

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2009.05.25	(73) Titular(es): SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD. 5-33 KITAHAMA 4-CHOME CHUO-KU OSAKA- SHI OSAKA 541-0041 JP
(30) Prioridade(s): 2008.06.02 JP 2008144903 2009.02.02 JP 2009021442	
(43) Data de publicação do pedido: 2011.02.16	(72) Inventor(es): TAKEMI HASEGAWA TETSUYA HAYASHI HARUO NAKAJI JP JP JP
(45) Data e BPI da concessão: 2015.11.11 008/2016	(74) Mandatário: LUÍS MANUEL DE ALMADA DA SILVA CARVALHO RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **DISPOSITIVO DE MONITORIZAÇÃO DE TRAJECTÓRIA DE FEIXE, E SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE TRAJECTÓRIA DE FEIXE**

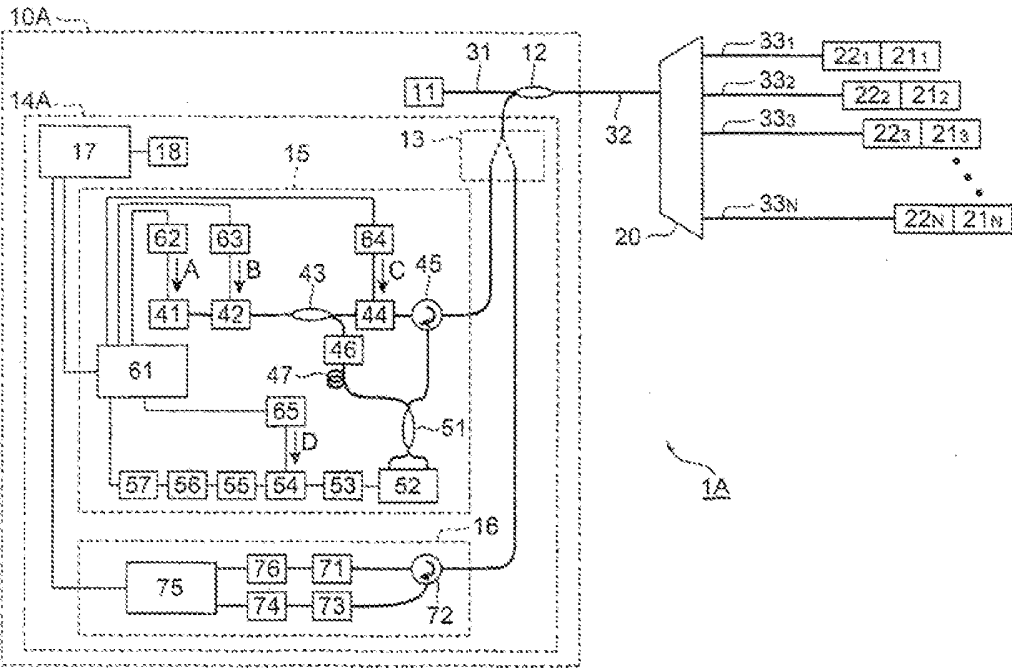
(57) Resumo:

SÃO PROPORCIONADOS UM APARELHO DE MONITORIZAÇÃO DE LINHA ÓPTICA E SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE LINHA ÓPTICA COM OS QUAIS SE PODE MEDIR UMA DISTRIBUIÇÃO DO FACTOR DE REFLEXÃO NUMA LINHA ÓPTICA COM UMA RESOLUÇÃO ESPACIAL ELEVADA NUM CURTO PERÍODO DE TEMPO. UM APARELHO DE MONITORIZAÇÃO DE LINHA ÓPTICA 14A PROPORCIONADO NUMA ESTAÇÃO 10A COMPREENDE UMA SECÇÃO DE MEDIÇÃO DE OCDR 15 PARA LEVAR A CABO A MEDIÇÃO DE OCDR, UMA SECÇÃO DE MEDIÇÃO DE OTDR 16 PARA LEVAR A CABO A MEDIÇÃO DE OTDR, UM COMUTADOR ÓPTICO 13 PARA LIGAR SELECTIVAMENTE UMA DE ENTRE A SECÇÃO DE MEDIÇÃO DE OCDR 15 E DA SECÇÃO DE MEDIÇÃO DE OTDR 16 PARA COM O ACOPLADOR ÓPTICO 12, UMA SECÇÃO DE CONTROLO 17, E UM DISPOSITIVO DE ARMAZENAMENTO 18. A SECÇÃO DE CONTROLO 17 EXECUTA UMA OPERAÇÃO ARITMÉTICA PRÉDETERMINADA DE ACORDO COM UM RESULTADO ADQUIRIDO DE MEDIÇÃO DE OCDR FAZENDO COM QUE A SECÇÃO DE MEDIÇÃO DE OCDR 15 POSSA LEVAR A CABO A MEDIÇÃO DE OCDR E UM RESULTADO ADQUIRIDO DE MEDIÇÃO DE OTDR FAZENDO COM QUE A SECÇÃO DE MEDIÇÃO DE OTDR 16 POSSA LEVAR A CABO A MEDIÇÃO DE OTDR.

RESUMO**"DISPOSITIVO DE MONITORIZAÇÃO DE TRAJECTÓRIA DE FEIXE, E
SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE TRAJECTÓRIA DE FEIXE"**

São proporcionados um aparelho de monitorização de linha óptica e sistema de monitorização de linha óptica com os quais se pode medir uma distribuição do factor de reflexão numa linha óptica com uma resolução espacial elevada num curto período de tempo. Um aparelho de monitorização de linha óptica 14A proporcionado numa estação 10A compreende uma secção de medição de OCDR 15 para levar a cabo a medição de OCDR, uma secção de medição de OTDR 16 para levar a cabo a medição de OTDR, um comutador óptico 13 para ligar selectivamente uma de entre a secção de medição de OCDR 15 e da secção de medição de OTDR 16 para com o acoplador óptico 12, uma secção de controlo 17, e um dispositivo de armazenamento 18. A secção de controlo 17 executa uma operação aritmética pré-determinada de acordo com um resultado adquirido de medição de OCDR fazendo com que a secção de medição de OCDR 15 possa levar a cabo a medição de OCDR e um resultado adquirido de medição de OTDR fazendo com que a secção de medição de OTDR 16 possa levar a cabo a medição de OTDR.

Fig.1



DESCRIÇÃO**"DISPOSITIVO DE MONITORIZAÇÃO DE TRAJECTÓRIA DE FEIXE, E
SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE TRAJECTÓRIA DE FEIXE"****CAMPO TÉCNICO**

A presente invenção diz respeito a um aparelho de monitorização de linha óptica e a um sistema de monitorização de linha óptica que medem uma distribuição do factor de reflexão numa linha óptica, utilizando uma técnica de reflectometria óptica, monitorizando por esse meio a linha óptica.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Nos sistemas de comunicação óptica que levam a cabo comunicações ópticas pela utilização de linhas de fibra óptica, é importante fazer a detecção de falhas, tais como interrupções nas linhas de fibra óptica e acréscimos na perda de transmissão. Em particular, quando ocorre uma falha numa linha de fibra óptica ou terminal de assinante em sistemas de comunicações ópticas de assinante os quais se têm tornado muito difundidos nos anos recentes, para eles, é necessário especificar rapidamente a posição da falha e reparar a falha.

Portanto, os sistemas de comunicação ópticos são proporcionados com aparelhos de monitorização de linha óptica para detectar tais falhas. Os aparelhos de monitorização de linha óptica, os quais utilizam técnicas de reflectometria óptica, determinam uma distribuição do factor de reflexão numa linha óptica, tal como uma linha de fibra óptica de acordo com a luz reflectida (constituída pela luz reflectida de Fresnel e luz de dispersão de Rayleigh) que ocorrem quando a luz do monitor se propaga através da linha óptica, detectando-se assim uma posição de falha na linha óptica. Para tal aparelho de monitorização de linha óptica tem sido requerido que faça a medição da distribuição do factor de reflexão com uma resolução espacial elevada.

A OTDR ("Optical Time Domain Reflectometry" - Reflectometria Óptica no Dominio do Tempo) é conhecida como uma técnica que mede a distribuição do factor de reflexão de acordo com as alterações ao longo do tempo quanto à intensidade da luz reflectida que ocorrem quando a luz pulsada do monitor se propaga através de uma linha óptica. Tem sido conhecida como uma outra técnica de reflectometria óptica, a OCDR ("Optical Coherence Domain Reflectometry" - Reflectometria Óptica no Dominio no Domínio da Coerência/Consistência) (ver a Literatura de Patente 1 e Literatura Sem Serem de Patentes 1 e 2).

A OCDR gera luz de monitor cuja frequência óptica é modulada tal como para se proporcionar uma função de

coerência óptica em forma de dentes de pente, entradas de luz reflectida que ocorre quando a luz do monitor se propaga através de uma linha óptica, entradas de luz de referência tomadas como um ramo de luz do monitor, e mede um factor de reflexão para uma determinada posição da linha óptica, utilizando o facto de que a magnitude de interferência entre a luz reflectida e a luz de referência depende da diferença do tempo de atraso entre as mesmas. Além disso, a OCDR determina uma distribuição de factor de reflexão na linha óptica, durante a mudança de posições para medição do factor de reflexão através da alteração de um período de modulação de frequência óptica na luz do monitor e assim por diante.

A função de coerência óptica é obtida através da normalização de uma função de autocorrelação $\langle V(t) \cdot V^*(t-\tau) \rangle$ de um campo eléctrico $V(t)$ de luz, a qual é uma função que inclui o tempo t como uma variável, com intensidade óptica, ou seja, através da normalização de uma transformada de Fourier de um espectro de potência óptica com a intensidade óptica. Assumindo que a luz que tem um campo eléctrico $V(t)$ é dividida em duas e que a diferença de tempo de atraso entre os dois ramos de luz resultantes é τ , a magnitude de franjas de interferência entre os dois ramos de luz é representada pela parte real da função de coerência óptica. O valor absoluto da função de coerência óptica também é conhecido como o grau de coerência e indica a magnitude de interferência.

A luz de monitor utilizada na OCDR, a qual é aquela cuja frequência óptica é modulada, tem uma função de coerência óptica em forma de dentes de pente. Num exemplo específico, a luz cuja frequência óptica em intervalos de tempo fixos é modulada em f_0 , f_0+f_s , f_0-f_s , f_0+2f_s , f_0-2f_s , f_0+3f_s , f_0-3f_s , ... é empregue por esta ordem como a luz do monitor. Num outro exemplo, é utilizada como a luz de monitor, a luz cuja frequência óptica é modulada numa onda sinusoidal com uma frequência de modulação de f_s . A função de coerência óptica da luz de monitor cuja frequência óptica está assim modulada tem um pico (pico de coerência) em forma semelhante a uma função delta quando $f_s\tau$ é um inteiro. Por conseguinte, estes tipos de luz de monitor têm uma função de coerência em forma de dentes de pente. A posição do pico de coerência varia à medida que f_s se altera.

A função de coerência em forma de dentes de pente tem uma multiplicidade de picos de coerência dispostos para um período de $1/f_s$. É aplicada à luz de monitor uma porta tendo uma largura de tempo mais curta do que o período ($1/f_s$) dos picos de coerência de tal modo que, um dos picos de coerência existente num segmento a ser medido numa linha óptica, por meio do que é cortado um impulso da luz do monitor.

"High-Spatial Resolution Reflectometry by Synthesis of Optical Coherence Function for Measuring Reflectivity Distribution at a Long Distance" por T. Saida

and K. Hotate, IEEE Photonics Technology Letters, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, US, vol. 10, no. 4, 1 April 1998 divulga uma reflectometria de elevada resolução espacial por síntese da função de coerência óptica utilizável para o ensaio de dispositivos ópticos e circuitos nas extremidades distantes das redes de assinante ópticas. O sistema pode medir a distribuição do factor de reflexão a uma longa distância sem degradação do desempenho resultante da flutuação de fase numa fibra óptica de longo comprimento. A distribuição do factor de reflexão para uma distância de 5 km é medida com sucesso com a resolução espacial de 6 cm.

Ainda o documento "Optical Time Domain Reflectometers",
URL:<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/E6000-91017.pdf>, explica que uma OTDR normal, faz um trade-off (troca balanceada) entre a resolução e o ruído. Quanto melhor for a resolução, maior é o ruído. Isso é assim porque qualquer hardware tem uma largura de banda limitada. Se a largura de banda é estreita, você terá menos ruído, mas também uma resolução pobre e um longo tempo de recuperação após uma forte reflexão. Uma ampla largura de banda, no entanto, pode acompanhar o sinal recebido muito mais depressa - mas também o circuito produz mais ruído.

Lista de Citações

Literatura de Patente

Literatura de Patente 1: Pedido de Patente Japonesa colocada com a abertuar N ° 10-148596

Literatura Sem Ser de Patente

Literatura Sem Ser de Patente 1: K. Hotate and Z. He, Journal of Lightwave Technology, vol. 24, pp. 2541-2557 (2006)

Literatura Sem Ser de Patente 2: Z. He and K. Hotate, Journal of Lightwave Technology, vol. 20, pp. 1715-1723 (2002)

Sumário da Invenção

Problema técnico

Para que se atinja uma resolução espacial elevada na OTDR, é necessário que a luz de monitor estreite a sua largura de impulso. Quando a largura de impulso da luz de monitor é estreitada, é necessário que a luz de monitor aumente a sua potência de modo a compensar uma diminuição na relação sinal-ruído (SNR) da medição a qual é causada pelo abaixamento da energia da luz de monitor. Quando a potência da luz de monitor é aumentada, no entanto, existe a possibilidade de fenómenos ópticos não lineares tais como

a dispersão de Brillouin estimulada que ocorre na linha óptica, reduzindo assim os desempenhos de medição e interferindo com os sinais de comunicação. Por esse motivo, a resolução espacial é limitada na OTDR a cerca de vários metros.

Por outro lado, a OCDR pode atingir uma resolução espacial mais elevada do que aquela da OTDR. Por exemplo, a Literatura Sem Ser de Patente 1 divulga que um ponto de reflexão a uma distância de 5 km pode ser medido com uma resolução espacial de 19 cm.

A OCDR, no entanto, não pode detectar a luz de dispersão de Rayleigh que ocorre continuamente ao longo da linha óptica. Isto é assim porque as técnicas de modulação praticáveis não podem suprimir os lóbulos laterais (outras partes que não sejam os picos coerência) da função de coerência óptica para zero, de modo que os componentes de luz reflectida a partir de duas posições diferentes não podem ser estritamente separados um do outro, por meio do que a forte luz reflectida que na linha óptica ocorre em pontos de conexão e outros análogos, pode causar ruído para ocultar a luz de dispersão de Rayleigh. Portanto, a OCDR pode detectar pontos de reflexão discretos na linha óptica, mas não pode detectar a luz de dispersão de Rayleigh que ocorra num segmento entre os pontos de reflexão e assim, apenas pode atingir a informação fragmentada da linha óptica, pelo que é insuficiente a sua capacidade de detecção de falha.

A ODCR pode também ser problemática naquilo em que o seu tempo de medição se torna mais prolongado. Isto é assim porque ela requer pontos de medição em, pelo menos, um número maior do que o quociente da distância de medição dividida pela resolução espacial. A ODCR requer tipicamente um tempo de medição de cerca de 1 ms por ponto de medição, desde que seja detectado através de um filtro, um sinal eléctrico obtido pela detecção da luz reflectida. Portanto, é preciso um tempo de cerca de 200 segundos quando for para ser medida, com uma resolução espacial de cerca de 10 cm, uma linha óptica que tenha um comprimento prático de 20 km. À medida que é melhorada a resolução espacial, mais ainda o tempo de medição se torna mais prolongado.

Para ultrapassar os problemas acima mencionados, é um objectivo da presente invenção proporcionar um aparelho de monitorização de linha óptica e sistema de monitorização de linha óptica que pode medir uma distribuição do factor de reflexão numa linha óptica com uma resolução espacial elevada num curto período de tempo.

Solução para o problema

O aparelho de monitorização de linha óptica de acordo com a presente invenção compreende (1) primeiros meios de medição para a propagar a primeira luz de monitor através de uma linha óptica, recebendo a primeira luz reflectida que ocorre quando se propaga a primeira luz de monitor, e obtendo uma distribuição do factor de reflexão

ao longo de uma direcção de propagação da luz na linha óptica como um primeiro resultado da medição por OTDR ou OCDR; (2) segundos meios de medição para propagar a segunda luz de monitor através da linha óptica, recebendo a segunda luz reflectida que ocorre quando se propaga a segunda luz de monitor, e obtendo uma distribuição do factor dereflexão ao longo da direcção de propagação da luz na linha óptica como um segundo resultado da medição por OCDR; e (3) uma secção de controlo para fazer com que os primeiros meios de medição obtenham o primeiro resultado da medição com uma primeira resolução espacial e, em seguida, fazendo com que os segundos meios de medição obtenham o segundo resultado de medição no intervalo de uma parte da linha óptica, que é determinada de acordo com o primeiro resultado da medição, com uma segunda resolução espacial mais pequena do que a primeira resolução espacial.

De um modo preferencial, a secção de controlo determina uma posição de um ponto de reflexão discreto na linha óptica de acordo com o segundo resultado da medição, obtém um grau de contribuição de reflexão no ponto de reflexão discreto para o primeiro resultado de medição de acordo com a posição determinada do ponto de reflexão discreto e a primeira resolução espacial, corrige o primeiro resultado da medição de acordo com o grau obtido de contribuição e faz sair o resultado corrigido. De um modo preferencial, uma secção de fonte de luz para fazer sair a primeira luz de monitor nos primeiros meios de medição e uma secção de fonte de luz para fazer sair a

segunda luz de monitor nos segundos meios de medição, incluem uma parte comum. De um modo preferencial, uma secção de detecção para receber a primeira luz de monitor nos primeiros meios de medição e uma secção de detecção para receber a segunda luz de monitor nos segundos meios de medição, incluem uma parte comum.

O sistema de monitorização de linha óptica de acordo com a presente invenção é um sistema para a monitorização de um sistema de comunicação óptico para levar a cabo uma comunicação óptica entre os terminais do lado de estação e os de lado de assinante opticamente conectados uns aos outros com uma linha óptica, compreendendo o sistema de monitorização de linha óptica, um acoplador óptico proporcionado na linha óptica e o acima mencionado aparelho de monitorização de linha óptica de acordo com a presente invenção opticamente conectado ao acoplador óptico; em que através do acoplador óptico são selectivamente causadas, a primeira ou a segunda luz de monitor emitidas a partir do aparelho de monitorização de linha óptica para se propagarem para a linha óptica; e em que a primeira ou segunda luz reflectida é inserida para dentro do aparelho de monitorização de linha óptica através do acoplador óptico.

De um modo preferencial, o terminal do lado de estação está opticamente conectado a uma multiplicidade de terminais de assinante através de um divisor óptico, enquanto o acoplador óptico é proporcionado na linha óptica

entre o terminal do lado de estação e o divisor óptico. De um modo preferencial, cada um dos terminais da multiplicidade de terminais de assinante inclui um filtro de reflexão para selectivamente reflectir comprimentos de onda da primeira luz de monitor e segunda luz de monitor.

Efeitos Vantajosos da Invenção

A presente invenção pode medir uma distribuição do factor de reflexão numa linha óptica com uma resolução espacial elevada num curto período de tempo.

Breve Descrição dos Desenhos

[Fig. 1] é uma vista que ilustra um sistema de monitorização de linha óptica **1A** equipado com um aparelho de monitorização de linha óptica **14A** de acordo com um primeiro modelo de realização;

[Fig. 2] é um gráfico que ilustra as respectivas formas de onda de um sinal de modulação directa **A**, um sinal de modulação externa **B**, um sinal da porta de luz de monitor **C**, e um sinal da porta de sinal eléctrico **D**;

[Fig. 3] é um gráfico que ilustra uma magnitude de correlação entre a luz reflectida (luz de monitor de retorno) e luz de referência, uma sobreposição (janela de impulso) entre o sinal da porta de luz de monitor **C** e o sinal da porta de sinal eléctrico **D**, e uma sensibilidade

para detectar a luz reflectida em relação a uma posição **z** na linha óptica;

[Fig. 4] é um gráfico que ilustra os espectros respectivos dos sinais de interferência causados pela luz reflectida a partir de posições **z1**, **z2** na linha óptica mostrada na Fig. 3(a);

[Fig. 5] é um fluxograma para explicar as operações do aparelho de monitorização de linha óptica **14A** de acordo com o primeiro modelo de realização;

[Fig. 6] é uma vista que ilustra esquematicamente a estrutura do sistema de monitorização da linha óptica **1A**, de acordo com o primeiro modelo de realização;

[Fig. 7] é um gráfico que ilustra os resultados de cálculo de formas de onda medidos quando no sistema de monitorização de linha óptica **1A**, é medida uma distribuição do factor de reflexão de acordo com o primeiro modelo de realização;

[Fig. 8] é um gráfico que ilustra os resultados de cálculo de formas de onda medidos quando no sistema de monitorização de linha óptica **1A** é medida uma distribuição de factor de reflexão de acordo com o primeiro modelo de realização;

[Fig. 9] é uma vista que ilustra um sistema de monitorização de linha óptica **1B** equipado com um aparelho de monitorização de linha óptica **14B** de acordo com um segundo modelo de realização;

[Fig. 10] é um diagrama da estrutura de um sistema de comunicação óptico **101A** e aparelho de medição de reflexão óptica **113A**, em conformidade com um primeiro exemplo;

[Fig. 11] é um gráfico que ilustra esquematicamente os respectivos resultados de medição de OCDR, de medição de OTDR, e processamento por uma secção de processamento **170**;

[Fig. 12] é um gráfico que ilustra um fluxo de processamento pela secção de processamento **170**; e

[Fig. 13] é um diagrama estrutural de um sistema de comunicação óptico **101B** e aparelho de medição de reflexão óptica **113B** de acordo com um segundo exemplo.

Descrição dos Modelos de Realização

No que se segue, os modos para levar a cabo a presente invenção irão ser explicados em detalhe com referência aos desenhos anexados. Na explicação dos desenhos, os mesmos componentes serão referidos com os mesmos sinais omitindo as suas descrições sobrepostas.

Primeiro Modelo de Realização

A Fig. 1, é uma vista que ilustra um sistema de monitorização de linha óptica **1A** equipado com um aparelho de monitorização de linha óptica **14A** de acordo com o primeiro modelo de realização. O sistema de monitorização de linha óptica **1A** ilustrado neste desenho é aquele em que um terminal do lado de estação **11** proporcionado numa estação **10A** está opticamente conectado com os terminais de assinante **211** a **21N** com linhas de fibra óptica através de um divisor óptico **20**, de modo a levar a cabo comunicações ópticas entre o terminal do lado de estação **11** e cada terminal de assinante **21_n**. Aqui, **N** é um número inteiro de 2 ou mais, enquanto **n** é um número inteiro de pelo menos 1 mas não mais do que **N**. Um tal modo de sistemas de comunicação óptica é conhecido como PON (Passive Optical Network) (Rede Óptica Passiva). O número **N** de ramos é tipicamente de **4** a **32**.

A estação **10A** é proporcionada com um acoplador óptico **12** e um aparelho de monitorização de linha óptica **14A** em acréscimo com o terminal do lado de estação **11**. O terminal do lado de estação **11** e o acoplador óptico **12** são opticamente conectados um ao outro com uma linha de fibra óptica **31**. O aparelho de monitorização de linha óptica **14A**, também é opticamente conectado ao acoplador óptico **12**. O acoplador óptico **12** e o divisor óptico **20** são opticamente conectados um ao outro com uma primeira linha óptica **32**. O divisor óptico **20** e cada terminal de assinante **21_n** são

ópticamente conectados um ao outro com uma segunda linha óptica **33_n**. Cada uma, das primeira e segunda linhas ópticas **32**, **33_n** é uma linha constituída por uma fibra óptica, de um modo preferencial, por uma fibra óptica mono-modal em conformidade com a ITU-TG.652.

De um modo preferencial, está anexado a uma extremidade de cada terminal de assinante **21_n** a ser conectado à linha óptica, um filtro óptico **22_n**, que transmite a luz de comunicação mas que reflecte a luz de monitor. Desde que a luz, tendo um comprimento de onda de 1,26 a 1,62 μm , seja utilizada como a luz de comunicação em geral, é de modo preferencial utilizada a luz numa banda de comprimento de onda de 1,65 μm (1,64 a 1,66 μm) como a luz de monitor, em que cada filtro óptico **22_n** é de modo preferencial, um filtro que reflecte selectivamente a luz na banda de comprimento de onda de 1,65 μm . Um tal filtro óptico pode ser conseguido por uma fibra de malha recticular e por análoga.

O aparelho de monitorização de linha óptica **14A** compreende uma secção de medição de OCDR **15** para levar a cabo a medição de OCDR, uma secção de medição de OTDR **16** para levar a cabo a medição de OTDR, um comutador óptico **13** para conectar selectivamente uma de entre a secção de medição de OCDR **15** e da secção de medição de OTDR **16** ao acoplador óptico **12**, a uma secção de controlo **17**, e a um dispositivo de armazenamento **18**. O aparelho de monitorização de linha óptica **14A** monitoriza o sistema PON

(primeira linha óptica **32**, divisor óptico **20**, segunda linha óptica **33_n**, filtro óptico **22_n** e o terminal de assinante **21_n**) a ser medido.

Enquanto uma de entre a secção de medição de OCDR **15** e da secção de medição de OTDR **16** está conectada a um sistema PON, a outra pode ser conectada a um outro sistema PON, em que as secções de medição podem aumentar a sua disponibilidade, de modo a incluir uma multiplicidade de sistemas PON quanto a objectivos a serem monitorizados, através do que o custo de monitorização por assinante pode ser reduzido.

A secção de medição de OCDR **15** compreende uma fonte de luz **41**, um modulador de intensidade **42**, um divisor óptico **43**, uma secção de porta de luz de monitor **44**, um circulador óptico **45**, um modulador de polarização **46**, uma fibra óptica de atraso **47**, um acoplador óptico **51**, um detector de equilíbrio **52**, um primeiro filtro **53**, uma secção de porta de sinal eléctrico **54**, um segundo filtro **55**, um detector de RF **56**, um conversor A/D **57**, uma secção de controlo **61**, e os geradores de sinais de **62** a **65**.

A fonte de luz **41** é uma que é capaz de modular uma frequência óptica de luz de saída; os seus exemplos incluem fontes de luz de laser de semicondutores DFB e fontes de luz de laser de semicondutores equipados com ressoadores externos. A fonte de luz **41** tem na entrada um sinal periódico de modulação directa **A** emitido a partir de

um gerador de sinal **62** e faz sair luz cuja frequência óptica é modulada periodicamente de acordo com o sinal de modulação directa **A**. A luz de saída a partir da fonte de luz **41** tem uma função de coerência óptica na forma de dentes de pente.

O modulador de intensidade **42** tem na entrada um sinal periódico de modulação externa **B** emitido a partir do gerador de sinal **63**, modula a intensidade da luz de saída a partir da fonte de luz **41** de acordo com o sinal de modulação externa **B**, e faz sair assim a luz modulada. O sinal de modulação externa **B** é um sinal periódico que é sincronizado com o sinal de modulação directa **A**. A luz de saída a partir do modulador de intensidade **42** é uma cujo espectro óptico é modificado pela modulação de intensidade, em que é reduzido o ruído incluído na função de coerência óptica.

O divisor óptico **43**, tem na entrada luz que é emitida a partir da fonte de luz **41** e a intensidade modulada, quanta necessária, por via do modulador de intensidade **42**, divide a luz de entrada em duas, ou seja, luz de monitor e luz de referência e põe na saída a luz de monitor e luz de referência respectivamente para a secção de porta de luz de monitor **44** e para modulador de polarização **46**.

A secção de porta de luz de monitor **44** tem na entrada a luz de monitor emitida a partir do divisor óptico

43 e um sinal de porta de luz de monitor **C** emitido a partir do gerador de sinal **64**. O sinal de porta de luz de monitor **C** é um sinal periódico que tem um impulso com uma largura de porta **w1** para um período fixo **T**. A largura de porta **w1** do sinal de porta de luz de monitor **C** iguala essencialmente cada um dos períodos de modulação do sinal de modulação directa **A** e do sinal de modulação externa **B**. Para o circulador óptico **45**, apenas para um período do impulso de tal sinal de porta de luz de monitor **C** que tem a largura de porta **w1**, a secção de porta de luz de monitor **44** tem na saída a luz de monitor emitida a partir do divisor óptico **43**.

O circulador óptico **45** tem na entrada a luz de monitor pulsada emitida a partir da secção de porta de luz de monitor **44** e em seguida, faz a sua saída para o acoplador óptico **12**. O circulador óptico **45** tem na entrada a luz que chega a partir do acoplador óptico **12** e em seguida, faz a sua saída para o acoplador óptico **51**.

A luz de monitor emitida a partir do circulador óptico **45** é enviada para a primeira linha óptica **32** através do comutador óptico **13** e do acoplador óptico **12** e percorre a primeira linha óptica **32**, o divisor óptico **20**, e a segunda linha óptica **33_n**, atingindo assim o filtro óptico **22_n**. A luz reflectida (tal como a luz reflectida de Fresnel e luz de dispersão de Rayleigh) que ocorre quando a luz de monitor se propaga e percorre o caminho de propagação inverso do da luz de monitor, de modo a entrar no acoplador

óptico **51** através do acoplador óptico **12**, do comutador óptico **13**, e do circulador óptico **45**. Aqui, o filtro óptico **22_n** disposto entre uma extremidade de cada segunda linha óptica **33_n** e o seu terminal de assinante correspondente **21_n** pode detectar a luz reflectida que ocorre quando a luz de monitor é reflectida no tempo de medição de OTDR e da medição de OCDR, detectando desse modo anomalias, tais como quebras nas linhas ópticas.

Deverá em particular ser preferido, se o factor de reflexão R [dB] do filtro óptico, satisfizer a expressão seguinte (1), onde N é o número de ramos do divisor óptico. Aqui, R_0 , que é tipicamente -40 dB, é o factor de reflexão interna do circulador óptico **45**, do acoplador óptico **12**, da primeira linha óptica **32**, e do divisor óptico **20**. Quando a expressão (1) é satisfeita, a potência de luz reflectida que atinge o aparelho de monitorização, após de ter sido reflectida pelo filtro óptico **22_n**, torna-se maior do que a potência de luz reflectida gerada por reflexão não intencional no lado a montante (lado do aparelho de monitorização) do divisor óptico **20**, de modo a reduzir de modo relativo a influência do ruído causado pela reflexão não intencional no lado a montante, encurtando desse modo o tempo de medição.

$$R > R_0 + 20\log_{10}(N) \quad (1)$$

De um modo preferencial, o percurso óptico da luz de referência entre o divisor óptico **43** e o acoplador

óptico **51** é proporcionado com a fibra óptica de atraso **47**. A fibra óptica de atraso **47** define um tempo de atraso entre a luz reflectida (luz de retorno da luz de monitor) inserida para dentro do acoplador óptico **51** a partir do circulador óptico **45** e a luz de referência inserida para dentro do acoplador óptico **51** a partir do divisor óptico **43**. De um modo preferencial, o comprimento da fibra óptica de atraso **47** é definido de tal modo que o tempo de atraso entre a luz reflectida gerada pela luz de monitor reflectida numa determinada posição dentro de uma faixa de distâncias de medição e a luz de referência torna-se mais longa do que o tempo de coerência da luz de saída da fonte de luz **41**. A resolução espacial degrada-se com o aumento de tempo de atraso dentro de um intervalo onde o tempo de atraso é mais curto do que o tempo de coerência, e torna-se essencialmente um valor fixo dentro de um intervalo onde o tempo de atraso é mais longo do que o tempo de coerência. Por consequência, definindo o tempo de atraso, como acima mencionado podem reduzir-se flutuações na resolução espacial dentro da faixa de medição.

Será também preferível que o trajecto óptico da luz de referência entre o divisor óptico **43** e o acoplador óptico **51** seja proporcionado com o modulador de polarização **46**. O modulador de polarização **46** tem na entrada a luz de referência emitida a partir do divisor óptico **43** e tê-la-à na saída depois de mudar o seu estado de polarização. Quando se detecta a luz reflectida (luz de retorno da luz de monitor) e a luz de referência a interferirem uma com a

outra, a eficiência da sua detecção depende do relacionamento relativo entre os estados de polarização destes dois tipos de luz. Por conseguinte, será preferível, se a medição for levada a cabo durante a mudança do estado de polarização de pelo menos uma de entre a luz de referência e a luz reflectida, e os resultados da medição numa multiplicidade de estados de polarização são submetidos a uma operação aritmética, tal como o cálculo da média, de modo a se obterem os resultados de medições independentes de estados de polarização.

O acoplador óptico **51** tem na entrada a luz reflectida (luz de retorno da luz de monitor) emitida a partir do circulador óptico **45** e tendo a luz de referência percorrido o modulador de polarização **46** e fibra óptica de atraso **47** depois de sair do divisor óptico **43**, combina, assim, a luz reflectida e a luz de referência inseridas, e tem na saída para o detector de equilíbrio **52** a luz combinada. Como acoplador óptico **51** é utilizado por exemplo, um acoplador de 3dB.

O detector de equilíbrio **52** tem na entrada a luz de referência e a luz reflectida combinada pelo acoplador óptico **51** e põe na saída para o primeiro filtro **53**, um sinal eléctrico que indica a intensidade da luz de interferência formada pela luz reflectida e a luz de referência interferindo uma com a outra. Por conseguinte, o detector de equilíbrio **52** actua como uma secção de conversão fotoeléctrica a qual põe na saída um sinal

eléctrico que tem um valor correspondente à intensidade da luz de interferência.

O primeiro filtro **53** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do detector de equilíbrio **52**, remove o ruído desnecessário incluído no sinal eléctrico, e põe na saída para a secção de porta de sinal eléctrico **54** o sinal eléctrico remanescente. De um modo preferencial, o primeiro filtro **53** é um que remove a componente DC do sinal eléctrico inserido para o mesmo. Fazendo com que o primeiro filtro **53** possa remover o ruído componente de DC, o qual é gerado por erros no equilíbrio no acoplador óptico **51** e no detector de equilíbrio **52**, pode reduzir-se na fase subsequente a quantidade de ruído que ocorre na secção de porta de sinal eléctrico **54**.

A secção de porta de sinal eléctrico **54** tem na entrada não apenas o sinal eléctrico que passou o primeiro filtro **53** depois de sair do detector de equilíbrio **52**, mas também um sinal de porta de sinal eléctrico **D** emitido a partir do gerador de sinal **65**. O sinal de porta de sinal eléctrico **D** é um sinal periódico que tem um impulso com uma largura de porta **w2** para um período fixo **T**. O período **T** do sinal de porta de sinal eléctrico **D** iguala essencialmente aquela do sinal de porta de luz de monitor **C**. O centro do impulso do sinal de porta de sinal eléctrico **D** é atrasado por um tempo de atraso **d** diferente do centro de impulso do sinal de porta de luz de monitor **C**.

Para o segundo filtro **55**, apenas para um período de impulso de tal sinal de porta de sinal eléctrico **D** tendo a largura de porta **w2**, a porta de sinal eléctrico **54** põe na saída o sinal eléctrico emitido a partir do primeiro filtro **53**. O sinal eléctrico inserido a partir da secção de porta de sinal eléctrico **54** para o segundo filtro **55** torna-se um sinal de impulso. Empregue como a secção de porta de sinal eléctrico **54** está um circuito amplificador operacional que permite ligar/desligar de acordo com o nível do sinal de porta de sinal eléctrico **D**.

O segundo filtro **55** tem na entrada o sinal eléctrico pulsado emitido a partir da secção de porta de sinal eléctrico **54** e põe selectivamente na saída partes do assim inserido sinal eléctrico as quais caem dentro de uma banda de frequência específica no detector de RF **56**. De um modo preferencial, a banda de frequência específica não inclui uma frequência **nf** (em que **n** é um número natural) que é um múltiplo inteiro da frequência de repetição $f (=1/T)$ do sinal de porta de sinal eléctrico **D**. Vai ser preferível, em particular, se a banda de frequência específica incluir uma frequência que seja metade de um múltiplo ímpar da $f (=1/T)$ e tenha uma largura de banda de $f/2$ ou menos. O sinal inserido dentro de uma secção de porta de sinal de eléctrico transporta ruído para as frequências de DC e múltiplos inteiros de $1/p$, em que o ruído se difunde para frequências de múltiplos inteiros de f à medida que ela passa a secção de porta de sinal eléctrico. Definindo a banda de frequências, como mencionado acima, pode reduzir-

se no entanto, a influência do ruído que ocorre na secção de porta de sinal eléctrico **54**, de modo a melhorar a SNR da medição, encurtando desse modo o tempo de medição.

O detector de RF **56** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do segundo filtro **55**, converte-o num sinal eléctrico correspondente à magnitude do componente de interferência, e põe na saída o sinal resultante para o conversor A/D **57**. O conversor A/D **57** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do detector de RF **56**, converte este sinal eléctrico (sinal analógico) para um sinal digital, e põe na saída o sinal digital para a secção de controlo **61**. O valor do sinal digital indica a potência de luz reflectida gerada na posição **z** sobre a linha óptica determinada pelo período **p** da modulação de frequência óptica na fonte de luz **41** e o tempo de atraso de porta **d**.

A secção de controlo **61** tem na entrada o valor digital emitido a partir do conversor A/D **57** e armazena o valor digital e a posição **z** em associação de um com o outro. A secção de controlo **61** controla os geradores de sinal **62** a **65**, de modo a designar o período **p** de modulação do sinal de modulação directa **A** emitido a partir do gerador de sinal **62**, o período **p** de modulação do sinal de modulação externa **B**, emitido a partir do gerador de sinal **63**, o período **T** e a largura de porta **w1** do sinal de porta de luz de monitor **C** emitido a partir do gerador de sinal **64**, o período **T** e a largura de porta **w2** do sinal de porta de

sinal eléctrico **D** emitido a partir do gerador de sinal **65**, e o tempo de atraso de porta **d**. Como uma consequência, a secção de controlo **61** designa a posição de medição **z** sobre a linha óptica que é um objectivo a ser medido, e obtém o valor digital indicando a potência da luz reflectida gerada a partir do conversor A/D **57** para esta posição **z**. Em seguida, a secção de controlo **61** determina uma distribuição do factor de reflexão ao longo da direcção de propagação da luz de monitor na linha óptica.

A secção de medição de OTDR **16** compreende uma fonte de luz **71**, um circulador óptico **72**, um fotodetector **73**, um conversor A/D **74**, uma secção de controlo **75** e um gerador de sinal **76**.

A fonte de luz **71** é uma que tem na entrada um sinal de impulso emitido a partir do gerador de sinal **76** e gera luz de monitor pulsada como sendo accionada pelo sinal de impulso; por exemplo, pode ser utilizado para o mesmo um laser de semiconductor. O circulador óptico **72** tem na entrada a luz de monitor emitida a partir da fonte de luz **71** e põe na saída a luz de monitor para o acoplador óptico **12**. O circulador óptico **72** também tem na entrada a luz que tenha chegado do acoplador óptico **12** e põe-na na saída para o fotodetector **73**.

O fotodetector **73** detecta a luz inserida a partir do circulador óptico **72** e põe na saída um sinal eléctrico que corresponde à intensidade óptica da luz. O sinal

eléctrico varia com o tempo, e a sua alteração reflecte a distribuição do factor de reflexão ao longo da linha óptica. O conversor A/D **74** tem na entrada, o sinal eléctrico proveniente do fotodetector **73**, converte de um modo sequencial o sinal eléctrico (sinal analógico) para sinais digitais, e põe na saída para a secção de controlo **75**, os sinais resultantes como uma série de sinais digitais. A secção de controlo **75** tem na entrada a série de sinais digitais emitidos a partir do conversor A/D **74** e grava-a como um resultado da medição de OTDR.

A secção de controlo **17** está conectada à secção de controlo **61** da secção de medição de OCDR **15** e a secção de controlo **75** da secção de medição de OTDR **16**, que têm na saída as condições de medição, tais como uma faixa de medição para as secções de controlo **61**, **75**, e tem na entrada dados de resultado de medição provenientes das secções de controlo **61**, **75**. A secção de controlo **17** está conectada ao dispositivo de armazenamento **18**. O dispositivo de armazenamento **18** armazena informação, tal como a distância a partir do aparelho de monitorização para cada filtro óptico **22_n** e as posições (nomes de edifícios, posições dentro dos edifícios, etc.), onde estão colocados os filtros ópticos **22_n** e os terminais de assinante **21_n**.

A secção de controlo **17** detecta um pico do factor de reflexão derivado de cada filtro óptico **22_n** dentro da distribuição do factor de reflexão, compara a informação quanto à distância ao filtro óptico **22_n** previamente

prevenida, com a distância até ao pico do factor de reflexão, e determina se é detectada ou não, a luz reflectida a partir do filtro óptico **22_n**. Quando coexistem um terminal de assinante, no qual a luz reflectida é detectada e um terminal de assinante, no qual nenhuma luz reflectida é detectada, a secção de controlo **17** determina que uma anomalia, tal como uma quebra existente na fibra óptica do lado de assinante para a qual pertence o último terminal de assinante e exhibe a anomalia.

Efectuando a medição de OCDR apenas na vizinhança do filtro óptico **22_n** de acordo com a informação quanto à distância para o filtro óptico **22_n**, a secção de controlo **17** pode encontrar se existe ou não a luz reflectida a partir do filtro óptico **22_n** e a magnitude do factor de reflexão, encurtando desse modo o tempo para determinar se existe ou não uma anomalia na segunda linha óptica **33_n** a que pertence o filtro óptico **22_n**.

Além disso, de acordo com o resultado da medição de OCDR obtido ao fazer com que a secção de medição de OCDR **15** levasse a cabo a medição de OCDR, e com o resultado da medição de OTDR obtido ao fazer com que a secção de medição de OTDR **16** levasse a cabo a medição de OTDR, a secção de controlo **17** executa uma operação aritmética predeterminada, a qual será explicada mais tarde.

O sinal de modulação directa **A**, o sinal de modulação externa **B**, o sinal de porta de luz de monitor **C** e

o sinal de porta sinal de eléctrico **D**, o sinal eléctrico emitido a partir do detector de RF **56**, e assim por diante, serão agora explicados com referência às Figs. 2 a 4.

A Fig. 2, é um gráfico que ilustra as respectivas formas de onda do sinal de modulação directa **A**, do sinal de modulação externa **B**, do sinal de porta de luz de monitor **C** e sinal de porta de sinal eléctrico **D**. A Fig. 2(a), ilustra a forma de onda do sinal de modulação directa **A** inserido a partir do gerador de sinal **62** para a fonte de luz **41**. A Fig. 2(b), ilustra a forma de onda do sinal de modulação externa **B** inserido a partir do gerador de sinal **63** para o modulador de intensidade **42**. A Fig. 2(c), ilustra a forma de onda do sinal de porta de luz de monitor **C** inserido a partir do gerador de sinal **64** para a secção de porta de luz de monitor **44**. A Fig. 2(d), ilustra a forma de onda do sinal de porta de sinal eléctrico **D** inserido a partir do gerador de sinal **65** para a secção de porta de sinal eléctrico **54**.

A Fig. 3, é um gráfico que ilustra uma magnitude de correlação entre a luz reflectida (retorno de luz de monitor) e a luz de referência, uma sobreposição (janela de impulso) entre o sinal de porta de luz de monitor **C** e sinal de porta de sinal eléctrico **D**, e uma sensibilidade para detectar luz reflectida em relação à posição **z** sobre a linha óptica. A Fig. 3(a), ilustra uma distribuição de magnitude de correlação da luz reflectida (retorno de luz de monitor) e de luz de referência. A Fig. 3(b), ilustra a

sobreposição (janela de impulso) entre o sinal de porta de luz de monitor **C** e sinal de porta de sinal eléctrico **D**. A Fig. 3 (c), ilustra uma distribuição de sensibilidade de detecção de luz reflectida.

A Fig. 4, é um gráfico que ilustra os espectros respectivos dos sinais de interferência causados pela luz reflectida a partir de posições **z1**, **z2** sobre a linha óptica mostrada na Fig. 3(a). A Fig. 4(a), ilustra um espectro de sinais de interferência causados pela luz reflectida a partir da posição **z1** exibindo uma elevada correlação mostrada na Fig. 3(a). A Fig. 4(b), ilustra um espectro de sinais de interferência causados pela luz reflectida a partir da posição **z2** exibindo uma baixa correlação mostrada na Fig. 3(a).

Tal como ilustrado na Fig. 2(a), o sinal de modulação directa **A** é um sinal periódico que tem um período **p** e utilizado para modulação de frequência óptica da luz de saída a partir da fonte de luz **41**. O período **p** define a posição **z** de medição sobre a linha óptica. Quando a diferença de tempo de atraso **d** da luz reflectida (retorno de luz de monitor) gerada pela reflexão/dispersão na posição **z** sobre a linha óptica, que constitui um objectivo a ser medido, no que diz respeito à luz de referência satisfaz a condição da expressão seguinte (2), a fase de modulação da luz reflectida a partir desta posição (posição **z1** na Fig. 3(a)) e a da luz de referência estarem em sincronização uma com a outra, em que a correlação entre a

luz reflectida e a luz de referência se torna maior. Por contraste, a luz reflectida (retorno de luz de monitor) gerada por reflexão/dispersão numa posição (posição **z2** na Fig. 3(a)) não satisfazendo a condição da expressão seguinte (2) exhibe uma baixa correlação com a luz de referência.

$$d/p = \text{inteiro} \quad (2)$$

Quando a correlação entre a luz reflectida (retorno de luz de monitor) e a luz de referência é forte (no caso da posição **z1** na Fig. 3(a)), o espectro dos sinais de interferência, causados por estes dois tipos de luz, está localizado numa banda de frequência que está em paridade com a largura da linha de luz de monitor (ver Fig. 4(a)). Quando a correlação é baixa (no caso da posição **z2** na Fig. 3(a)), por confronto, o espectro de sinais de interferência é difundido sobre uma banda de frequências em paridade com a amplitude de modulação de frequência óptica da luz de monitor (ver Fig. 4 (b)). Por conseguinte, a modulação de frequência óptica com uma amplitude maior do que a largura da linha da luz de monitor pode selectivamente detectar a luz reflectida a partir de uma posição de medição específica. Desde que a resolução espacial esteja essencialmente na proporção inversa relativamente à amplitude de modulação de frequência óptica, será mais preferível, se a amplitude de modulação de frequência for maior. Por outro lado, a corrente que pode ser injectada dentro de um diodo de laser actuando

como fonte de luz **41** tem um limite superior definido por um limite de danos e um limite inferior de zero, definindo desse modo, o limite superior de amplitude. A forma de onda do sinal de modulação directa **A** é uma onda sinusoidal neste modelo de realização, mas podem ser várias as formas de onda periódicas, tais como aquelas de ondas rectangulares e triangulares.

De um modo mais preferencial, a resolução espacial é de 9 cm ou menos. Neste caso, para evitar picos de reflexão de filtros ópticos pertencentes a diferentes segundas linhas ópticas a partir de sobreposição entre si, neste caso, é suficiente para que as segundas linhas ópticas tenham os respectivos comprimentos diferentes uns dos outros de pelo menos 9 cm, em que cada segunda linha óptica é necessária para assegurar um comprimento extra de apenas 9 cm. Por outro lado, de entre as fibras ópticas mono-modais compatíveis com ITU-TG.652, aquelas cuja característica de flexão é aumentada de modo a obter um raio de flexão permissível de 15 mm, têm sido em geral predominantes como fibras ópticas utilizadas como segundas linhas ópticas. Desde que uma volta de uma tal fibra óptica com um raio de 15 mm, possa acomodar um comprimento extra de 9 cm, a resolução espacial de 9 cm ou menos, pode minimizar o espaço para acomodar o comprimento extra.

Tal como ilustrado na Fig. 2 (b), o sinal de modulação externa **B** é um sinal periódico em sincronização com o sinal de modulação directa **A** e utilizado para a

modulação da intensidade da luz de saída a partir da fonte de luz **41** com o modulador de intensidade **42** em sincronização com o sinal de modulação directa **A**. Isto pode moldar o espectro da luz emitida a partir do modulador de intensidade **42**. A sensibilidade de detecção de luz reflectida na OCDR é expressa como uma função da distância, a qual é conhecida como uma função de coerência óptica. Para detectar selectivamente a luz reflectida a partir de uma posição de medição específica, será preferível se a função de coerência óptica estiver mais perto de uma série de função delta. Desde que a função de coerência óptica seja dada pela transformada de Fourier de um espectro de potência de luz, por outro lado, a selectividade de posição de medição da luz reflectida pela OCDR pode ser melhorada através da modelagem do espectro por modulação de intensidade.

Tal como ilustrado na Fig. 2 (c), o sinal de porta da luz de monitor **C** é um sinal periódico que tem um impulso com a largura de porta **w1** no período **T** fixado e utilizado para seleccionar a luz de monitor emitida a partir da secção de porta de luz de monitor **44** apenas num período do impulso que tem a largura de porta **w1**. Como ilustrado na Fig. 2 (d), o sinal de porta de sinal eléctrico **D** é um sinal periódico que tem um impulso com a largura de porta **w2** no período **T** fixado e utilizado para seleccionar o sinal eléctrico emitido a partir da secção de porta de sinal eléctrico **54** apenas num período do impulso tendo a largura de porta **w2**.

O período **T** do sinal de porta de sinal eléctrico **D** iguala a do sinal de porta da luz de monitor **C**. O centro do impulso do sinal de porta de sinal eléctrico **D** é retardada pelo tempo de atraso **d** que não o centro do impulso do sinal de porta de luz de monitor **C**. Isto permite que a luz reflectida seja selectivamente detectada a partir de uma faixa de medição de distância específica (janela de impulso) na linha óptica (ver Fig. 3 (b) e (c)).

De um modo preferencial, o período **p** do sinal de modulação directa **A**, a largura porta **w1** do sinal de porta de luz de monitor **C** e a largura de porta **w2** do sinal de porta de sinal eléctrico **D** satisfazem a relação da expressão seguinte (3). Neste caso, o número de picos de correlação que pode existir dentro da janela de impulso será restringida a 1 se o tempo de atraso de porta **d** for definido de tal modo que a correlação entre picos de luz reflectida (retorno de luz de monitor) e de luz de referência no centro da janela de impulso.

$$w1 + w2 < 2p \quad (3)$$

De um modo preferencial, cada um dos períodos **T** do sinal de porta de luz de monitor **C** e sinal de porta de sinal eléctrico **D** é um múltiplo inteiro do período **p** do sinal de modulação directa **A**. De um modo preferível, a banda de passagem do segundo filtro **55** não inclui frequências em múltiplos inteiros das respectivas

frequências de repetição f ($= 1/T$) do sinal de porta de luz de monitor **C** e sinal de porta de sinal eléctrico **D**.

Isto é devido à razão seguinte. Deixando que **E1** seja a amplitude complexa do campo eléctrico da luz reflectida (retorno de luz de monitor) inserida para dentro do detector de equilíbrio **52** e **E2**, a amplitude complexa do campo eléctrico da luz de referência inserida para dentro do detector de equilíbrio **52**, o sinal eléctrico (corrente I_1) emitido a partir do detector de equilíbrio **52** é representado pela expressão seguinte (4), quando os coeficientes de proporcionalidade são omitidos. O primeiro termo desta expressão define o ruído de não interferência. Na expressão, ϵ indica o coeficiente de atenuação das componentes em fase pela detecção de equilíbrio. Embora ϵ de modo ideal seja zero, ele muitas vezes assume na prática, um valor de 10^{-5} ou maior, causando ruído desse modo. O segundo termo define um sinal de interferência.

$$I_1 = \epsilon (|E_1|^2 + |E_2|^2) + 2\text{Re}[E_1 \cdot E_2^*] \quad (4)$$

O ruído de não interferência é proporcional à intensidade óptica e tem uma componente DC que corresponde a uma potência média e uma componente de modulação (período **p**) devido à modulação da intensidade parasita e à modulação de intensidade externa na fonte de luz **41**. Após a componente DC do ruído de não interferência ser atenuada pelo primeiro filtro **53**, os impulsos são daí cortados pelo

seção de porta de sinal eléctrico **D** na seção de porta de sinal eléctrico **54**.

O sinal eléctrico (corrente I_2) emitido a partir da seção de porta de sinal eléctrico **54** é representado pela expressão seguinte (5). Aqui, **F** é o sinal de porta de sinal eléctrico **D** e tem o período **T**. O primeiro e segundo termos desta expressão definem respectivamente o ruído de não interferência e um sinal de interferência.

$$I_2 = eF (|E_1|^2 + |E_2|^2) + 2F \cdot \text{Re}[E_1 \cdot E_2^*] \quad (5)$$

O ruído de não interferência no primeiro termo da expressão (5) é o produto de uma função de uma frequência ($1/p$) e uma função da frequência ($1/T$), e torna-se assim o ruído que ocorre a uma frequência ($i/p + j/T$), onde **i** e **j** são números inteiros. Aqui, quando um período de impulso é definido de tal modo que cada um dos períodos de repetição de impulso **T** do sinal de porta de luz de monitor **C** e o sinal de porta de sinal eléctrico **D** iguala um múltiplo inteiro do período de modulação **p** do sinal de modulação directa **A**, a frequência para a qual o ruído de não interferência ocorre é restrita a i/T , onde **i** é um número inteiro. Por conseguinte, os resultados de medição com menos ruído podem ser obtidos quando um componente de uma banda de frequência não incluindo a frequência (i/T) é cortado pelo segundo filtro **55**, e utilizado como uma banda de detecção.

Com referência às Figs. 5 a 8, as operações do aparelho de monitorização de linha óptica **14A** de acordo com o primeiro modelo de realização serão explicadas em conjunto com um método de encurtamento do tempo necessário para a medição de uma distribuição de factor de reflexão ao longo da linha óptica com uma elevada resolução pela medição de OTDR e de uma multiplicidade de medições de OCDR.

A Fig. 5, é um fluxograma para explicar as operações do aparelho de monitorização de linha óptica **14A** de acordo com o primeiro modelo de realização. A Fig. 6, é uma vista que ilustra esquematicamente a estrutura do sistema de monitorização de linha óptica **1A** de acordo com o primeiro modelo de realização. As Figs. 7 e 8, são gráficos que ilustram os resultados de cálculo de formas de onda medidos quando uma distribuição de factor de reflexão é medida no sistema de monitorização de linha óptica **1A** de acordo com o primeiro modelo de realização.

Aqui, como ilustrado na Fig. 6, deixe-se que N seja 4, de modo que o sistema de monitorização de linha óptica **1A** inclui quatro terminais de assinante **21₁** a **21₄**, e são inseridos filtros ópticos **22₁** a **22₄** nas extremidades dos terminais de assinante conectados às suas linhas ópticas correspondentes. Deixe-se que as respectivas distâncias a partir do aparelho de monitorização de linha óptica **14A** para os filtros ópticos **22₁**, **22₂**, **22₃** e **22₄**, sejam 19004 m, 19005 m, 19006 m e 19007 m. Deixe-se que o

factor de reflexão de cada filtro óptico **22_n** seja -5dB. A distribuição de factor de reflexão para este tempo, a qual está ilustrada na Fig. 7(a), é medida pelo aparelho de monitorização de linha óptica **14A** de acordo com o procedimento seguinte.

Em primeiro lugar, a medição por OTDR é levada a cabo (etapa S1). Na medição de OTDR, a luz de monitor pulsada é emitida a partir da fonte de luz **71** da secção de medição de OTDR **16**, a luz reflectida que ocorre quando a luz de monitor se propaga através da linha óptica é recebida pelo foto-detector **73** da secção de medição de OTDR **16**, e a intensidade da luz reflectida é medida como uma função do tempo. O conversor A/D **74** converte o resultado da medição de OTDR para dados digitais, os são obtidos pela secção de controlo **75** e ainda pela secção de controlo **17**.

Desde que o comprimento de uma típica linha óptica seja de cerca de 20 km ou menos, enquanto a velocidade da luz na linha óptica é de cerca de 2×10^8 m/s, o tempo necessário para a luz de monitor retornar por reflexão é de 100 μ s ou menos. Por conseguinte, a medição de OTDR pode ser levada a cabo num curto período de tempo. Por outro lado, devido a um decréscimo da SNR que ocorre quando se reduz a largura de impulso e análogo, o limite inferior da resolução espacial de OTDR é na prática cerca de 2 m. Neste caso, tal como ilustrado na Fig. 7(b), a medição de OTDR não pode identificar de modo discreto os

quatro filtros ópticos dispostos em intervalos de 1 m, mas como um amplo pico reflexão.

Subsequentemente, o resultado da medição de OTDR é submetido a processamento de limite (etapa S2). O processamento de limite extrai uma faixa de distância **R1** onde a potência de luz reflectida não seja mais pequena que um limite. O limite é definido entre a potência no pico de reflexão e a potência de luz reflectida causada pela dispersão de Rayleigh. Na Fig. 7(b), a faixa de medição **R1** é um intervalo de 11 m a partir de 19000 m a 19011 m.

Em seguida, utilizando a faixa de distâncias **R1** como uma faixa de medição, a primeira medição de OCDR é levada a cabo (etapa S3). A resolução espacial é definida como 20 cm na primeira medição de OCDR. A Fig. 7(c), ilustra um resultado de medição obtido por combinação do resultado da primeira medição de OCDR na faixa de medição **R1** e o resultado da medição de OTDR em outra faixa que não a de medição **R1**. A primeira medição de modo discreto de OCDR identifica os quatro filtros ópticos dispostos em intervalos de 1 m, como quatro picos de reflexão.

Subsequentemente, o primeiro resultado da medição de OCDR é submetido a processamento de limite (etapa S4). O processamento de limite extrai uma faixa de distância **R2** onde a potência de luz reflectida não é mais pequena que um limite. Na Fig. 7(c), a faixa de medição **R2** inclui quatro faixas parciais de 19003,60 a 19004,42 m, de 19004,60 a

19005,42 m, de 19005,60 a 19006,42 m e de 19006,60 a 19007,42 m, obtendo-se assim uma faixa de 328 cm (= 82 cm x 4) no total.

Em seguida, utilizando a faixa de distância R2 como uma faixa de medição, a segunda medição de OCDR é levada a cabo (etapa S5). A resolução espacial é definida para 4 cm na segunda medição de OCDR. A Fig. 7(d), ilustra um resultado de medição obtida por combinação do resultado da segunda medição de OCDR na faixa de medição R2 e o resultado da primeira medição de OCDR (incluindo o resultado da medição de OTDR) numa outra faixa que não a faixa de medição de **R2**. A segunda medição de OCDR estreita ainda mais a largura de picos reflexão dos quatro filtros ópticos, tornando desse modo possível determinar as posições de pico com uma precisão mais elevada.

Subsequentemente, o segundo resultado da medição de ODCR é submetido a processamento de detecção de pico (etapa S6). O processamento de detecção de pico identifica as posições dos quatro filtros ópticos, dando desse modo origem a dados respeitantes a posições e intensidades (valores de pico de potência de luz reflectida) dos pontos de reflexão discretos. A Fig. 8(a), apresenta graficamente estes dados.

Em seguida, os dados respeitantes às posições e intensidades dos pontos de reflexão discretos armazenados no dispositivo de armazenamento **18** e as respostas de

impulso da primeira medição de OTDR são submetidos a uma operação de convolução, de modo a determinar a contribuição das respostas de impulso da primeira medição de OADR para o resultado da medição (etapa S7). Cada resposta de impulso é um resultado da medição obtida quando apenas existe um ponto de reflexão. As quatro respostas de impulso respectivamente convoluídas com os quatro pontos de reflexão discretos estão ilustradas por linhas a tracejado na Fig. 8(a).

A adição dessas respostas de impulso em outras faixas que não a faixa de medição R2, determina a contribuição das respostas de impulso para a primeira medição de OADR. Isto está ilustrado pelas linhas a cheio na Fig. 8(a). Subtraindo a contribuição das respostas de impulso a partir do resultado da segunda medição de OADR (Fig. 7(d)) produz-se uma distribuição de factor de reflexão na qual são corrigidas as respostas de impulso da primeira medição de OADR. A Fig. 8(b) ilustra a distribuição de factor de reflexão após a correcção.

De modo semelhante, os dados respeitantes às posições e intensidades dos pontos de reflexão discretos armazenados no dispositivo de armazenamento **18** e as respostas de impulso de medição de OTDR são submetidos a uma operação de convolução, de modo a determinar a contribuição das respostas de impulso da primeira medição de OTDR para o resultado da medição (etapa S8). As quatro respostas de impulso respectivamente contraídas com os

quatro pontos de reflexão discretos são ilustradas por linhas a tracejado na Fig. 8(c).

A adição dessas respostas de impulso em outras faixas que não a faixa de medição **R2**, determina a contribuição das respostas de impulso para a primeira medição de OCDR. Isto é ilustrado por linhas a cheio na Fig. 8(c). Subtraindo a contribuição das respostas de impulso a partir da distribuição de factor de reflexão (Fig. 8(b)) em que são corrigidas as respostas de impulso da primeira medição de OCDR, produz-se uma distribuição de factor de reflexão no qual são corrigidas as respostas de impulso de medição de OTDR. A Fig. 8(d) ilustra a distribuição de factor de reflexão após a correcção. Como ilustrado na Fig. 8(d), é obtido um resultado de medição combinando favoravelmente a distribuição de factor de reflexão a ser medida (Fig. 7(a)).

Tal como no acima exposto, quando não é levado a cabo o processamento para corrigir as respostas de impulso, as respostas de impulso causam descontinuidades de resultados de medição em partes de fronteira na faixa de medição, tal como ilustrado na Fig. 7(d). Por contraste, realizando o processamento para corrigir as respostas de impulso produzem-se resultados de medição que reduziram as descontinuidades, como ilustrado na Fig. 8(d). Uma vez que as descontinuidades são muitas vezes difíceis de distinguir a partir da contribuição de pontos característicos, tais como reflexão e perda óptica na linha óptica, para os

resultados da medição, diminuindo as descontinuidades podem reduzir-se as não detecções de pontos característicos.

Para se conseguir o processamento para correcção das respostas de impulso, será desejável que as respectivas respostas de impulso das medições de OCDR e de OTDR sejam armazenadas no dispositivo de armazenamento **18**. As respostas de impulso podem também ser determinadas por proporcionar intencionalmente um ponto de reflexão dentro do aparelho de monitorização de linha óptica ou na linha óptica e medindo este ponto de reflexão.

Como acima mencionado, a combinação da medição de OTDR (com uma resolução de 2 m), a primeira medição de OCDR (com uma resolução de 20 cm), e a segunda medição de OCDR (com uma resolução de 4 cm), pode detectar pontos de reflexão discretos sobre uma ampla faixa de distância com uma resolução espacial elevada num curto período de tempo. Se for medida uma faixa de distância de cerca de 20 km, sem omissão por OCDR com uma resolução de 4 cm, como acima mencionado, o número de pontos de medição de OCDR será de meio milhão. Uma vez que a medição de OCDR normalmente leva cerca de 1 ms/ponto, são necessários 500 segundos como tempo de medição. Neste modelo de realização, por contraste, o tempo de medição para OTDR é de 100 µs, o tempo de medição para a primeira medição de OCDR (em que o comprimento da faixa de medição **R1** é de 11 m, enquanto a resolução é de 20 cm) é de 55 ms (= 55 pontos x 1 ms/ponto), e o tempo de medição para a segunda medição de

OCDR (em que o comprimento total da faixa de medição **R2** é de 328 cm, enquanto a resolução é de 4 cm) é de 82 ms (= 82 pontos x 1 ms/ponto), pelo que o tempo de medição é reduzido para 137 ms.

Segundo Modelo de Realização

A Fig. 9 é uma vista que ilustra a estrutura de um sistema de monitorização da linha óptica **1B** equipado com um aparelho de monitorização de linha óptica **14B** de acordo com o segundo modelo de realização. O sistema de monitorização de linha óptica **1B** de acordo com o segundo modelo de realização ilustrado na Fig. 9, difere do sistema de monitorização de linha óptica **1A** de acordo com o primeiro modelo de realização ilustrado na Fig. 1, naquilo em que ele compreende uma estação de **10B** em vez da estação **10A** e naquilo em que a estação compreende o aparelho de monitorização de linha óptica **14B** em vez do aparelho de monitorização de linha óptica **14A**.

O aparelho de monitorização de linha óptica **14B** na Fig. 9, também difere do aparelho de monitorização de linha óptica **14A** na Fig. 1, naquilo em que ele compreende uma secção de medição de OCDR/OTDR **15B** em vez da secção de medição de OCDR **15** e da secção de medição de OTDR **16**. A secção de medição de OCDR/OTDR **15B** na Fig. 9, difere da secção de medição de OCDR **15** na Fig. 1, naquilo em que compreende um comutador óptico **66** e um conversor A/D **67**.

O comutador óptico **66** é proporcionado entre o divisor óptico **43** e o modulador de polarização **46** e passa/bloqueia a luz emitida como um ramo do divisor óptico **43**. O conversor A/D **67** converte o sinal eléctrico (sinal analógico) emitido a partir do detector de equilíbrio **52** dentro de um sinal digital e põe na saída o sinal digital para a secção de controlo **61**.

A secção de medição de ODCR/OTDR **15B** pode levar a cabo ambas as medições de ODCR e de OTDR. Quando a secção de medição de ODCR/OTDR **15B** leva a cabo a medição de ODCR, é ligado o comutador óptico **66**. Os outros constituintes da secção de medição de ODCR/OTDR **15B** actuam como na secção de medição de ODCR **15** na Fig. 1, conseguindo desse modo a medição de ODCR.

Quando a secção de medição de ODCR/OTDR **15B** leva a cabo a medição de OTDR, o comutador **66** está desligado, pelo que a luz emitida a partir do divisor óptico **43** depois de ter sido dividida não é inserida para dentro do detector de equilíbrio **52**. O gerador de sinal **62** põe na saída um sinal de impulso, enquanto a fonte de luz **41** tendo recebido o sinal de impulso põe na saída a luz de monitor pulsada. O modulador de intensidade óptica **42** e a secção de porta de luz de monitor **44** encontram-se nos seus estados de transitáveis, de modo que a luz de monitor pulsada emitida a partir da fonte de luz **41** passa tal como se apresenta, o modulador de intensidade óptica **42** e a secção de porta de luz de monitor **44**.

Em alternativa, a luz de monitor pulsada pode ser gerada por colocar na saída luz contínua a partir da fonte de luz **41** e modulando a sua intensidade óptica com o modulador de intensidade óptica **42** ou a secção de porta de luz monitor **44**. Neste caso, difundindo o espectro óptico pela modulação de frequência na fonte de luz **41** pode-se inibir a dispersão de Brillouin estimulada a partir da ocorrência na linha óptica, pelo que a luz de monitor, tendo uma potência mais elevada, pode ser enviada para a linha óptica. Isto melhora a SNR de medição e alonga a distância de medição, pelo que pode ser estendida a perda de linha óptica permissível.

Através do circulador óptico **45** e do acoplador óptico **12**, a luz de monitor é enviada para o sistema PON (primeira linha óptica **32**, divisor óptico **20**, segunda linha óptica **33_n** e filtro óptico **22_n**) que é um objectivo a ser medido, enquanto a luz reflectida gerada dentro do objectivo de finalidade, percorre o acoplador óptico **12** e circulador óptico **45**, de modo a alcançar o detector de equilíbrio **52**. No caso da medição de OTDR, o detector de equilíbrio **52** actua de uma forma desequilibrada, de modo a pôr na saída um sinal eléctrico proporcional à potência de luz reflectida. O sinal eléctrico emitido a partir do detector de equilíbrio **52** é dividido em dois, um dos quais é inserido no conversor A/D **57** através do primeiro filtro **53** e assim por diante, enquanto o outro é inserido no conversor A/D **67**. A saída a partir do conversor A/D **67** é

lida pela secção de controlo **61** e armazenada como um resultado da medição de OTDR.

Os resultados de medição de OCDR e OTDR obtidos pela secção de medição de OCDR/OTDR **15B** como acima exposto são processados pela secção de controlo **17**, como no primeiro modelo de realização.

Assim neste modelo de realização, as medições de OTDR e de OCDR partilham a secção de fonte de luz e a secção de detecção. Isto pode reduzir as incompatibilidades entre os resultados de medição de OTDR e de OCDR causados por flutuações em comprimentos de onda de fonte de luz e flutuações nas sensibilidades de secções de detecção em comparação com casos sem partilha. Tais incompatibilidades não podem ser eliminadas pelo processamento de correcção de resposta de impulso explicado no primeiro modelo de realização e pode causar descontinuidades dos resultados de medições. Por contraste, partilhando a secção de fonte de luz e a secção de detecção, tal como neste modelo de realização podem diminuir tais descontinuidades, reduzindo deste modo as não detecções de pontos característicos na linha óptica.

Primeiro exemplo

A Fig. 10, é um diagrama da estrutura de um sistema de comunicação óptico **101A** e aparelho de medição de reflexão óptica **113A** em conformidade com o primeiro exemplo. O sistema de comunicação óptico **101A** ilustrado neste desenho é aquele no qual um terminal do lado de estação **111** proporcionado numa estação **110A** está opticamente conectado a **N** terminais de assinante **1211** a **121N** com linhas de fibra óptica através de um divisor óptico **120**, de modo a levar a cabo comunicações ópticas entre o terminal do lado de estação **111** e cada terminal de assinante **121n**. Aqui, **N** é um número inteiro de 2 ou mais, enquanto **n** é um número inteiro de pelo menos 1 mas não mais do que **N**. Um tal modo de sistema de comunicação óptico **101A** é conhecido como PON (Passive Optical Network) ("Rede Óptica Passiva"). O número de ramos **N** é tipicamente de **4** a **32**.

A estação **110A** é proporcionada com um acoplador óptico **112** e um aparelho de medição de reflexão óptica **113A** em acréscimo com do terminal do lado de estação **111**. O terminal do lado de estação **111** e o acoplador óptico **112** são opticamente conectados um ao outro com uma linha de fibra óptica **131**. O acoplador óptico **112** e o divisor óptico **120** são opticamente conectados um ao outro com uma linha de fibra óptica **132**. O divisor óptico **120** e cada terminal de assinante **121n** são opticamente conectados um ao outro com uma linha de fibra óptica **133n**. O aparelho de medição de

reflexão óptica **113A** também está opticamente conectado ao acoplador óptico **112**.

O aparelho de medição de reflexão óptica **113A** pode levar a cabo ambas as medições de OCDR e de OTDR e põe na saída resultados das medições de OCDR e de OTDR em combinação uns com os outros. O aparelho de medição de reflexão óptica **113A** compreende não só uma secção de fonte de luz **140A**, uma secção de medição **160A** e uma secção de processamento **170**, mas também um modulador óptico **151** e uma linha óptica de atraso **152**.

Para o acoplador óptico **112**, a secção de fonte de luz **140A** põe na saída selectivamente uma de primeira luz de monitor na qual uma frequência óptica é modulada tal como para proporcionar uma função de coerência óptica em forma de dentes de pente e a pulsada segunda luz de monitor. A secção de fonte de luz **140A** também põe na saída um ramo da primeira luz de monitor como luz de referência para o modulador óptico **151**. A primeira luz de monitor e a luz de referência são utilizadas para a medição de OCDR, enquanto a segunda luz de monitor é utilizada para a medição de OTDR. A secção de fonte de luz **140A** inclui uma fonte de luz **141**, um gerador de sinal **142**, um modulador óptico **143** e um acoplador óptico **144**.

A fonte de luz **141** incluída na secção de fonte de luz **140A** é uma que pode modular uma frequência óptica de luz de saída; os seus exemplos incluem fontes de luz de

laser de semicondutores DFB e fontes de luz de laser de semicondutor equipados com ressoadores externos. A fonte de luz **141** põe na saída luz contínua. O gerador de sinais **142** põe na saída um sinal de modulação para a modulação de frequência óptica da luz contínua emitida a partir da fonte de luz **141** e fornece esse sinal de modulação para a fonte de luz **141**. O modulador óptico **143** tem na entrada a luz emitida a partir da fonte de luz **141** e põe-na na saída depois da modulação da mesma, conforme necessário. O acoplador óptico **144** divide a luz emitida em duas a partir do modulador óptico **143**, põe na saída uma delas para o acoplador óptico **112** e a outra para o modulador óptico **151**.

A secção de medição **160A** obtém um resultado da medição de OCDR de acordo com a luz reflectida que ocorre quando a primeira luz de monitor emitida a partir da secção de fonte de luz **140A** se propaga através do objectivo a ser medido e a luz de referência emitida a partir da secção de fonte de luz **140A**. A secção de medição **160A** também obtém um resultado da medição de OTDR de acordo com a luz reflectida que ocorre quando a segunda luz de monitor emitida a partir da secção de fonte de luz **140A** se propaga através do objectivo a ser medido. A secção de medição **160A** inclui um acoplador óptico **161**, um detector de equilíbrio **162**, um filtro **163**, um detector de RF **164**, um conversor A/D **165**, e um conversor A/D **166**.

O acoplador óptico **161** incluído na secção de medição **160A** tem na entrada a luz emitida a partir do

acoplador óptico **144** e a luz que sai da linha óptica de atraso **152**, caso existam, e emite-as para o detector de equilíbrio **162**. O detector de equilíbrio **162** tem na entrada e detecta a luz emitida a partir do acoplador óptico **161** e faz sair um sinal eléctrico que indica o resultado de detecção para o filtro **163** ou o conversor A/D **166**. O filtro **163** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do detector de equilíbrio **162**, remove o ruído desnecessário incluído no sinal eléctrico, e faz sair o sinal eléctrico remanescente para o detector de RF **164**.

O detector de RF **164** incluído na secção de medição **160A** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do filtro **163**, converte-o num sinal eléctrico correspondente à magnitude da componente de interferência, e faz sair o sinal resultante para o conversor A/D **165**. O conversor A/D **165** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do detector de RF **164**, converte este sinal eléctrico (sinal analógico) para um sinal digital, e faz sair o sinal digital (resultado da medição de OCDR) para a secção de processamento **170**. O conversor A/D **166** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do detector de equilíbrio **162**, converte este sinal eléctrico (sinal analógico) para um sinal digital, e faz sair o sinal digital (resultado da medição de OTDR) para a secção de processamento **170**.

O conversor A/D **166** não é utilizado para a medição de OCDR. O filtro **163**, o detector de RF **164**, e o

conversor A/D **165** não são utilizados para a medição de OTDR.

A secção de processamento **170** faz sair os resultados de medição de OCDR e de OTDR obtidos pela secção de medição **160A** em combinação um com o outro. A secção de processamento **170** também realiza uma operação aritmética predeterminada de acordo com os resultados da medição de OCDR e de OTDR e faz sair o resultado da operação aritmética. A secção de processamento **170** inclui uma secção de controlo **171** e uma secção de armazenamento **172**.

A secção de controlo **171** incluída na secção de processamento **170** controla as operações da secção de fonte de luz **140A**. A secção de controlo **171** tem na entrada o sinal digital (resultado da medição de OCDR) emitido a partir do conversor A/D **165** e o sinal digital (resultado da medição de OTDR) emitido a partir do conversor A/D **166** e faz com que a secção de armazenamento **172** possa armazenar os resultados de medição de OCDR e de OTDR. A secção de armazenamento **172** armazena previamente a forma de onda de tempo de impulso da segunda luz de monitor. A secção de controlo **171** executa uma operação aritmética predeterminada de acordo com o resultado da medição de OCDR, o resultado da medição de OTDR, e a forma de onda do impulso de tempo da segunda luz de monitor e faz sair o resultado da operação aritmética.

A medição de OCDR irá ser agora explicada. No caso da medição de OCDR, a secção de fonte de luz **140A** põe na saída a primeira luz de monitor cuja frequência óptica é modulada de modo a proporcionar uma função de coerência óptica em forma de dentes de pente. Aqui, a luz emitida continua a partir da fonte de luz **141**, é uma cuja frequência óptica é modulada pelo gerador de sinal **142**, tal como para proporcionar uma função de coerência óptica em forma de dentes de pente. Num exemplo específico, a luz cuja frequência óptica é modulada por período de tempo fixo em f_0 , f_0+f_s , f_0-f_s , f_0+2f_s , f_0-2f_s , f_0+3f_s , f_0-3f_s , ... por esta ordem é empregue como a primeira luz de monitor. Num outro exemplo, é utilizada como a primeira luz de monitor, a luz cuja frequência óptica é modulada numa onda sinusoidal para uma frequência de modulação de f_s . A função de coerência óptica da primeira luz de monitor cuja frequência óptica está assim modulada tem um pico (pico de coerência) de forma análoga a uma função delta quando $f_s\tau$ é um inteiro. Por conseguinte, estes tipos de primeira luz de monitor têm uma função de coerência em forma de dentes de pente. A posição do pico de coerência, varia conforme as alterações de f_s .

De um modo preferencial, o modulador óptico **143** submete a luz contínua emitida a partir da fonte de luz **141** a modulação de intensidade em sincronização com modulação de frequência óptica e faz sair assim a luz modulada em intensidade como primeira luz de monitor. Tal primeira luz de monitor torna-se uma na qual estão suprimidos os lóbulos

laterais da função de coerência óptica. O acoplador óptico **144** faz sair a primeira luz de monitor emitida a partir do modulador óptico **143** para o acoplador óptico **112**, e um ramo da primeira luz de monitor como luz referência para o modulador óptico **151**.

A primeira luz de monitor inserida a partir do acoplador óptico **144** para o acoplador óptico **112** propaga-se através da linha de fibra óptica **132**, do divisor óptico **120** e da linha de fibra óptica **133_n** para o terminal do assinante **121_n**. Como a primeira luz de monitor se propaga através do objectivo a ser medido (linha de fibra óptica **132**, divisor óptico **120**, linha de fibra óptica **133_n**, e terminal de assinante **121_n**), ocorre a luz reflectida de Fresnel em pontos de reflexão discretos sobre o objectivo, enquanto a luz de dispersão de Rayleigh ocorre em segmentos entre os pontos de reflexão discretos. Estes tipos de luz reflectida (luz reflectida de Fresnel e luz de dispersão de Rayleigh) são inseridos para dentro do acoplador óptico **161** através dos acopladores ópticos **112**, **144**.

Por outro lado, a luz de referência emitida a partir do acoplador óptico **144** para o modulador óptico **151** é inserida para dentro do acoplador óptico **161** através do modulador óptico **151** e da linha óptica de atraso **152**. O modulador óptico **151** tem na entrada a luz de referência emitida a partir do acoplador óptico **144** e se necessário, põe na porta em intervalos predeterminados, a luz de referência, de modo a determinar uma posição de medição no

objectivo a ser medido na medição de OCDR. Ao conferir um atraso à luz de referência emitida a partir do modulador óptico **151**, a linha óptica de atraso **152** faz diminuir a diferença do comprimento de trajecto óptico entre a luz reflectida da primeira luz de monitor e a luz de referência inserida dentro do acoplador óptico **161**, reduzindo desse modo o ruído causado por flutuações de fase da luz emitida a partir da fonte de luz **141**.

O modulador óptico **151** pode pôr na porta a luz de referência, modular a polarização da luz de referência, alterar a frequência óptica da luz de referência, ou levar a cabo uma multiplicidade destas operações. A modulação de polarização de luz de referência e a média dos resultados de medição de OCDR numa multiplicidade de estados de polarização podem reduzir a influência de flutuações de polarização na primeira luz de monitor e luz referência. Alterando a frequência óptica da luz de referência tal como permitir a detecção heteródina da luz reflectida da primeira luz de monitor pode reduzir o ruído causado por flutuações de intensidade da primeira luz de monitor.

O acoplador óptico **161** combina a luz reflectida da primeira luz de monitor emitida a partir do acoplador óptico **144** e a luz de referência que sai da linha óptica de atraso **152** e põe na saída para o detector de equilíbrio **162** a luz assim combinada. O detector de equilíbrio **162** tem na entrada a luz reflectida e a luz de referência, executa a sua detecção de equilíbrio, e faz sair para o filtro **163** um

sinal eléctrico correspondente à componente de interferência dos respectivos campos eléctricos da luz reflectida e da luz de referência. O filtro **163** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do detector de equilíbrio **162**, remove o ruído desnecessário incluído no sinal eléctrico, e põe na saída para o detector de RF **164** o sinal eléctrico remanescente.

O detector de RF **164** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do filtro **163**, converte-o num sinal eléctrico correspondente à magnitude do componente de interferência, e põe na saída o sinal resultante para o conversor A/D **165**. O conversor A/D **165** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do detector de RF **164**, converte este sinal eléctrico num sinal digital, e põe na saída o sinal digital para a secção de controlo **171**. A secção de controlo **171** tem na entrada o sinal digital emitido pelo conversor A/D **165** e faz com que a secção de armazenamento **172** armazene o sinal digital. O valor do sinal digital indica o factor de reflexão na posição de medição no objectivo a ser medido.

Para além disso, o parâmetro f_s para a modulação de frequência óptica da fonte de luz **141** é alterado sob o controlo da secção de controlo **171**, de modo a mudar a posição do pico de coerência (isto é, a posição de medição no objectivo a ser medido), e como acima mencionado, o sinal digital que indica o factor de reflexão na posição de medição no objectivo a ser medido é armazenado pela secção

de armazenagem **172**. Fazendo o varrimento digital da posição do pico de coerência (isto é, a posição de medição no objectivo a ser medido) vai proporcionar o resultado da medição OCDR.

A medição de OTDR será agora explicada. No caso da medição de OTDR, a secção de fonte de luz **140A** põe na saída a segunda luz de monitor numa forma de impulso. Aqui, o modulador óptico **143** modula a intensidade da luz contínua emitida a partir da fonte de luz **141** e faz sair a luz resultante como a segunda luz de monitor pulsada. Aqui, será preferível que a fonte de luz **141** module a frequência óptica de acordo com o sinal de modulação emitido a partir do gerador de sinal **142**, de modo fazer sair luz contínua cujo espectro é difundido. Deste modo, difundindo o espectro da segunda luz de monitor pode-se inibir um fenómeno óptico não linear, tal como a dispersão de Brillouin estimulada que ocorra quando a segunda luz de monitor se propaga através das linhas de fibra óptica **132**, **133₁** a **133_N**. O acoplador óptico **144** põe na saída a segunda luz de monitor emitida a partir do modulador óptico **143** para o acoplador óptico **112**, e um ramo da segunda luz de monitor para o modulador óptico **151**. A luz inserida para o modulador óptico **151** é desse modo bloqueada.

A segunda luz de monitor inserida a partir do acoplador óptico **144** para o acoplador óptico **112** propaga-se através da linha de fibra óptica **132**, divisor óptico **120**, e linha de fibra óptica **133_n** para o terminal de assinante

121_n. Como a segunda luz de monitor se propaga através do objectivo a ser medido (linha de fibra óptica **132**, divisor óptico **120**, linha de fibra óptica **133_n** e terminal de assinante **121_n**), ocorre a luz reflectida de Fresnel em pontos de reflexão discretos sobre o objectivo, enquanto a luz de dispersão de Rayleigh ocorre em segmentos entre os pontos de reflexão discretos. Estes tipos de luz reflectida (luz reflectida de Fresnel e luz de dispersão de Rayleigh) são inseridos para dentro do acoplador óptico **161** através dos acopladores ópticos **112**, **144**.

O acoplador óptico **161** tem na entrada a luz reflectida da segunda luz de monitor emitida a partir do acoplador óptico **144** e põe-na na saída para o detector de equilíbrio **162**. O detector de equilíbrio **162** actua de um modo desequilibrado, assim como a fazer entrar a luz emitida a partir do acoplador óptico **161** e faz sair um sinal eléctrico correspondente à potência da luz de entrada para o conversor A/D **166**. Uma função de tempo deste sinal eléctrico representa uma distribuição de factor de reflexão no objectivo a ser medido. O conversor A/D **166** tem na entrada o sinal eléctrico emitido a partir do detector de equilíbrio **162**, converte o sinal eléctrico em sinais digitais em período fixo, e faz sair os sinais digitais para a secção de controlo **171**. A secção de controlo **171** tem na entrada os sinais digitais emitidos a partir do conversor A/D **166** e faz com que a secção de armazenamento **172** os armazene. Deste modo é obtido o resultado da medição de OTDR.

Os detalhes de processamento na secção de processamento **170** serão agora explicados com referência às Figs. 11 e 12. A Fig. 11, é um gráfico que ilustra esquematicamente os respectivos resultados de medição de OCDR, a medição de OTDR e processamento pela secção de processamento **170**. A Fig. 12, é um gráfico que ilustra um fluxo de processamento pela secção de processamento **170**. A secção de controlo **171** incluída na secção de processamento **170** leva a cabo o processamento seguinte pela utilização dos resultados de medição de OCDR e de OTDR obtidos como na exposição precedente e armazenados na secção de armazenamento **172** e a forma de onda de tempo de impulso da segunda luz de monitor previamente armazenada na secção de armazenamento **172**.

De um modo geral, como ilustrado na Fig. 11, o resultado da medição OCDR proporciona posições dos pontos de reflexão discretos (por exemplo, o ponto de conexão entre as linhas de fibra óptica **133_n** e o terminal de assinante **121_n**) com uma resolução elevada, mas falha quanto a proporcionar a informação em segmentos entre os pontos de reflexão desde que seja observado nestes segmentos o ruído coerente devido a lóbulos de lado da função de coerência óptica. No resultado da medição OTDR, por outro lado, é observada a luz de dispersão de Rayleigh nos segmentos entre os pontos de reflexão discretos, enquanto são observados perto dos pontos de reflexão picos amplos devido às convoluções das posições de ponto de reflexão com a

forma de onda de tempo de impulso da segunda luz de monitor.

Por conseguinte, tendo em conta tais características respectivas dos resultados de medição de OCDR e de OTDR, a secção de processamento **170** do aparelho de medição de reflexão óptica **113A** de acordo com este modelo de realização leva a cabo o processamento ilustrado na Fig. 12, pela utilização do resultado da medição de OCDR e de OTDR e a forma de onda do tempo de impulso da segunda luz de monitor, obtendo-se assim um resultado de medição de ponto de reflexão de elevada resolução, incluindo a medição da luz de dispersão de Rayleigh, como ilustrado na Fig. 11.

Pela utilização do resultado da medição de OCDR armazenado na secção de armazenamento **172**, a secção de controlo **171** incluída na secção de processamento **170** leva inicialmente a cabo o processamento limite do resultado da medição de OCDR a um nível pré-determinado mais elevado do que o ruído de coerência, de modo a detectar as posições de picos, determinando assim uma lista de posições dos pontos de reflexão discretos no objectivo a ser medido.

Pela utilização da forma de onda do tempo de impulso da segunda luz de monitor armazenada na secção de armazenamento **172** e informação, tal como a distribuição longitudinal de dispersão de comprimento de onda ou dispersão de modo de polarização do objectivo a ser medido, a secção de controlo **171** determina a forma de onda de tempo

de impulso da segunda luz de monitor para cada posição devido à expansão de impulso quando a segunda luz de monitor se propaga através do objectivo.

A secção de controlo **171** submete a já determinada lista de posição do ponto de reflexão discreto e a forma de onda de tempo de impulso da segunda luz de monitor em cada posição para uma operação de convulsão, de modo a determinar o quanto contribui a reflexão da segunda luz de monitor para os pontos de reflexão discretos, para o resultado da medição de OTDR.

A secção de controlo **171** corrige o resultado da medição de OTDR armazenado na secção de armazenamento **172** de acordo com o assim determinado grau de contribuição e faz sair o resultado da correcção. Especificamente, a secção de controlo **171** subtrai a contribuição da reflexão da segunda luz de monitor nos pontos de reflexão discretos a partir do resultado da medição de OTDR, gera uma forma de onda de pico de reflexão em forma de uma função delta a partir da lista de posição do ponto de reflexão discreto e combina esta forma de onda com o resultado da subtracção.

Uma vez que a secção de processamento **170** leva a cabo tal processamento, o aparelho de medição de reflexão óptica **113A** de acordo com este modelo de realização pode grandemente com precisão detectar a luz de dispersão de Rayleigh e a luz reflectida discreta que ocorrem no objectivo a ser medido, proporcionando-se assim, um

resultado da medição de elevada resolução da distribuição de factor de reflexão.

Segundo exemplo

A Fig. 13, é um diagrama da estrutura de um sistema de comunicação óptico **101B** e de aparelho de medição de reflexão óptica **113B** de acordo com o segundo exemplo. O sistema de comunicação óptico **101B** em conformidade com o segundo exemplo ilustrado na Fig. 13, difere do sistema de comunicação óptico **101A** de acordo com o primeiro exemplo ilustrado na Fig. 10, naquilo em que ele compreende respectivamente uma estação **110B** e um aparelho de medição de reflexão óptica **113B** em vez da estação **110A** e aparelho de medição de reflexão óptica **113A**.

O aparelho de medição de reflexão óptica **113B** na Fig. 13, difere do aparelho de medição de reflexão óptica **113A** na Fig. 10, naquilo em que inclui respectivamente uma secção de fonte de luz **140B** e uma secção de medição **160B** em vez da secção de fonte de luz **140A** e da secção de medição **160A**, e que ainda inclui um circulador óptico **153**.

A secção de fonte de luz **140B** inclui uma fonte de luz **141**, um gerador de sinal **142**, um modulador óptico **143**, e um acoplador óptico **144**. O acoplador óptico **144** é proporcionado entre a fonte de luz **141** e o modulador óptico **143**, divide em duas cada uma da primeira luz de monitor e segunda luz de monitor emitidas a partir da fonte de luz

141, e põe na saída um dos dois ramos de luz para o modulador óptico **143** e o outro para o modulador óptico **151**. O modulador óptico **143** tem na entrada a luz emitida a partir do acoplador óptico **144**, modula esta luz, e faz sair a luz modulada para o circulador óptico **153**.

O circulador óptico **153** tem na entrada a luz emitida a partir do modulador óptico **143** e põe-na na saída para o acoplador óptico **112**. O circulador óptico **153** também tem na entrada a luz emitida a partir do acoplador óptico **112** e põe-na na saída para o acoplador óptico **161**.

A secção de medição **160B** inclui um acoplador óptico **161**, um detector de equilíbrio **162**, um filtro **163**, um detector de RF **164**, e um conversor A/D **165**. O acoplador óptico **161** tem na entrada a luz emitida a partir do circulador óptico **153** e a luz que sai da linha óptica de atraso **152** e põe-nas na saída para o detector de equilíbrio **162**.

No caso da medição de OCDR, a primeira luz de monitor emitida a partir da fonte de luz **141** percorre o acoplador óptico **144**, o modulador óptico **143**, o circulador óptico **153**, e o acoplador óptico **112**, assim como se propaga através do objectivo a ser medido (linha de fibra óptica **132**, divisor óptico **120**, linha de fibra óptica **133_n**, e terminal de assinante **121_n**). A luz reflectida (constituída pela luz reflectida de Fresnel e luz de dispersão de Rayleigh) que ocorrem no momento da propagação é inserida

para dentro do acoplador óptico **161** através do acoplador óptico **112** e circulador óptico **153**. Uma parte da primeira luz de monitor emitida a partir da fonte de luz **141** é ramificada pelo acoplador óptico **144** como luz de referência. A luz de referência é inserida para dentro do acoplador óptico **161** através do modulador óptico **151** e da linha óptica de atraso **152**. A secção de medição **160B** e secção de processamento **170** actuam como no primeiro exemplo, proporcionando-se deste modo o resultado da medição de OCDR.

No caso da medição de OTDR, por outro lado, a segunda luz de monitor emitida a partir da fonte de luz **141** percorre o acoplador óptico **144**, o modulador óptico **143**, o circulador óptico **153** e o acoplador óptico **112**, assim como se propaga através do objectivo a ser medido. A luz reflectida (constituída pela luz reflectida de Fresnel e luz de dispersão Rayleigh) que ocorre no momento da propagação é inserida para dentro do acoplador óptico **161** através do acoplador óptico **112** e do circulador óptico **153**. Uma parte da segunda luz de monitor emitida a partir da fonte de luz **141** é ramificada pelo acoplador óptico **144** como luz de referência. A luz de referência é inserida para dentro do acoplador óptico **161** através do modulador óptico **151** e da linha óptica de atraso **152**.

Neste modelo de realização, o detector de equilíbrio **162** leva a cabo uma operação de detecção de equilíbrio também no caso de medição de OTDR.

Desejavelmente, o modulador óptico **151** altera a frequência óptica da luz de referência, e o detector de equilíbrio **162** leva a cabo a detecção heteródina da segunda luz de monitor. Isto faz conseguir um esquema de medição conhecido como coerente de OTDR (C-OTDR), medindo assim, uma distribuição de factor de reflexão.

A secção de processamento **170** desempenha o processamento como no primeiro exemplo. Os resultados da medição de OCDR e de C-OTDR são processados pelo fluxo da Fig. 12, pelo que é obtido um resultado de medição de distribuição de factor de reflexão de elevada resolução tal como ilustrado na Fig. 11. Para além disso, isto pode ser empregue em sistemas PON, tais como sistemas de 32 ramos nos quais a perda de inserção no divisor óptico **120** é alta, desde que o C-OTDR possa medir limites de ruído de disparo pela utilização de luz de referência, com uma potência suficientemente elevada.

Tal como exposto anteriormente, o aparelho de medição de reflexão óptica compreende (1) uma secção de fonte de luz para fazer sair selectivamente uma de primeira luz de monitor, na qual é modulada uma frequência óptica, tal como para proporcionar uma função de coerência óptica em forma de dentes de pente e a segunda luz de monitor pulsada e, ramificando-se uma parte da primeira luz de monitor como luz de referência; (2) uma secção de medição para a obtenção de um resultado de medição de OCDR de acordo com a luz reflectida que ocorre quando a primeira

luz de monitor emitida a partir da secção de fonte de luz se propaga através de um objectivo a ser medido e a luz de referência emitida a partir da secção de fonte de luz, e um resultado de medição de OTDR de acordo com a luz reflectida que ocorre quando a segunda luz de monitor emitida a partir da secção de fonte de luz se propaga através do objectivo; e (3) uma secção de processamento para fazer sair os resultados de medição de OCDR e de OTDR obtidos pela secção de medição em combinação de uns com os outros. Assim, fazendo sair os resultados de medição de OTDR e de OCDR em combinação uns com os outros pode detectar pontos de reflexão discretos no objectivo com uma resolução espacial elevada e medir estados de segmentos entre os pontos de reflexão discretos no objectivo.

De um modo preferencial, no aparelho de medição de reflexão óptica, a secção de processamento determina uma posição de ponto de reflexão discreto no objectivo de acordo com o resultado da medição de OCDR, encontra o quanto a reflexão da segunda luz de monitor no ponto de reflexão discreto contribui para o resultado da medição de OCDR de acordo com a determinada posição do ponto de reflexão discreto e a forma de onda do tempo de pulso da segunda luz de monitor, corrige o resultado da medição de OTDR de acordo com o grau de contribuição assim obtido, e faz sair o resultado da correcção. Desempenhando tal processamento podem medir-se estados na vizinhança de pontos de reflexão discretos sobre o objectivo e unificar elementos de informação respeitantes aos pontos de reflexão

discretos e aos segmentos entre os pontos de reflexão discretos.

O sistema de comunicação óptico é aquele que leva a cabo uma comunicação óptica entre os terminais do lado de estação e do lado de assinante opticamente conectados uns aos outros com uma linha óptica, o sistema de comunicação óptico compreendendo um acoplador óptico proporcionado na linha óptica e o acima mencionado aparelho de medição de reflexão óptica opticamente conectado ao acoplador óptico, em que a primeira ou segunda luz de monitor emitida selectivamente a partir do aparelho de medição de reflexão óptica é causada para se propagarem para a linha óptica através do acoplador óptico; e em que a luz reflectida que ocorre quando a primeira ou segunda luz de monitor se propaga através da linha de fibra óptica é inserida dentro do aparelho de medição de reflexão óptica através do acoplador óptico. De um modo preferencial, no sistema de comunicação óptico de acordo com a presente invenção, o terminal do lado de estação está opticamente conectado a uma multiplicidade de terminais de assinante através de um divisor óptico, enquanto é proporcionado um acoplador óptico na linha de fibra óptica entre o terminal do lado de estação e o divisor óptico. Por conseguinte, utilizando no sistema de comunicação óptico o aparelho de medição de reflexão óptica acima mencionado podem especificar-se localizações onde ocorrem as falhas nos terminais de assinante e linha de fibra óptica.

De um modo preferencial, no sistema de comunicação óptica, uma multiplicidade de terminais de assinante têm respectivos comprimentos diferentes de fibra óptica a partir do divisor óptico. Neste caso, os terminais de assinante de modo individual podem ser distinguidos uns dos outros.

O aparelho de medição de reflexão óptica acima mencionado e o sistema de comunicação óptico pode com muito alta precisão detectar a luz de dispersão de Rayleigh e luz reflectida discreta que ocorrem no objectivo a ser medido.

Exemplos Modificados

Os presentes exemplos podem ser modificados de várias maneiras sem que se esteja restringido ao primeiro e segundo exemplos acima mencionados. Por exemplo, podem ser utilizadas técnicas em combinação no primeiro e segundo exemplos para supressão de lóbulos laterais na função de coerência óptica da primeira luz de monitor. Consequentemente, assumindo que a forma de onda de modulação gerada pelo gerador de sinal **142** é uma onda sinusoidal, a luz emitida a partir da fonte de luz **141** exhibe alterações espectrais agudas em ambas as partes de extremidade do seu espectro de potência, gerando desse modo lóbulos laterais; para suprimir estes lóbulos laterais, é preferível utilizar um método de suavização de ambas as partes de extremidade do espectro com um filtro óptico ou

um método de suavização do espectro através da distorção da forma de onda de modulação.

É desejável que para o primeiro e segundo exemplos se utilize a luz de monitor tendo um comprimento de onda diferente daquele da luz de sinal emitido a partir do terminal do lado de estação **111**, impedindo desse modo que a luz de sinal e a luz de monitor interfiram uma com a outra. Desde que como comprimento de onda da luz de sinal sejam utilizadas as bandas de 1,3 μm , 1,49 μm , 1,55 μm e análogas, é preferido como comprimento de onda da primeira ou segunda luz de monitor, uma banda de 1,58 a 1,65 μm . De um modo preferencial como um multiplexador de comprimento de onda, o acoplador óptico **122** minimiza a perda de inserção da luz de sinal e luz de monitor.

No primeiro e segundo exemplos, a segunda luz de monitor utilizada para a medição de OTDR pode ser gerada através da modulação directa da fonte de luz **141**.

No primeiro e segundo exemplos, tal como esquematicamente ilustrado em cada uma das Figs. 10 e 13, é desejável que as linhas de fibra óptica de **133₁** a **133_N** que tenham os respectivos comprimentos diferentes uns dos outros. Será preferido, em particular, se a diferença de comprimento entre as linhas de fibra óptica **133_n** for maior do que uma resolução típica da medição de OADR (por exemplo, 50 cm ou mais), uma vez que podem ser medidos discriminadamente para os respectivos terminais de

assinante os pontos de reflexão discretos que ocorrem nos pontos de conexão dos terminais de assinante **121_n** com as linhas de fibras ópticas **133_n**. Como meio de discriminação de terminal, entre os terminais de assinantes **121_n** e as suas linhas de fibra óptica correspondentes **133_n**, podem ser inseridos elementos marcadores de reflexão que têm para os respectivos terminais de assinante, pontos de reflexão discretos formados em períodos diferentes.

O primeiro e segundo exemplos podem obter, informação acerca da distância de cada terminal de assinante para a estação pela medição durante ou depois da construção do sistema de comunicação óptico, armazenar a informação dentro da secção de armazenamento **172**, e limitar a faixa de medição de OCDR à vizinhança da distância armazenada para o terminal de assinante. Isto torna possível monitorizar num curto período de tempo se é mantida ou não a conexão óptica entre cada terminal de assinante e a estação.

Lista de Sinais de Referência

1A, 1B...sistema de monitorização de linha óptica; 10A, 10B... estação; 11...terminal do lado de estação; 12...acoplador óptico; 13...comutador óptico; 14A, 14B...aparelho de monitorização de linha óptica; 15...Secção de medição de OCDR; 15B...secção de medição de OCDR/OTDR; 16...secção de medição de OTDR; 17...secção de controlo; 18...secção de armazenamento; 20...divisor

óptico; 21₁ a 21_N...terminal de assinante; 22₁ a 22_N...filtro óptico; 31, 32, 33₁ a 33_N...linha de fibra óptica; 41...fonte de luz; 42...modulador de intensidade; 43...divisor óptico; 44...secção de porta de luz de monitor; 45...circulador óptico; 46...modulador de polarização; 47...fibra óptica de atraso; 51...acoplador óptico; 52...detector de equilíbrio; 53...primeiro filtro; 54...secção de porta de sinal eléctrico; 55...segundo filtro; 56...detector de RF; 57...conversor A/D; 61...secção de controlo; 62 a 65...gerador de sinal; 66...comutador óptico; 67...conversor A/D; 71...fonte de luz; 72...circulador óptico; 73...fotodetector; 74...conversor A/D; 75...secção de controlo; 76...gerador de sinal; 101A, 101B...sistema de comunicação óptico; 110A, 110B...estação; 111...terminal do lado de estação; 112...acoplador óptico; 113A, 113B...aparelho de medição de reflexão óptica; 120...divisor óptico; 121₁ a 121_N...terminal de assinante; 131, 132, 133₁, 133_N...linha de fibra óptica; 140A, 140B...secção de fonte de luz; 141...fonte de luz; 142...gerador de sinal; 143...modulador óptico; 144...acoplador óptico; 151...modulador óptico; 152...linha óptica de atraso; 153...circulador óptico; 160A, 160B...secção de medição; 161...acoplador óptico; 162...detector de equilíbrio; 163...filtro; 164...detector de RF; 165...conversor A/D; 166...conversor A/D; 170...secção de processamento; 171...secção de controlo; 172...secção de armazenamento.

REIVINDICAÇÕES

1. Um aparelho de monitorização de linha óptica (10A, 10B), que compreende:

primeiros meios de medição (15, 16, 15B) para a propagação de primeira luz de monitor através de uma linha óptica (32, 33n), recebendo a primeira luz reflectida que ocorre quando a primeira luz de monitor se propaga, e obtendo uma distribuição de factor de reflexão ao longo de uma direcção de propagação de luz na linha óptica (32, 33n) como um primeiro resultado da medição por OTDR ou OCDR;

segundos meios de medição (15, 15B) para propagação de segunda luz de monitor através da linha óptica (32, 33n), recebendo a segunda luz reflectida que ocorre quando a segunda luz de monitor se propaga, e obtendo uma distribuição de factor de reflexão ao longo da direcção de propagação de luz na linha óptica (32, 33n) como um segundo resultado da medição por OCDR; e

uma secção de controlo (17) para fazer com que o primeiro meio de medição (15, 16, 15B) possa obter o primeiro resultado de medição com uma primeira resolução espacial e, em seguida, fazendo com que o segundo meio de medição (15) possa obter o segundo resultado de medição na faixa de uma parte da linha óptica (32, 33n), que é determinada de acordo com o primeiro resultado de medição,

com uma segunda resolução espacial mais pequena do que a primeira resolução espacial,

em que a secção de controlo (17) está adaptada para determinar uma posição de um ponto de reflexão discreto na linha óptica de acordo com o segundo resultado de medição, para se obter um grau de contribuição de reflexão no ponto de reflexão discreto devido ao primeiro resultado de medição de acordo com a posição determinada do ponto de reflexão discreto e a primeira resolução espacial por uma operação de convolução do primeiro resultado de medição com a parte de reflexão discreta, para corrigir o primeiro resultado de medição de acordo com o grau de contribuição obtido, e para fazer sair o resultado corrigido.

2. Um aparelho de monitorização de linha óptica (10B) de acordo com a reivindicação 1, em que uma secção de fonte de luz para fazer sair a primeira luz de monitor nos primeiros meios de medição (15B) e uma secção de fonte de luz para fazer sair a segunda luz de monitor nos segundos meios de medição (15B), incluem uma parte comum; e

em que uma secção de detecção para receber a primeira luz reflectida nos primeiros meios de medição (15B) e uma secção de detecção para receber a segunda luz reflectida nos segundos meios de medição (15B) incluem uma parte comum.

3. Um sistema de monitorização de linha óptica (1A, 1B) para monitorizar um sistema de comunicação óptico para levar a cabo uma comunicação óptica entre os terminais do lado de estação e de assinante (11, 21n) opticamente conectados uns com os outros com uma linha óptica (32, 33n), o sistema de monitorização de linha óptica compreendendo:

um acoplador óptico (12) proporcionado na linha óptica (32, 33n) e o aparelho de monitorização de linha óptica (10A, 10B) de acordo com a reivindicação 1 ou 2 opticamente conectado ao acoplador óptico (12);

em que a primeira ou segunda luz de monitor, selectivamente emitidas a partir do aparelho de monitorização de linha óptica (10A, 10B), é causada para se propagar para a linha óptica (32, 33n) através do acoplador óptico (12); e

em que a primeira ou segunda luz reflectida é inserida no aparelho de monitorização de linha óptica (10A, 10B), através do acoplador óptico (12).

4. Um sistema de monitorização de linha óptica (1A, 1B) de acordo com a reivindicação 3, em que o terminal do lado de estação (11) é opticamente conectado a uma multiplicidade de terminais de assinante (21) através de um divisor óptico (20); e

em que o acoplador óptico (12) é proporcionado na linha óptica (32, 33n) entre o terminal do lado de estação e o divisor óptico (20) em que cada um de entre a multiplicidade de terminais de assinante (21n) inclui um filtro de reflexão (22n) para as respectivas partes diferentes da linha óptica (32, 33n) para de modo selectivo o comprimento de onda reflectir a primeira luz de monitor e segunda luz de monitor, e em que o aparelho de monitorização de linha óptica (10A, 10B) compreende ainda uma secção de porta de luz de monitor (44) para fazer sair a segunda luz de monitor apenas para um período de um impulso de um sinal de porta de luz de monitor (C).

Lisboa, 11 de Dezembro de 2015

Fig.1

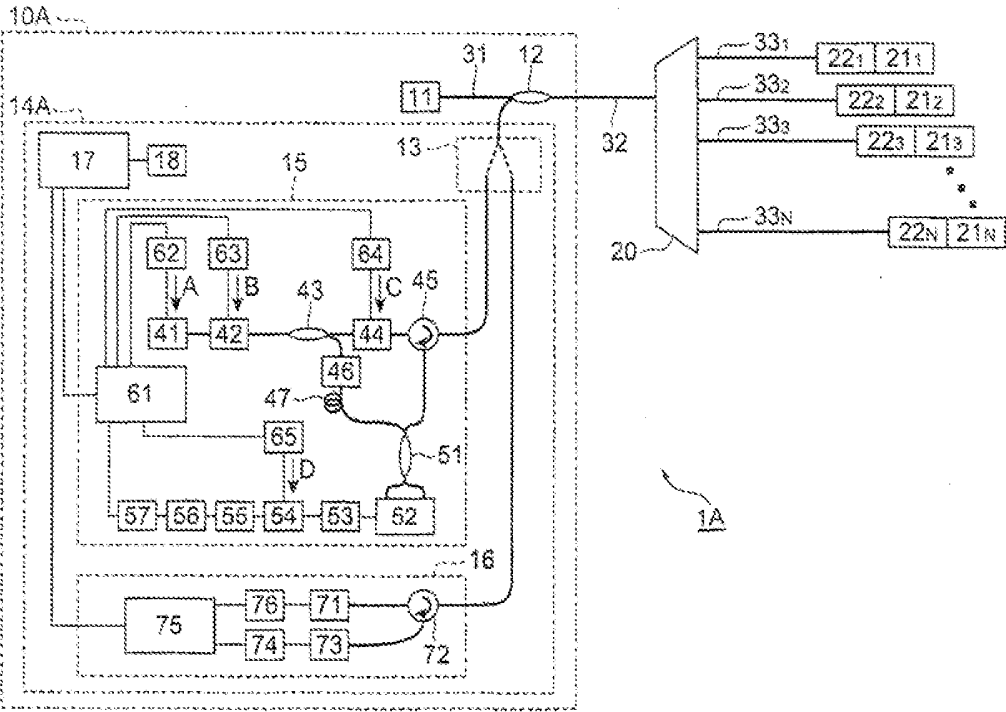
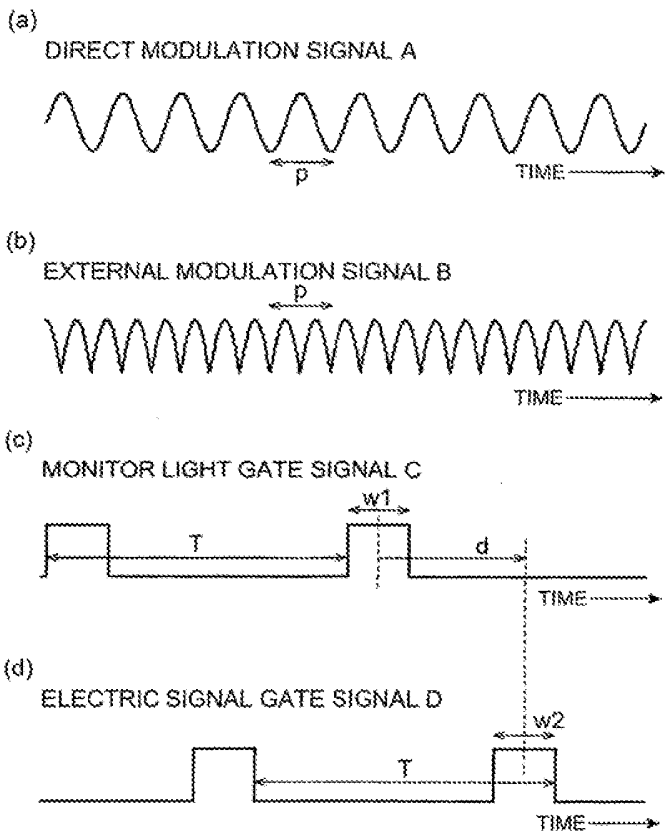


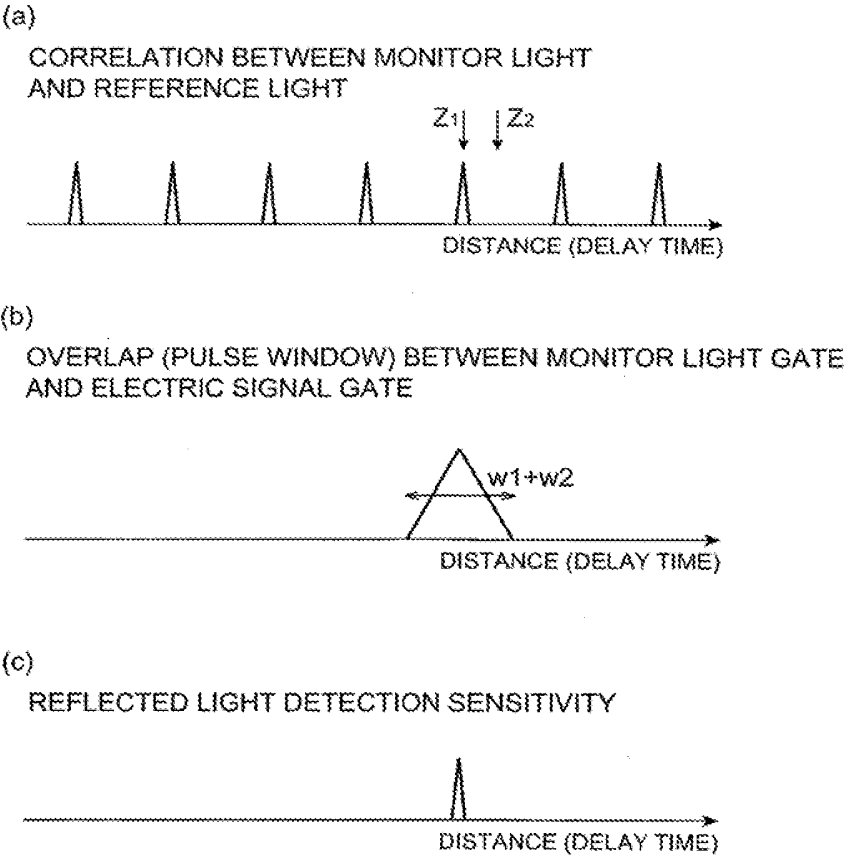
Fig.2



Legenda da Fig. 2:

(a)	DIRECT MODULATION SIGNAL A	SINAL DE MODULAÇÃO DIRECTO A
(b)	EXTERNAL MODULATION SIGNAL B	SINAL DE MODULAÇÃO EXTERNO B
(c)	MONITOR LIGHT GATE SIGNAL C	SINAL DE PORTA DE LUZ DE MONITOR C
(d)	ELECTRIC SIGNAL GATE SIGNAL C	SINAL DE PORTA DE SINAL ELÉCTRICO D
	TIME	TEMPO

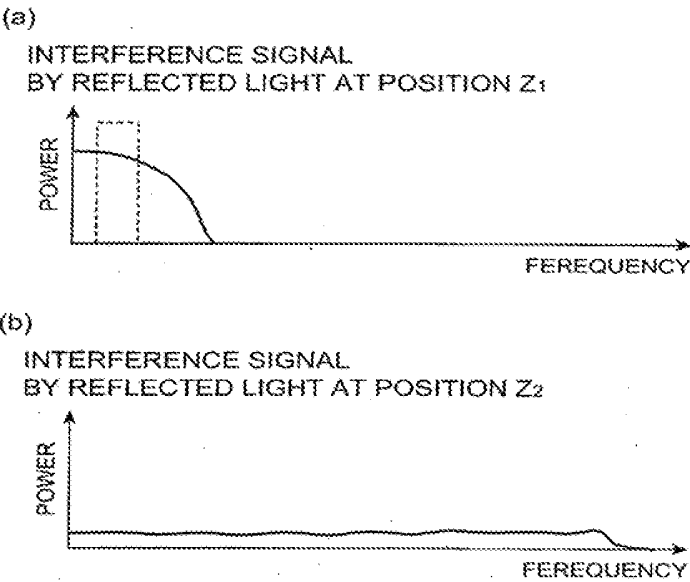
Fig.3



Legenda da Fig. 3:

(a)	CORRELATION BETWEEN MONITOR LIGHT AND REFERENCE LIGHT	CORRELAÇÃO ENTRE LUZ DE MONITOR E LUZ DE REFERÊNCIA
(b)	OVERLAP (PULSE WINDOW) BETWEEN MONITOR LIGHT GATE AND ELECTRIC SIGNAL GATE	SOBREPOSIÇÃO (JANELA DE IMPULSO) ENTRE PORTA DE LUZ DE MONITOR E PORTA DE SINAL ELÉCTRICO
(c)	REFLECTED LIGHT DETECTION SENSIVITY	SENSIBILIDADE DE DETECÇÃO DE LUZ REFLECTIDA
	DISTANCE (DELAY TIME)	DISTÂNCIA (TEMPO DE ATRASO)

Fig.4

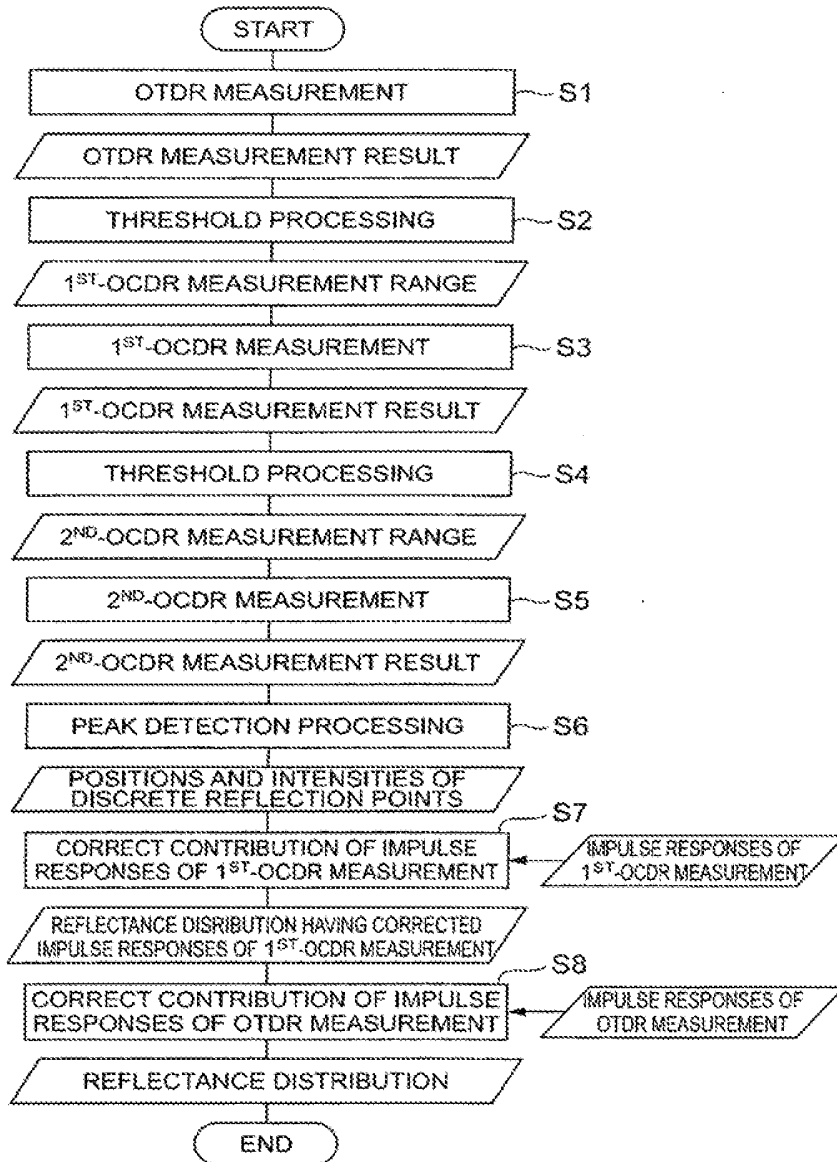


Legenda da Fig. 4:

(a)	INTERFERENCE SIGNAL BY REFLECTED LIGHT AT POSITION Z_1	SINAL DE INTERFERÊNCIA PARA A POSIÇÃO Z_1
(b)	INTERFERENCE SIGNAL BY REFLECTED LIGHT AT POSITION Z_2	SINAL DE INTERFERÊNCIA PARA A POSIÇÃO Z_2
	FEREQUENCY (FREQUENCY)	FREQUÊNCIA
	POWER	POTÊNCIA

Fig.5

5/13

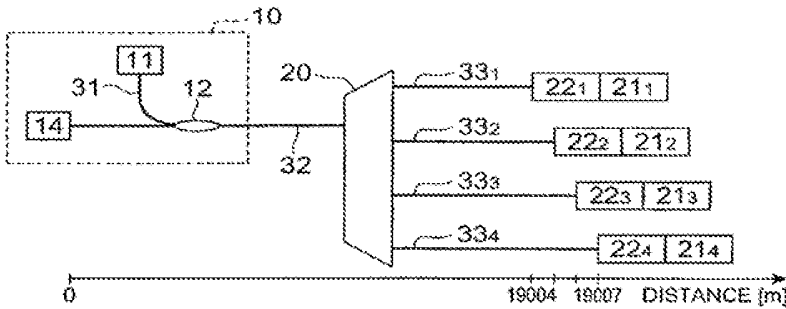


Legenda da Fig. 5:

	START	INÍCIO
S1	OTDR MEASUREMENT	MEDIÇÃO DE OTDR
	OTDR MEASUREMENT RESULT	RESULTADO DE MEDIÇÃO DE OTDR
S2	THRESHOLD PROCESSING	LIMITE DE PROCESSAMENTO
	1 ST -OCDR MEASUREMENT RANGE	FAIXA DE 1 ^a MEDIÇÃO DE OCDR
S3	1 ST -OCDR MEASUREMENT	1 ^a MEDIÇÃO DE OCDR
	1 ST -OCDR MEASUREMENT RESULT	RESULTADO DE 1 ^a MEDIÇÃO DE OCDR
S4	THRESHOLD PROCESSING	LIMITE DE PROCESSAMENTO

	2 ST -OCDR MEASUREMENT RANGE	FAIXA DE 2 ^a MEDIÇÃO DE OCDR
S5	2 ST -OCDR MEASUREMENT	2 ^a MEDIÇÃO DE OCDR
	2 ST -OCDR MEASUREMENT RESULT	RESULTADO DE 2 ^a MEDIÇÃO DE OCDR
S6	PEAK DETECTION PROCESSING	PROCESSAMENTO DE DETECÇÃO DE PICO
	POSITIONS AND INTENSITIES OF DISCRETE REFLECTION POINTS	POSIÇÕES E INTENSIDADES DE PONTOS DE REFLECÇÃO DISCRETOS
S7	CORRECT CONTRIBUTION OF IMPULSE RESPONSES OF 1 ST -OCDR MEASUREMENT	CONTRIBUIÇÃO CORRECTA DE RESPOSTAS DE IMPULSO DE 1 ^a MEDIÇÃO DE OCDR
	IMPULSE RESPONSES OF 1 ST -OCDR MEASUREMENT	RESPOSTAS DE IMPULSO DE 1 ^a MEDIÇÃO DE OCDR
	REFLECTANCE DISRIBUTION (DISTRIBUTION) HAVING CORRECTED IMPULSE RESPONSES OF 1 ST -OCDR MEASUREMENT	DISTRIBUIÇÃO DE FACTOR DE REFLEXÃO TENDO RESPOSTAS CORRIGIDAS DE 1 ^a MEDIÇÃO DE OCDR
S8	CORRECT CONTRIBUTION OF IMPULSE RESPONSES OF OTDR MEASUREMENT	CONTRIBUIÇÃO CORRECTA DE RESPOSTAS DE IMPULSO DE MEDIÇÃO DE OTDR
	IMPULSE RESPONSES OF OTDR MEASUREMENT	RESPOSTAS DE IMPULSO DE MEDIÇÃO DE OTDR
	REFLECTANCE DISTRIBUTION	DISTRIBUIÇÃO DE FACTOR DE REFLEXÃO
	END	FIM

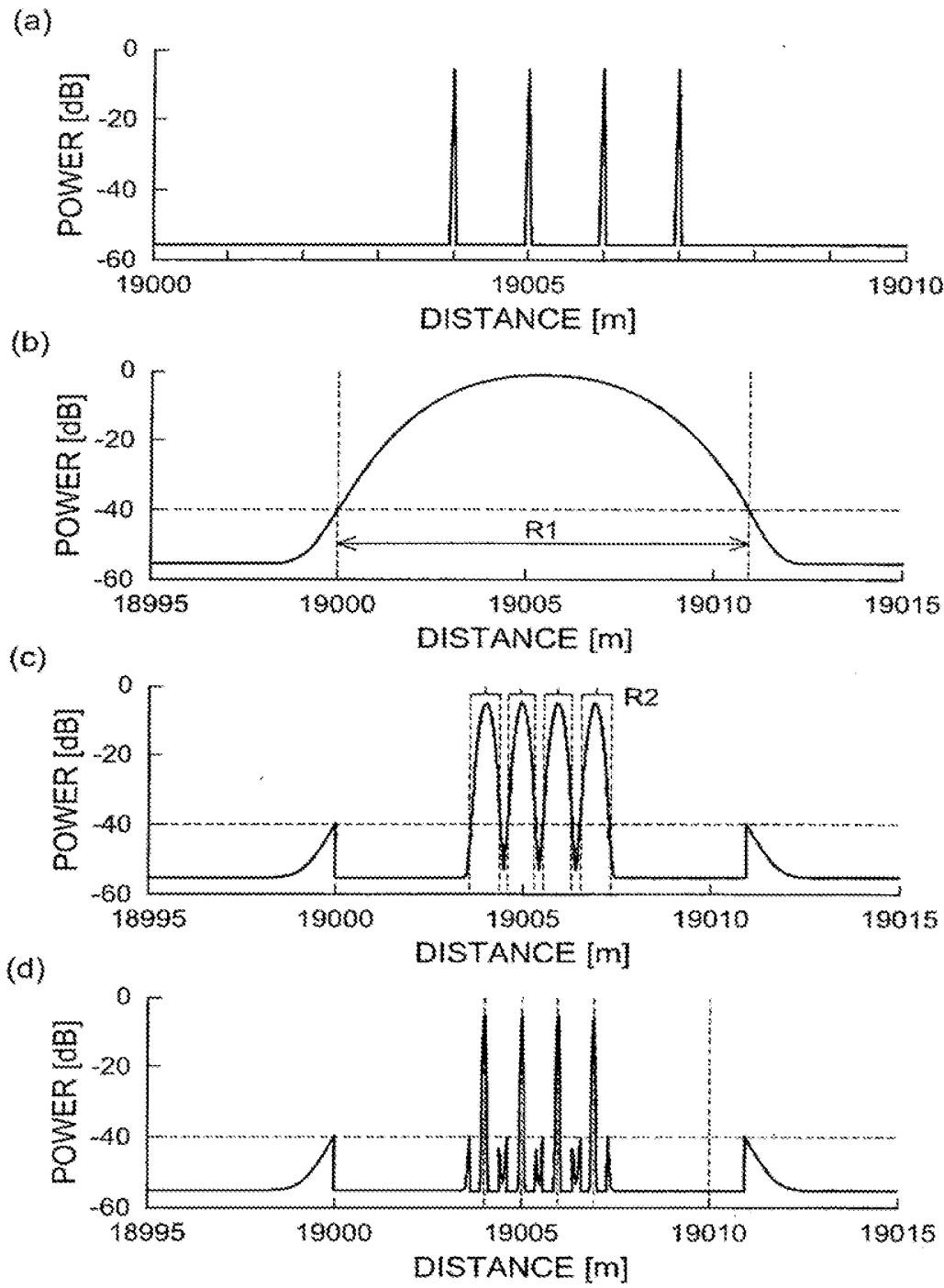
Fig.6



Legenda da Fig. 6:

DISTANCE (m)	DISTÂNCIA (m)
--------------	---------------

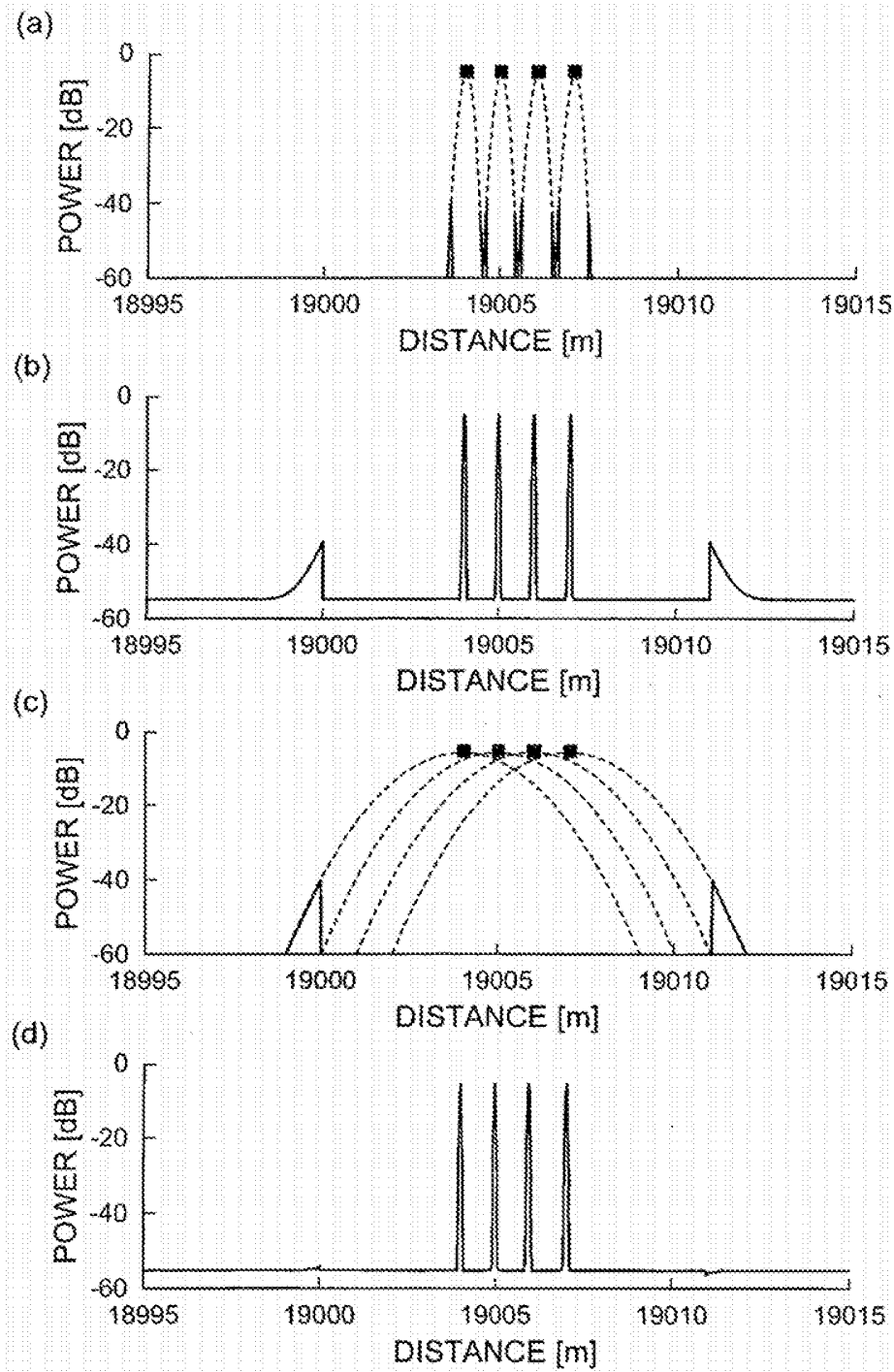
Fig.7



Legenda da Fig. 7:

DISTANCE (m)	DISTÂNCIA (m)
POWER (dB)	POTÊNCIA (dB)

Fig.8



Legenda da Fig. 8:

DISTANCE (m)	DISTÂNCIA (m)
POWER (dB)	POTÊNCIA (dB)

Fig.9

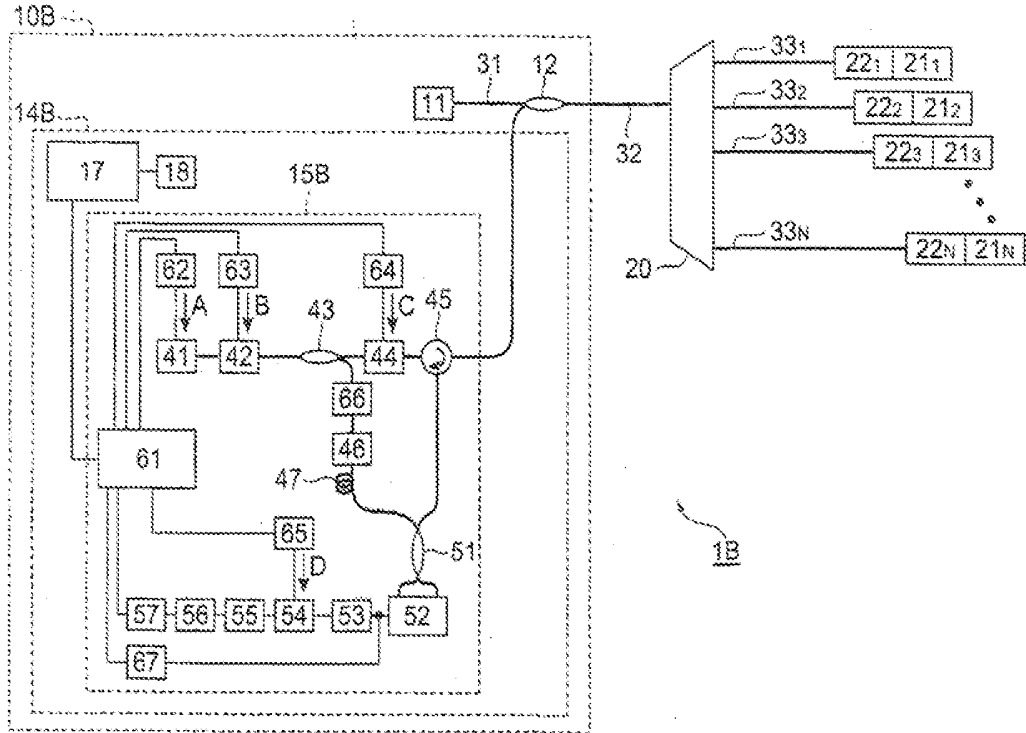


Fig.10

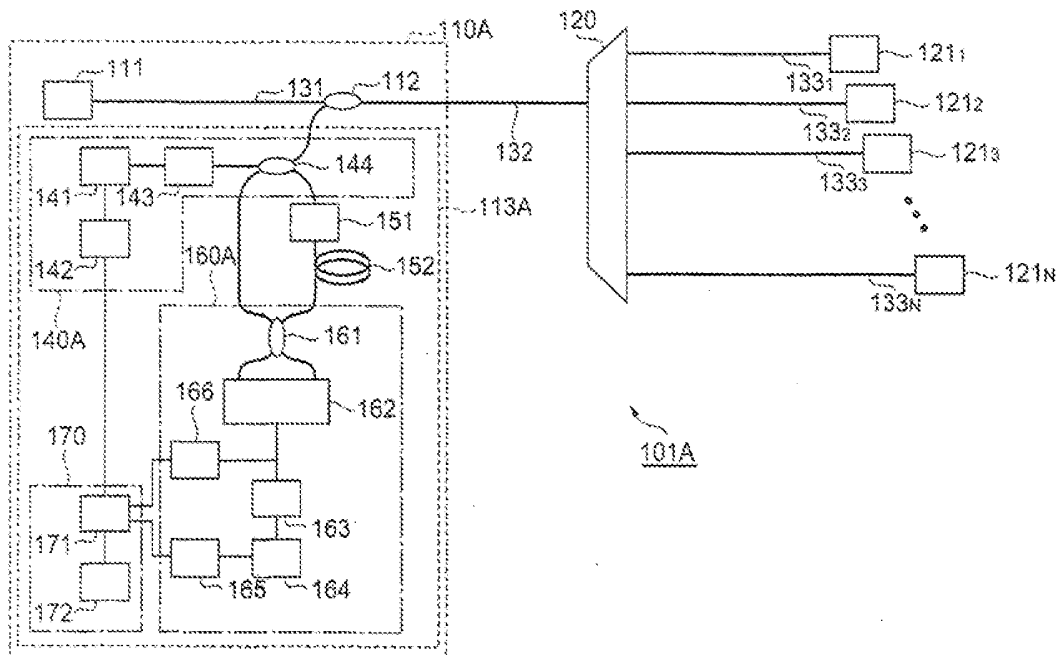
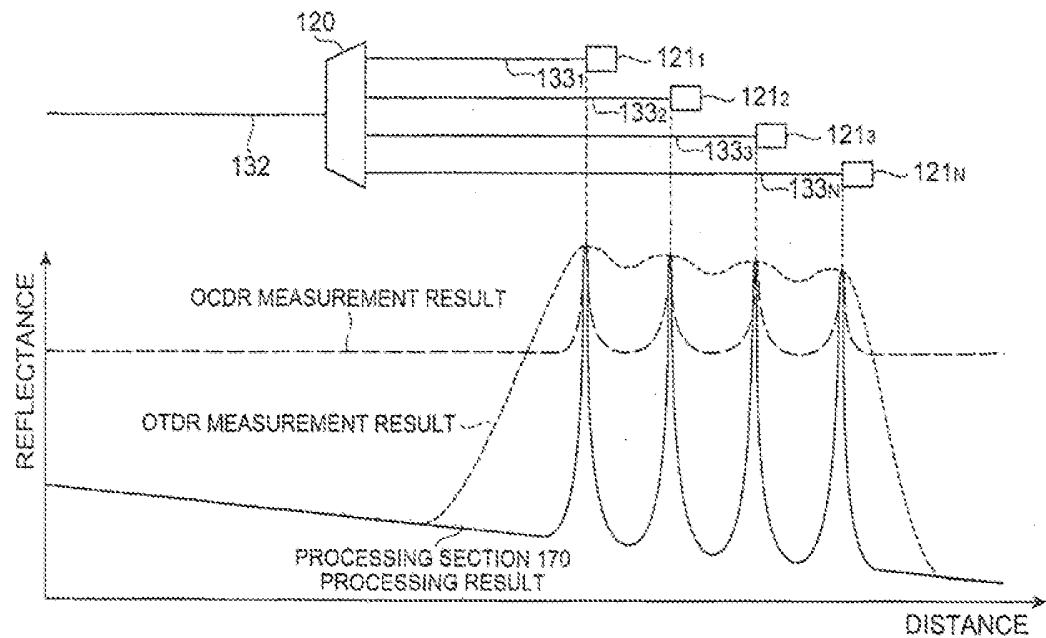
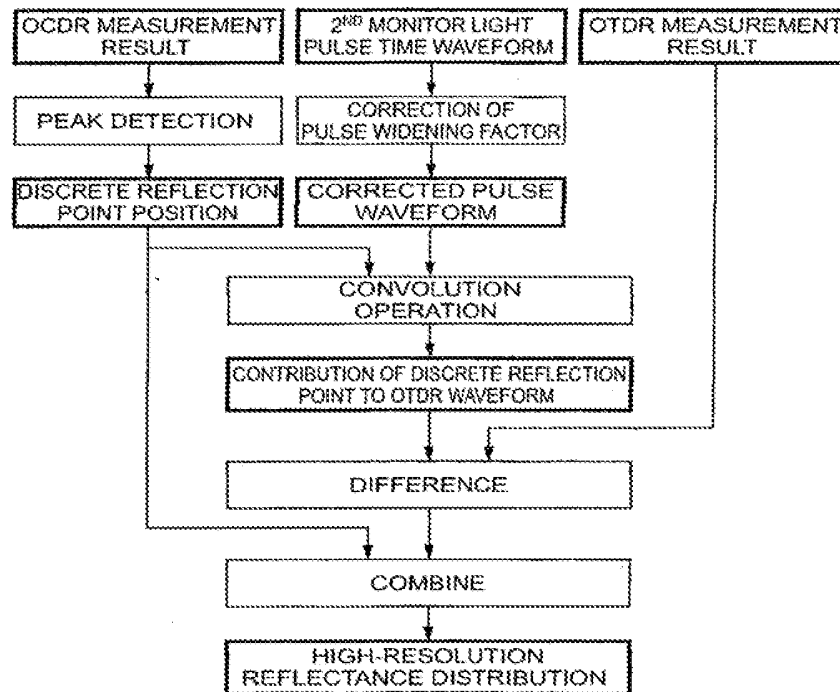


Fig.11



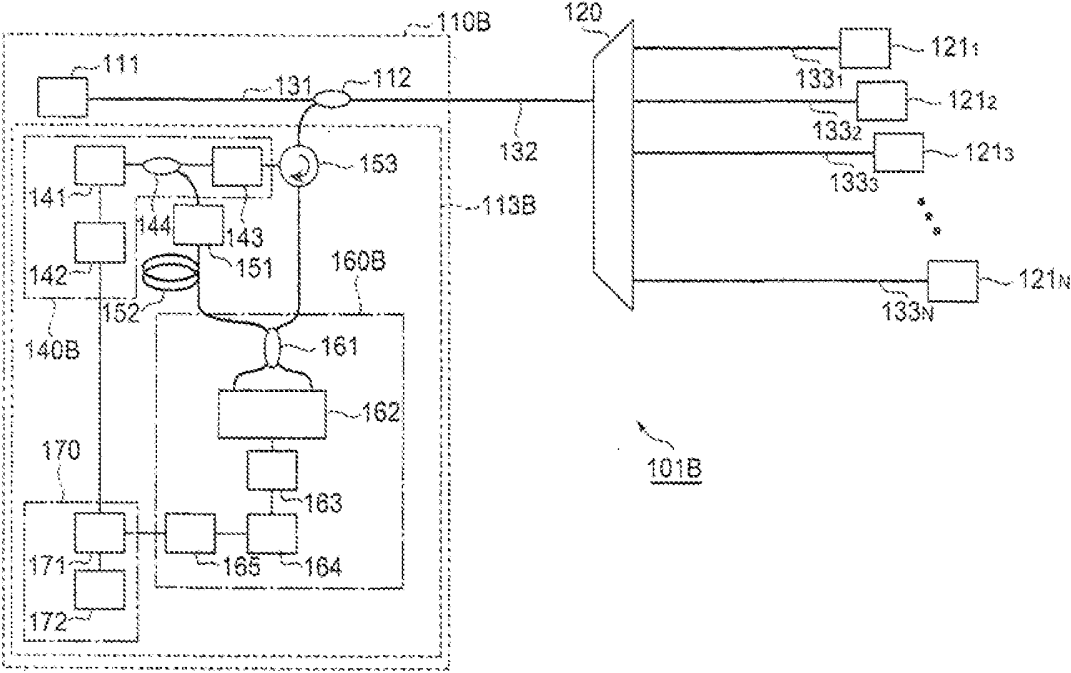
Legenda da Fig. 11:

OCDR MEASUREMENT RESULT	RESULTADO DE MEDIÇÃO DE OCDR
OTDR MEASUREMENT RESULT	RESULTADO DE MEDIÇÃO DE OTDR
PROCESSING SECTION 170	SECÇÃO DE PROCESSAMENTO 170
PROCESSING RESULT	RESULTADO DE PROCESSAMENTO
DISTANCE (m)	DISTÂNCIA (m)
REFLECTANCE	FACTOR DE REFLEXÃO

Fig.12Legenda da Fig. 11:

OCDR MEASUREMENT RESULT	RESULTADO DE MEDIÇÃO DE OCDR
PEAK DETECTION	DETECÇÃO DE PICO
DISCRETE REFLECTION POINT POSITION	POSIÇÃO DE PONTO DE REFLEXÃO DISCRETO
2 ND MONITOR LIGHT PULSE TIME WAVEFORM	FORMA DE ONDA DE TEMPO DE IMPULSO DE 2 ^a LUZ DE MONITOR
CORRECTION OF PULSE WIDENING FACTOR	CORRECÇÃO DE FACTOR DE ALARGAMENTO
CORRECTED PULSE WAVEFORM	FORMA DE ONDA DE IMPULSO CORRIGIDO
OTDR MEASUREMENT RESULT	RESULTADO DE MEDIÇÃO DE OTDR
CONVOLUTION OPERATION	OPERAÇÃO DE CONVOLUÇÃO
CONTRIBUTION OF DISCRETE REFLECTION POINT TO OTDR WAVEFORM	CONTRIBUIÇÃO DE PONTO DE REFLEXÃO DISCRETO PARA FORMA DE ONDA DE OTDR
DIFERENCE	DIFERENÇA
COMBINE	COMBINA
HIGH-RESOLUTION REFLECTANCE DISTRIBUTION	DISTRIBUIÇÃO DE FACTOR DE REFLEXÃO DE RESOLUÇÃO ELEVADA

Fig.13



REFERÊNCIAS CITADAS NA DESCRIÇÃO

Esta lista de referências citadas pelo requerente é apenas para conveniência do leitor. A mesma não faz parte do documento da patente Europeia. Ainda que tenha sido tomado o devido cuidado ao compilar as referências, podem não estar excluídos erros ou omissões e o IEP declina quaisquer responsabilidades a esse respeito.

Documentos de patentes citadas na Descrição

- JP 10148596 A

Literatura que não é de patentes citada na Descrição

- High-Spatial Resolution Reflectometry by Synthesis of Optical Coherence Function for Measuring Reflectivity Distribution at a Long Distance. T. SAIDA ; K. HOTATE. IEEE Photonics Technology Letters. IEEE Service Center, 01 April 1996, vol. 10
- K. HOTATE ; Z. HE. *Journal of Lightwave Technology*, 2006, vol. 24, 2541-2557
- Z. HE ; K. HOTATE. *Journal of Lightwave Technology*, 2002, vol. 20, 1715-1723