XL-PE), poliamida retardante de chama

(FR-PA), policloreto de vinila retardante de chamas (FR-PVC), polietileno retardante de chamas (FR-PE), polipropileno retardante de chamas (FR-PP), poliuretano retardante de chamas (FR-PU), elastômero termoplástico retardante de chamas (FR-TPE), borracha termoplástica retardante de chamas (FR-TPR), copoliéster termoplástico (TPC), elastômero de poliéster termoplástico (PCT-ET), poliuretano (PU), polipropileno (PP), polietileno (PE), Policloreto de vinila (PVC), elastômero termoplástico (TPE), borracha termoplástica (TPR), poli metilmetacrilato (PMMA), poliamida (PA).

**9. Cabo de Fibra Óptica**, (50), compreendendo:

pelo menos um elemento de fibra óptica (52) incluindo um núcleo (54) de polímero e uma camada de revestimento (56) no núcleo (54);

uma camada de amortecimento primária (58) posicionada sobre pelo menos um elemento de fibra óptica (52);

**caracterizado** pelo fato de que possui uma camada de elemento de resistência (68) posicionada sobre a camada de amortecimento primária (58), a camada de elemento de resistência (68) incluindo fios de material de fibra posicionados juntos no cabo (50) para circundar circunferencialmente pelo menos um elemento de fibra óptica (52) e a camada de amortecimento primária (58) e formar a camada de elemento de resistência (68), os fios da camada de elemento de resistência (68) incluindo material de fibra de alta temperatura tendo pelo menos um de um ponto de amolecimento excedendo 950 °C ou temperatura nominal superior a 950 °C, a camada de elemento de resistência (68) composta por pelo menos 25% de material de fibra de alta temperatura em relação à camada de elemento de resistência (68) geral e o restante sendo outro material de fibra de alta resistência incluindo elementos de fibra de aramida;

uma camada de revestimento externa (70) posicionada sobre a camada do elemento de resistência (68), a camada de revestimento externa

(70) sendo formada por um material altamente resistente a chamas, tendo um Índice de Oxigênio Limitante (LOI) igual ou superior a 30.

**10. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que compreende ainda uma camada de revestimento interna (62) posicionada sobre a camada de amortecimento primária (58) e sob a camada de elemento de resistência (68).

**11. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o material de fibra de alta temperatura da camada do elemento de resistência (68) inclui fibras de pelo menos uma das: fibras de vidro S, fibras de vidro R, fibras cerâmicas e fibras de sílica de quartzo.

**12. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o material altamente resistente à chama da camada de revestimento externa (70) inclui pelo menos um de: etileno tetrafluoretileno ETFE, etileno propileno fluorado FEP, perfluoralcôxi alcano PFA, politetrafluoretileno PTFE, etileno clorotrifluoretileno (ECTFE), policarileterona (PAEB), polibutileno tereftalato (PBT), polieter éter-cetona (PEEK), polivinilideno-fluoreto (PVDF), poli-imida (PI) ou silicone.

**13. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o núcleo (54) de polímero é formado por um material de Polimetilmetacrilato (PMMA) ou um polímero fluorado.

**14. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que camada de revestimento interna (62) é formada de um material de pelo menos um dos: copoliéster termoplástico retardante de chamas (FR-TPC), elastômero de poliéster termoplástico retardante de chamas (FR-PCT-ET), policloreto de vinila reticulado (XLPVC), polietileno reticulado (XL-PE), poliamida retardante de chama (FR-PA), policloreto de vinila retardante de chamas (FR-PVC), polietileno retardante de chamas (FR-PE), polipropileno retardante de chamas (FR-

PP), poliuretano retardante de chamas (FR-PU), elastômero termoplástico retardante de chamas (FR-TPE), borracha termoplástica retardante de chamas (FR-TPR), copoliéster termoplástico (TPC), elastômero de poliéster termoplástico (PCT-ET), poliuretano (PU), polipropileno (PP), polietileno (PE), Policloreto de vinila (PVC), elastômero termoplástico (TPE), borracha termoplástica (TPR), poli metilmetacrilato (PMMA), poliamida (PA).

**15. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que os elementos de fibra de alta resistência incluem elementos de material de fibra de aramida.

**16. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que os elementos de fibra de alta resistência incluindo elementos de fibra de aramida incluem pelo menos um de material de fibra de meta-aramida ou material de fibra de para-aramida.

**17. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que os fios da camada do elemento de resistência (68) são um dos servidos ou trançados juntos em uma camada de elemento de resistência (68).

**18. Cabo de Fibra Óptica**, (50), de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a camada de elemento de resistência (68) é composta por 50% de um material de fibra de alta temperatura.

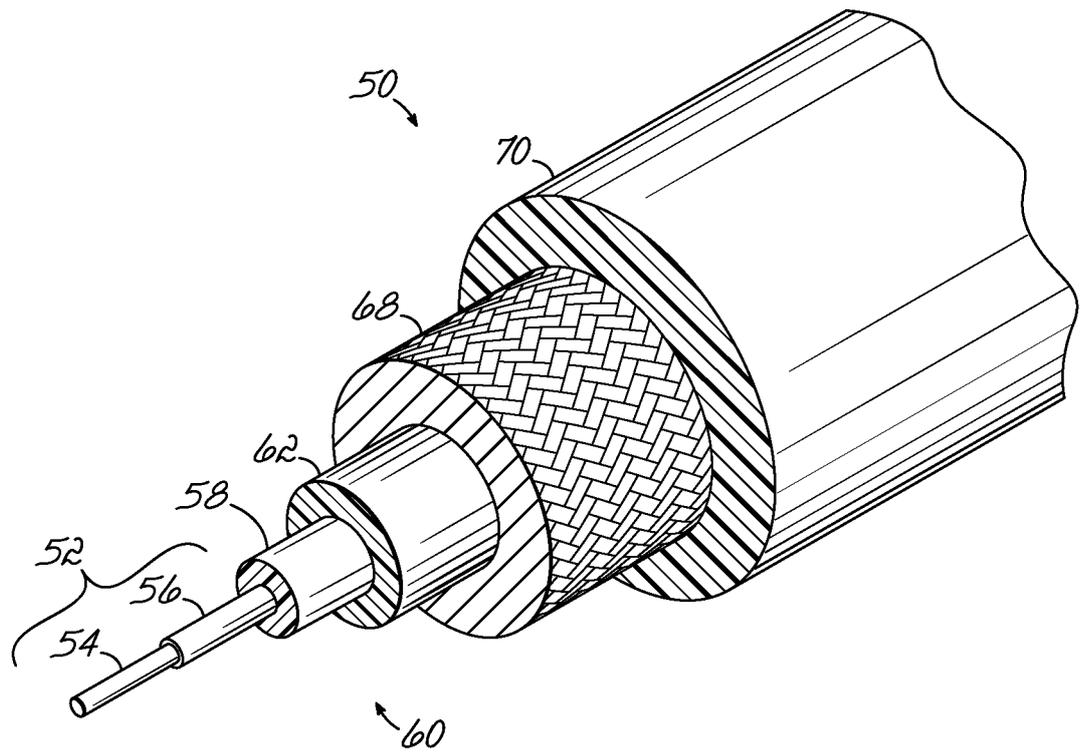


FIG. 1

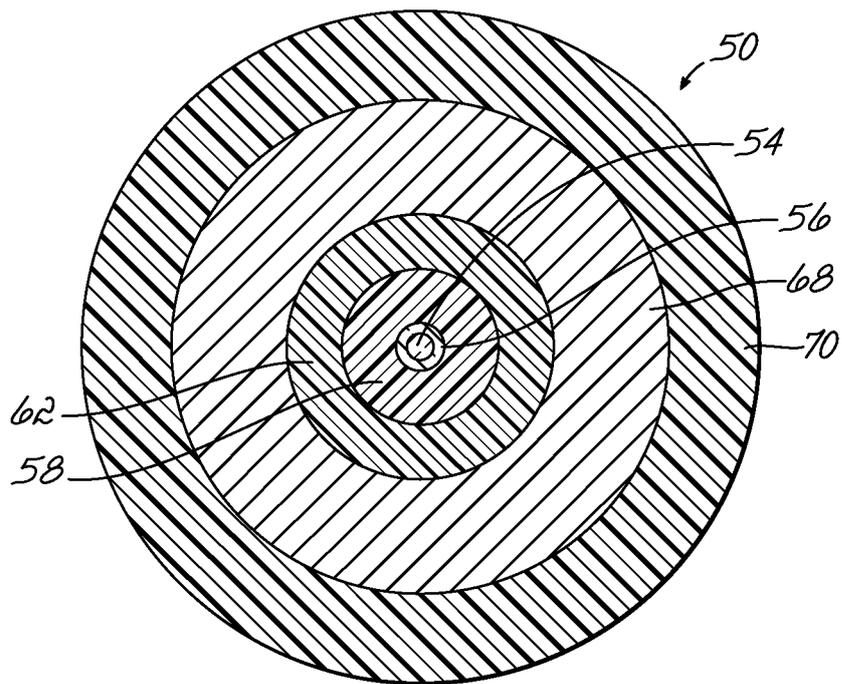


FIG. 2

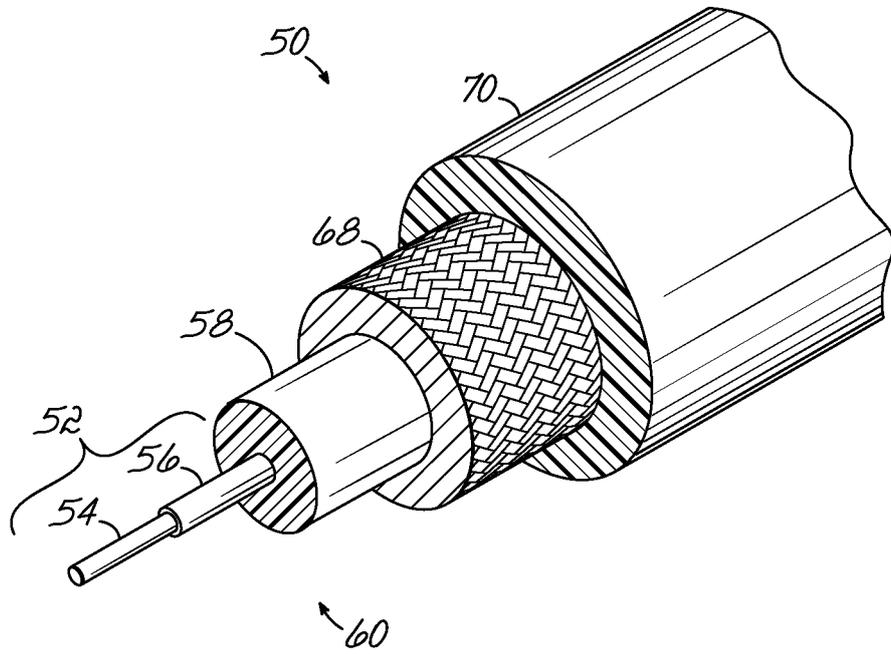


FIG. 3

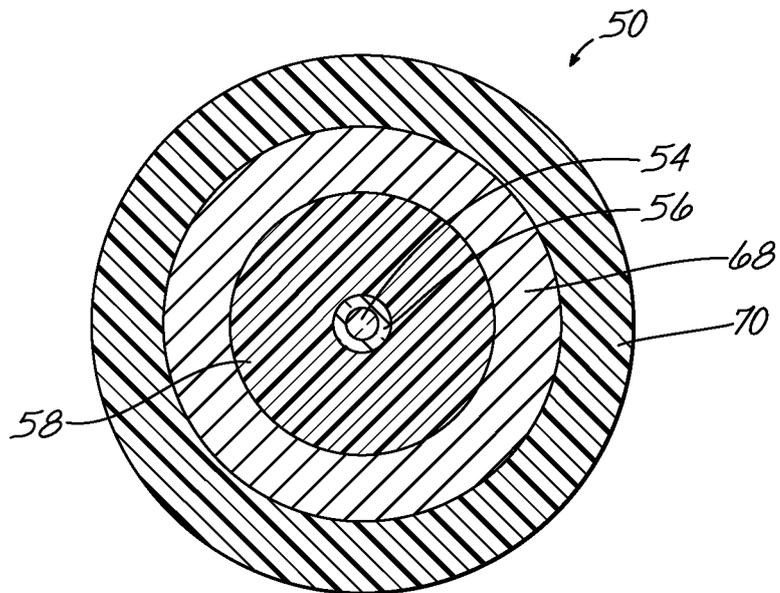


FIG. 4