



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

(11) BR 112014027360-0 B1



(22) Data do Depósito: 30/04/2013

(45) Data de Concessão: 03/11/2021

(54) Título: MÉTODOS PARA CONTROLAR UMA TENSÃO DE POLARIZAÇÃO PROVIDA A UM MODULADOR ÓPTICO, E PARA CONTROLAR UMA UNIDADE DE MODULAÇÃO PARA UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ÓPTICO, CONTROLADOR DE POLARIZAÇÃO PARA UM MODULADOR ÓPTICO, E, UNIDADE DE MODULAÇÃO PARA UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ÓPTICO

(51) Int.Cl.: G02F 1/01; G02F 1/225; G02F 1/21.

(30) Prioridade Unionista: 02/05/2012 EP 12275057.3; 02/05/2012 GB 1207668.3.

(73) Titular(es): BAE SYSTEMS PLC.

(72) Inventor(es): ANDREW JAMES SMITH; MOHAMMED NAWAZ; SIMON CHARLES GILES.

(86) Pedido PCT: PCT GB2013051112 de 30/04/2013

(87) Publicação PCT: WO 2013/164603 de 07/11/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 31/10/2014

(57) Resumo: MÉTODOS PARA CONTROLAR UMA TENSÃO DE POLARIZAÇÃO PROVIDA A UM MODULADOR ÓPTICO, E PARA CONTROLAR UMA UNIDADE DE MODULAÇÃO PARA UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ÓPTICO, CONTROLADOR DE POLARIZAÇÃO PARA UM MODULADOR ÓPTICO, E, UNIDADE DE MODULAÇÃO PARA UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ÓPTICO. Métodos e aparelho para controlar uma tensão de polarização provida a um modulador óptico, o modulador compreendendo um componente polarizável, o componente polarizável sendo configurável para ser polarizado por aplicação da tensão de polarização (20) tal que o modulador opere em quadratura, o método compreendendo: prover um objetivo para a potência de saída do modulador, o objetivo para a potência de saída do modulador sendo uma potência de saída correspondendo ao modulador operando em quadratura; aplicar, ao componente polarizável, uma tensão de polarização (20) tendo um valor inicial de 0V; e, depois disso, variar a tensão de polarização (20) até que o valor da tensão de polarização (20) seja o valor que está mais perto ao valor inicial e que polariza o componente polarizável de forma que a potência de saída do modulador esteja dentro de uma gama predefinida da potência de saída alvo.

“MÉTODOS PARA CONTROLAR UMA TENSÃO DE POLARIZAÇÃO PROVIDA A UM MODULADOR ÓPTICO, E PARA CONTROLAR UMA UNIDADE DE MODULAÇÃO PARA UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ÓPTICO, CONTROLADOR DE POLARIZAÇÃO PARA UM MODULADOR ÓPTICO, E, UNIDADE DE MODULAÇÃO PARA UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ÓPTICO”

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção refere-se a controlar tensões de polarização providas a moduladores ópticos.

FUNDAMENTO

[0002] O uso de controladores de polarização e moduladores (por exemplo, Mach-Zehnder (MZ)) em sistemas de comunicação é conhecido. Controladores e moduladores podem ser usados para modular um sinal de portador óptico de entrada com um sinal de comunicações de radiofrequência (RF).

[0003] A Figura 1 é uma ilustração esquemática (não em escala) de um modulador de MZ 1.

[0004] O modulador de MZ 1 provê um mecanismo por meio do qual um sinal de portador óptico de entrada pode ser modulado com um sinal de comunicações, por exemplo com um sinal de comunicações de RF. Neste exemplo, o modulador é efetivamente um interferômetro, criado formando um guia de onda óptico em um substrato adequado tal como Niobato de Lítio (LiNbO_3) ou Arsenieto de Gálio (GaAs) ou Fosfeto de Índio (InP).

[0005] Um guia de onda 11 do modulador de MZ 1 é dividido em dois ramos 11a, 11b antes de recombinar a um acoplador óptico 13. Um sinal de portador óptico na forma de um feixe de luz entra em um lado do modulador 1 (como indicado por uma seta no lado esquerdo da Figura 1) e sai do modulador 1 no lado oposto (isto é, no lado direito da Figura 1) tendo passado por ambos os ramos 11a, 11b do guia de onda 11.

[0006] Um dos ramais de guia de onda 11a inclui uma assimetria 15 que funciona para introduzir uma diferença de fase entre luz viajando abaixo de ramais respectivos 11a, 11b do guia de onda 11. A diferença de fase é escolhida para ser aproximadamente 90 graus no comprimento de onda de operação, que está tipicamente na região de 1.300 ou 1.550 nanômetros. Isto induz polarização de quadratura onde a saída óptica é nominalmente 50% de seu máximo.

[0007] Niobato de Lítio (em comum com outros materiais semelhantes tais como GaAs ou InP) é um material como vidro com uma estrutura cristalina que exhibe um efeito eletro-óptico, por meio do qual o índice refrativo da estrutura cristalina muda quando uma tensão é aplicada a isso. Em particular, a direção do campo elétrico induzido pela tensão aplicada causa um aumento ou diminuição em índice refrativo. Um índice refrativo aumentado atua de modo a retardar luz viajando pelo cristal, e um índice refrativo diminuído atua de modo a aumentar a velocidade de luz viajando pelo cristal. Em moduladores de MZ, o material de Niobato de Lítio é normalmente arranjado de modo a ter um corte X, orientação cristalina de propagação Y com relação ao sinal óptico de entrada, e neste contexto, um campo elétrico aplicado na direção X (positiva ou negativa) causa uma mudança no índice refrativo do material que afeta a velocidade da luz passando ao longo do eixo Y.

[0008] Como mostrado na Figura 1, um eletrodo de modulação 7 é provido entre os ramais 11a, 11b do guia de onda 11. Quando o eletrodo de modulação 7 é energizado por um sinal aplicado (por exemplo, um sinal de radiofrequência ou digital de comunicações), campos elétricos positivos e negativos são estabelecidos entre o eletrodo de modulação 7 e, respectivamente, um primeiro em 3 e um segundo 5 planos de terra. O eletrodo de modulação 7 é projetado como uma linha de transmissão de forma que sinal de modulação viaje com o sinal de portador óptico pelo modulador

de MZ 1, por esse meio habilitando altas frequências de modulação serem alcançadas.

[0009] Os campos elétricos positivos e negativos fazem o índice refrativo dos dois ramos 11a, 11b do guia de onda 11 mudar (o campo positivo causando um aumento em índice refrativo para ramo 11a, e o campo negativo causando uma diminuição em índice refrativo para ramo 11b), e as velocidades de propagação diferentes resultantes do sinal de portador óptico por cada ramo causa uma mudança em fase nos sinais produzidos ao combinador óptico 13, qual mudança de fase causa o nível de saída de luz do combinador óptico 13 mudar. Em efeito, como os campos elétricos experimentados por cada ramo variam com o sinal de comunicações aplicado ao eletrodo de modulação 7, assim a diferença de fase entre luz passando pelos dois ramos muda e o nível de saída de sinal óptico produzido do combinador 13 varia por conseguinte. O efeito líquido disto é que o sinal de portador óptico de entrada é modulado com o sinal de comunicações aplicado ao eletrodo de modulação 7.

[0010] A Figura 2 é uma ilustração esquemática (não em escala) mostrando uma função de transferência de modulador. Esta característica de transferência do modulador de MZ 1 é aproximadamente senoidal. A modulação mais linear tende a ser alcançada dentro e ao redor do ponto de quadratura (também conhecido simplesmente como "quadratura"). O ponto de quadratura é o ponto onde há uma relação de fase de 90 graus entre luz viajando por ramos respectivos 11a, 11b do guia de onda 11. A função de transferência é uma função repetente, e como tal há muitos pontos de quadratura a tensões de polarização diferentes, mas tudo com a mesma saída de potência. Indicado na Figura 2 pelo sinal de referência A é um primeiro ponto de quadratura. A este primeiro ponto de quadratura A, a potência de saída está aumentando com tensão de polarização, e consequentemente este ponto de quadratura A é chamado um ponto de polarização de quadratura de

declive positivo. Indicado na Figura 2 pelos sinais de referência B e C são dois pontos de quadratura adicionais B e C, onde a potência de saída está diminuindo com tensão de polarização. Estes pontos de quadratura B, C são cada um chamado ponto de polarização de quadratura de declive negativo.

[00011] Na prática, o deslocamento de fase de 90 graus preferido é raramente, se já, alcançado. Para compensar isto, é habitual incluir um componente polarizável 9, e aplicar uma tensão de polarização de CC ao componente polarizável 9, para retornar o modulador de MZ 1 para ou perto de um dos pontos de quadratura acima mencionados. No arranjo descrito na Figura 1, o componente polarizável 9 compreende um eletrodo de polarização discreto (isto é meramente ilustrativo como vários arranjos alternativos são conhecidos a pessoas versadas na técnica). Por exemplo, uma tensão de polarização pode ser aplicada diretamente ao eletrodo de modulação 7 por meio de um denominado 'T' de polarização. Em um tal arranjo, a polarização de CC é acoplada ao eletrodo por um indutor, e o sinal aplicado (por exemplo, um sinal de comunicações de RF) é acoplado ao eletrodo por um capacitor.

[00012] Um problema com este arranjo é que o ponto de polarização, isto é, a tensão que precisa ser aplicada ao componente polarizável 9 para retornar o modulador de MZ 1 para ou perto do ponto de quadratura, se desloca com o passar do tempo. Por exemplo, denominadas cargas aprisionadas (por exemplo, que existem nas regiões entre eletrodos, por exemplo em uma camada de dióxido de silício na superfície do dispositivo) e variações de temperatura podem cada um causar o ponto de polarização se deslocar a uma taxa de qualquer coisa de alguns milivolts por hora a vários volts por hora. Assim, convencionalmente tende não ser possível prover um sistema onde a tensão de polarização, uma vez fixada, não precisa ser mudada. Como tal, é habitual prover algum tipo de controle dinâmico de polarização para habilitar a linearidade de modulador ser mantida através de um período de tempo estendido.

[00013] Em domínio análogo, controle dinâmico de polarização foi alcançado previamente aplicando um tom piloto (por exemplo, um tom de 10 kHz para um sinal de comunicações de interesse de múltiplos GHz) ao eletrodo de modulação, monitorando a saída do modulador e ajustando a tensão de polarização baseado nessa saída. Por exemplo, como o 2º harmônico do tom piloto normalmente tende a ser mínimo a ou ao redor do ponto de quadratura, uma abordagem proposta previamente monitora este segundo harmônico e ajusta a tensão de polarização de CC aplicada para minimizar o segundo harmônico. Uma abordagem semelhante foi proposta previamente para o domínio digital, mas neste caso, o sinal aplicado é tipicamente um sinal de tremor de onda quadrada, e a saída é monitorada por um processador de sinal digital.

[00014] Enquanto cada uma destas abordagens habilita uma forma de controle dinâmico de polarização ser provido, cada uma tem desvantagens decorrentes. Por exemplo, a aplicação de um tom piloto dá necessariamente origem a produtos de modulação (por exemplo, bandas laterais) que limitam o desempenho do sistema, e para ligações ópticas de alta fidelidade, esta redução em desempenho é inaceitável. Em ligações de velocidade muito alta (por exemplo, ligações digitais com velocidades de até 100 GBit/s e ligações analógicas com frequências de até 60 GHz), a aplicação de um tremor pode afetar adversamente a taxa de dados alcançável e o comprimento de ligação que é alcançável. Outra desvantagem particularmente prevalente em exemplos onde múltiplos canais são requeridos, por exemplo em um sistema de antena de série faseado, é que como cada modulador é diferente, o hardware de controle de polarização precisa ser duplicado completamente para cada e todo modulador. Isto aumenta volume, complexidade e custo de sistema.

[00015] WO 2008/059198 descreve um controlador de polarização para um modulador óptico. O modulador inclui um eletrodo de polarização

que é operável quando polarizado apropriadamente por uma tensão de polarização aplicada para configurar o modulador para operar em quadratura. O controlador de polarização compreende meio para gerar sinais de potência indicativos da potência de saída óptica do modulador, e um processador conectado operativamente ao meio de geração e o eletrodo de polarização. O processador está arranjado para receber o sinal de potência do meio de geração e controlar a tensão de polarização aplicada ao eletrodo de polarização. O processador está configurado para variar a tensão de polarização aplicada ao eletrodo de polarização e determinar (de sinais de potência recebidos do meio de geração) uma potência de saída óptica de pico para o modulador. O processador está adicionalmente configurado para determinar, na dependência da potência óptica de pico, uma potência óptica alvo para quadratura com referência a um depósito de valores predeterminados para potência de saída de pico e valores correspondentes respectivos de potência óptica alvo para quadratura.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[00016] Em um primeiro aspecto, a presente invenção provê um método de controlar uma tensão de polarização provida a um modulador óptico, o modulador sendo configurável para ser polarizado por aplicação da tensão de polarização tal que o modulador opere em quadratura, o método compreendendo: prover um objetivo para a potência de saída do modulador, o objetivo para a potência de saída do modulador sendo uma potência de saída correspondendo ao modulador operando em quadratura, aplicar, ao modulador, uma tensão de polarização tendo um valor inicial de 0V, e depois disso, variar a tensão de polarização até que o valor da tensão de polarização seja o valor que está mais perto do valor inicial e que polariza o modulador de forma que a potência de saída do modulador esteja dentro de uma gama predefinida da potência de saída alvo.

[00017] O método pode adicionalmente compreender monitorar a

potência de saída do modulador e, se a potência de saída do modulador for determinada como fora da gama predefinida da potência de saída alvo, adicionalmente variar o valor da tensão de polarização para trazer a potência de saída do modulador de volta a estar dentro da gama predefinida da potência de saída alvo.

[00018] A etapa de variar adicionalmente o valor da tensão de polarização para trazer a potência de saída do modulador de volta a estar dentro da gama predefinida da potência de saída alvo pode compreender: comparar a potência de saída do modulador à potência de saída alvo para determinar se a potência de saída do modulador é tanto mais alta ou mais baixa do que a gama predefinida da potência de saída alvo, determinar uma direção de um declive da potência de saída do modulador relativa à tensão de polarização aplicada, e dependendo da direção de declive determinada e se a potência de saída do modulador é tanto mais alta ou mais baixa do que a gama predefinida da potência de saída alvo, tanto aumentar ou diminuir a tensão de polarização por uma quantidade predeterminada.

[00019] O tamanho da quantidade predeterminada que a tensão de polarização tanto é aumentada ou diminuída pode ser dependente de quanto tempo o modulador tem sido operado em quadratura.

[00020] A etapa de variar a tensão de polarização pode compreender comparar a potência de saída do modulador à potência de saída alvo para detectar quando a potência de saída do modulador está dentro da gama predefinida da potência de saída alvo.

[00021] Comparar a potência de saída do modulador à potência de saída alvo pode ser executado tanto usando um comparador de janela, ou usando um conversor análogo para digital e meio de processamento digital.

[00022] A etapa de variar a tensão de polarização pode compreender, começando do valor inicial, varrer a tensão de polarização em um padrão de ziguezague com amplitude gradualmente crescente.

[00023] O padrão de ziguezague pode ser um padrão de ziguezague assimétrico.

[00024] A potência de saída do modulador pode estar dentro de uma gama predefinida da potência de saída alvo se a potência de saída do modulador for substancialmente igual à potência de saída alvo.

[00025] A potência de saída alvo pode ser provida por meio de um potenciômetro ou um conversor de digital para analógico.

[00026] A etapa de variar a tensão de polarização pode ser executada tal que a tensão de polarização seja limitada para estar dentro de uma gama de tensão de polarização predefinida.

[00027] O método pode adicionalmente compreender, se for determinado que uma entrada óptica para o modulador óptico foi desabilitada, manter a tensão de polarização a seu nível atual por uma duração de tempo predeterminada, a duração de tempo predeterminada sendo dependente da duração de tempo que o modulador tem estado operando em quadratura.

[00028] Em um aspecto adicional, a presente invenção provê um método de controlar uma unidade de modulação para um sistema de comunicação óptico, a unidade de modulação compreendendo um laser para gerar um sinal de portador óptico, um modulador óptico para modular o sinal de portador óptico, o modulador óptico sendo configurável para ser polarizado por aplicação de uma tensão de polarização tal que o modulador óptico opere em quadratura, o método compreendendo controlar a tensão de polarização provida ao modulador óptico usando um método de acordo com o primeiro aspecto.

[00029] Em um aspecto adicional, a presente invenção provê um controlador de polarização para um modulador óptico, o modulador sendo configurável para ser polarizado por aplicação de uma tensão de polarização tal que o modulador opere em quadratura, o controlador de polarização compreendendo um ou mais processadores configurados para: prover, para

aplicação ao modulador, a tensão de polarização, a tensão de polarização tendo um valor inicial de 0V, e dependente de um objetivo para a potência de saída do modulador, variar a tensão de polarização até que o valor da tensão de polarização seja o valor que está perto ao valor inicial e que polariza o modulador de forma que a potência de saída do modulador esteja dentro de uma gama predefinida da potência de saída alvo, em que o objetivo para a potência de saída do modulador é uma potência de saída correspondendo ao modulador operando em quadratura.

[00030] Em um aspecto adicional, a presente invenção provê uma unidade de modulação para um sistema de comunicação óptico, a unidade compreendendo um laser para gerar um sinal de portador óptico, um modulador óptico para modular o sinal de portador óptico, e um controlador de polarização de acordo com o aspecto anterior e arranjado para controlar o modulador óptico.

[00031] Em um aspecto adicional, a presente invenção provê um programa de computação ou pluralidade de programas de computação arranjados tal que quando executados por um sistema de computador, eles fazem o sistema de computador operar conforme o método de quaisquer dos aspectos anteriores.

[00032] Em um aspecto adicional, a presente invenção provê um meio de armazenamento legível por máquina armazenando um programa de computação ou pelo menos um da pluralidade de programas de computação de acordo com o aspecto anterior.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[00033] A Figura 1 é uma ilustração esquemática (não em escala) de um modulador de MZ;

a Figura 2 é uma ilustração esquemática (não em escala) de uma função de transferência de modulador;

a Figura 3 é uma ilustração esquemática (não em escala) de

uma primeira rede de exemplo na qual uma modalidade de um controlador de polarização é implementada;

a Figura 4 é uma ilustração esquemática (não em escala) de uma segunda rede de exemplo na qual o controlador de polarização é implementado;

a Figura 5 é um fluxograma de processo mostrando certas etapas de uma modalidade de um algoritmo de controle;

a Figura 6 é uma ilustração esquemática (não em escala) de um gráfico mostrando uma pesquisa de ponto de polarização;

a Figura 7 é um fluxograma de processo de um processo de rastreamento ou perseguição de exemplo;

a Figura 8 é uma ilustração esquemática (não em escala) de um gráfico adicional mostrando uma pesquisa de ponto de polarização; e

a Figura 9 é um fluxograma de processo mostrando certas etapas de um processo que pode ser executado pelo controlador de polarização se um laser estiver desabilitado.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[00034] Modalidades preferidas da presente invenção serão descritas doravante com referência particular a um controlador de polarização para um modulador. Tais controladores e moduladores são empregados tipicamente em sistemas de comunicação para modular um sinal de portador óptico de entrada com um sinal de comunicações de radiofrequência (RF). Enquanto os ensinamentos da presente invenção têm grande utilidade em sistemas de comunicação ópticos, isto é, sistemas de comunicação onde os nós do sistema estão conectados opticamente, será apreciado imediatamente por pessoas de versadas na técnica que os ensinamentos da invenção podem ser aplicados caso contrário. Por conseguinte, a descrição ilustrativa seguinte não deveria ser lida como estando limitada somente a sistemas de comunicação.

[00035] A Figura 3 é uma ilustração esquemática (não em escala) de

uma primeira rede de exemplo 100 na qual uma modalidade de um controlador de polarização 4 é implementada.

[00036] Na primeira rede 100, o controlador de polarização 4 está acoplado a um modulador, por exemplo um modulador de MZ do tipo descrito na Figura 1. O modulador na Figura 3 é excitado por um laser de onda contínua, que é operável para prover um sinal de portador óptico com o qual um sinal de comunicações (tal como um sinal de comunicações de RF) é para ser modulado. Neste exemplo, o modulador inclui um eletrodo de polarização separado, porém outros arranjos são possíveis.

[00037] O controlador de polarização 4 compreende um fotodiodo 6 que está acoplado à saída de modulador por meio de um acoplador de derivação óptica 5. O acoplador de derivação óptica 5 é operável para monitorar o sinal óptico produzido do modulador e passar aproximadamente 1 a 5% dessa saída para o fotodiodo 6. O fotodiodo 6 e acoplador 5 podem ser combinados em uma única unidade (por exemplo, a unidade pode compreender um espelho parcialmente refletivo e pode ser arranjado de forma que luz entre na unidade por uma primeira fibra e a maioria (por exemplo 95%) seja refletida em outra fibra; uma proporção dessa luz (por exemplo 5%) sendo transmitida pelo espelho para ser incidente no fotodiodo 6). Como uma alternativa, o fotodiodo 6 pode ser integrado no modulador, isto é, em outras modalidades, o controlador de polarização 4 não compreende um fotodiodo 6, que está ao invés integrado com o modulador. Um fotodiodo integrado pode ser arranjado para capturar um campo evanescente do guia de onda de saída, ou alternativamente pode ser arranjado para enfrentar a extremidade do modulador para capturar luz saída de uma porta de despejo do modulador. Uso de um fotodiodo integrado vantajosamente tende a minimizar perdas de saída. Além disso, se o fotodiodo integrado estiver arranjado para capturar luz saída de uma porta de despejo do modulador, o fotodiodo tende a ser exposto a uma entrada óptica muito mais alta. Assim, uma necessidade por

circuitos de detecção sensíveis subsequentes tende a ser reduzida ou eliminada.

[00038] O fotodiodo 6 está polarizado inversamente. Luz incidente no fotodiodo 6 é convertida à corrente, proporcional à luz incidente. O fotodiodo 6 é um dispositivo de largura da banda baixa de área relativamente grande, que o impede de detectar o componente de radiofrequência (RF) do sinal modulado. Assim, o fotodiodo 6 tende vantajosamente a só retornar o componente de corrente contínua (CC) do sinal.

[00039] A saída do fotodiodo 6 está acoplada a um resistor 8. O resistor 8 converte corrente (passada ao resistor 8 do fotodiodo 6) para uma tensão. O resistor 8 tende vantajosamente a prover um meio relativamente simples e barato de converter corrente para tensão. Em outras modalidades, tal conversão pode ser executada através de meios diferentes, por exemplo um amplificador de transimpedância. Isto tenderia a prover sensibilidade mais alta do que um resistor, por esse meio permitindo quantidades menores de potência óptica serem derivadas da saída de modulador.

[00040] A saída do resistor 8 está acoplada a um comparador de janela 10. Em outras palavras, uma entrada do comparador de janela 10 é a tensão provida pelo resistor 8. Uma entrada adicional do comparador de janela 10 é uma tensão provida por um potenciômetro 12. O potenciômetro 12 provê uma tensão, para uso como uma tensão alvo, para o comparador de janela 10. A tensão alvo provida pelo potenciômetro é um sinal que é indicativo de uma potência óptica alvo para o modulador para quadratura. Em outras modalidades, a tensão alvo pode ser fixada por um meio diferente. Por exemplo, a tensão alvo pode ser fixada usando um conversor de digital para analógico (DAC). Isto tenderia vantajosamente a permitir ajuste remoto do ponto de polarização do modulador. Também por exemplo, a tensão alvo poderia levar um valor fixo, por exemplo se o resistor 8 fosse um resistor variável.

[00041] O comparador de janela 10 compara a tensão provida pelo resistor 8 contra a tensão alvo provida pelo potenciômetro 12. Isto é feito para determinar se a tensão de referência (isto é, a tensão provida pelo resistor 8) é "alta demais", "baixa demais", ou "aceitável" relativa à tensão alvo. A terminologia "aceitável" pode, por exemplo, ser usada para se referir a tensões de referência dentro de 1% da tensão alvo. A terminologia "alta demais" pode, por exemplo, ser usada para se referir a tensões de referência que são maiores que ou iguais à tensão alvo mais 1%. A terminologia "baixa demais" pode, por exemplo, ser usada para se referir a tensões de referência que são menos que ou iguais à tensão alvo menos 1%. O uso de um comparador de janela 10 em executar a comparação acima mencionada vantajosamente tende a aliviar problemas causados por oscilações na tensão de polarização (por exemplo, que podem ocorrer quando a tensão de referência é ajustada repetidamente para ser alta demais, então baixa demais, etc.) que pode resultar se, por exemplo, um único comparador de ponto fosse usado. Não obstante, em outras modalidades, um único comparador de ponto ou outro tipo de comparador pode ser usado para comparar as tensões de referência e alvo.

[00042] A saída do comparador de janela 10 está acoplada a um processador 14. Uma saída do comparador de janela 10 pode ser uma indicação sobre se a tensão de referência é alta demais, baixa demais ou aceitável relativa à tensão alvo. Em outras modalidades, o resultado da comparação das tensões de referência e alvo pode ser indicado ao processador 14 de um modo diferente. Por exemplo, se a tensão de referência for tanto alta demais ou baixa demais em relação à tensão alvo, o comparador de janela 10 pode enviar um sinal correspondente ao processador 14 informando ao processador 14 que a tensão de referência é tanto alta demais ou baixa demais, enquanto se a tensão de referência estiver dentro de uma gama aceitável da tensão alvo, nenhuma tal indicação seria enviada. Assim, o processador 14 pode averiguar, usando a saída do comparador de janela 10, se a tensão de

referência é alta demais, baixa demais ou adequada relativa à tensão alvo.

[00043] Nesta modalidade, o processador 14 é uma Série de Portas Programáveis em Campo (FPGA). Em outras modalidades, o processador 14 é um tipo diferente de processador, por exemplo um Dispositivo Lógico Programável Complexo (CPLD), Microcontrolador, Processador de Sinal Digital (DSP), etc.

[00044] O processador 14 está configurado para executar um algoritmo de controle usando a saída do comparador de janela 10. Uma modalidade do algoritmo de controle usado pelo processador 14 é descrita em mais detalhe mais tarde abaixo com referência à Figura 5. O algoritmo de controle é executado para, usando a saída do comparador de janela 10, fixar e/ou ajustar uma tensão de polarização provida ao modulador até que o modulador alcance um ponto de quadratura (ou outro ponto de polarização). A tensão de polarização é provida ao modulador pelo processador 14 por meio de um conversor de digital para analógico (DAC) 16 e um amplificador 18. O DAC 16 pode ser, por exemplo, um dispositivo terminado único (saída positiva somente). O amplificador 18 pode introduzir uma tensão de ofsete para permitir a geração de tensões de polarização negativas como também positivas.

[00045] O processador 14 pode adicionalmente ser conectado a um sistema hospedeiro (não mostrado nas Figuras). Esta conexão pode ser tal que informação possa ser enviada entre o processador 14 e o sistema hospedeiro. Por exemplo, o processador 14 pode informar, ao sistema hospedeiro, o estado do laser e/ou indicar o valor da tensão de polarização provida por ele ao modulador. Também por exemplo, o sistema hospedeiro pode enviar instruções ao processador 14, por exemplo uma instrução que o processador 14 deve "reajustar" a tensão de polarização para seu valor inicial, isto é, valor de partida, por exemplo 0V. O sistema hospedeiro pode, por exemplo, ser um sistema de monitoração de saúde, ou um sistema de controle global para um

sistema de radar. Também, como descrito em mais detalhe mais tarde abaixo, o sistema hospedeiro pode ser configurado para tomar controle de se/quando a tensão de polarização é ajustada.

[00046] A Figura 4 é uma ilustração esquemática (não em escala) de uma segunda rede de exemplo 101 na qual o controlador de polarização 4 é implementado.

[00047] Nesta modalidade adicional, o laser, modulador, controlador de polarização 4 e acoplador de derivação óptica 5 estão arrançados como descrito acima com referência à Figura 1. A segunda rede 101 compreende adicionalmente um controlador de laser para controlar o laser. Além de estar acoplado operativamente ao laser, o controlador de laser está acoplado ao processador 14, tal que sinais indicativos do estado do laser possam ser enviados do controlador de laser ao processador 14. Usando estes sinais, o processador 14 pode, por exemplo, determinar quando o laser foi habilitado/desabilitado, quando a potência de laser estabilizou, etc. O processador 14 pode retransmitir informação relativa ao estado do laser para sistemas ou aparelhos remotos (por exemplo, o sistema hospedeiro).

[00048] Aparelho, incluindo o processador 14, para implementar quaisquer dos arranjos anteriores, e executar as etapas de método a serem descritas mais tarde abaixo, pode ser provido configurando ou adaptando qualquer aparelho satisfatório, por exemplo um ou mais computadores ou outro aparelho de processamento ou processadores, e/ou provendo módulos adicionais. O aparelho pode compreender um computador, uma rede de computadores, ou um ou mais processadores, para implementar instruções e usar dados, incluindo instruções e dados na forma de um programa de computação ou pluralidade de programas de computação armazenada dentro ou em um meio de armazenamento legível por máquina tal como memória de computador, um disco de computador, ROM, PROM etc., ou qualquer combinação destes ou outros meios de armazenamento.

[00049] A Figura 5 é um fluxograma de processo mostrando certas etapas de uma modalidade do algoritmo de controle executado pelo processador 14 para fixar e/ou ajustar a tensão de polarização aplicada ao modulador.

[00050] Na etapa s2, o processador 14 fixa a tensão de polarização do modulador a 0V.

[00051] Na etapa s4, o processador 14 espera o laser ser habilitado, isto é, ativado, e para o laser estabilizar. Por exemplo, esperar pelo laser estabilizar pode ser alcançado pelo processador 14 na primeira rede 100 esperando uma quantidade de tempo predeterminada. Também por exemplo, na segunda rede 101, o processador pode enviar um ou mais sinais (do controlador de laser) indicando que o laser foi habilitado e/ou que a potência de laser estabilizou.

[00052] Na etapa s6, o processador 14 procura o ponto de polarização do modulador que está mais perto a 0V. Nesta modalidade, isto é executado pelo processador 14 varrendo a tensão de polarização do modulador de um modo de ziguezague, começando a 0V com amplitude gradualmente crescente.

[00053] Nesta modalidade, a tensão de polarização do modulador é varrida de um modo de ziguezague com amplitude gradualmente crescente. Em outras modalidades, esta pesquisa para um ponto de polarização pode ser executada de um modo diferente, por exemplo aumentando e diminuindo alternadamente (ou diminuindo e aumentando) a função de polarização, por exemplo com amplitude crescente, em um padrão diferente (isto é, um padrão diferente de ziguezague). Por exemplo, a tensão de polarização pode ser varrida no padrão de uma função senoidal tendo amplitude crescente em tempo.

[00054] A Figura 6 é uma ilustração esquemática (não em escala) de um gráfico 102 mostrando a tensão de polarização 20 provida pelo

processador 14. A tensão de polarização 20 é varrida de um modo de ziguezague, começando a 0V e com amplitude gradualmente crescente. Nesta modalidade, a tensão de polarização 20 do modulador é varrida neste modo de ziguezague até que a saída do comparador de janela 10 mude estado, isto é, até que o comparador de janela 10 mude de indicar ao processador 14 que a tensão de saída do modulador é baixa demais (relativa à tensão alvo) para indicar ao processador 14 que a tensão de saída do modulador é alta demais (relativa à tensão alvo). Esta mudança de estado da saída do comparador de janela 10 ocorre quando a tensão de saída do modulador passa a tensão alvo provida ao comparador de janela 10 pelo potenciômetro 12. Assim, um ponto de polarização ou ponto de quadratura do modulador é localizado.

[00055] Na etapa s8, a direção/declive (isto é, positiva ou negativa) da saída do modulador no ponto de polarização é determinada pelo processador 14. Nesta modalidade, isto é determinado determinando se a saída do comparador de janela 10 muda de alta demais para baixa demais (em qual caso o declive do gráfico 102 no ponto de polarização é negativo) ou de baixa demais para alta demais (em qual caso o declive do gráfico 102 no ponto de polarização é positivo). A determinação da direção do declive do modulador produzida no ponto de polarização vantajosamente tende a facilitar o rastreamento do ponto de polarização pelo processador 14.

[00056] O ponto de polarização do modulador tenderá inicialmente a derivar, por exemplo devido a mudanças em tensão de polarização aplicada média de curto prazo. Para responder por esta (relativamente rápido) deriva do ponto de polarização, na etapa s10, o processador 14 executa um denominado processo de "perseguição". Este processo de perseguição é executado pelo processador 14 durante um período de tempo predefinido (por exemplo, um período de tempo que foi determinado empiricamente, por exemplo 20 segundos).

[00057] Informação adicional relativa ao processo de perseguição é

provida mais tarde abaixo com referência à Figura 7. O processo descrito com referência à Figura 7 também pode ser usado para executar o processo de "rastreamento rápido" descrito mais tarde (executado na etapa s18) e no processo de "rastreamento lento" descrito mais tarde (executado na etapa s20). Basicamente, nesta modalidade, o processo de perseguição compreende ajustar continuamente (isto é, aumentar ou diminuir) a tensão de polarização em etapas relativamente grandes durante um período de tempo (por exemplo, um período de tempo determinado empiricamente, por exemplo 20 segundos). As etapas pelas quais o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante o processo de perseguição são grandes relativas às etapas que o processador 14 ajusta a tensão de polarização em outros processos de rastreamento de ponto de polarização, por exemplo o processo de rastreamento rápido executado na etapa s18 e o processo de rastreamento lento executado na etapa s20 (quais processos são descritos em mais detalhe mais tarde abaixo). Também, o processo de perseguição compreende ajustar a tensão de polarização dependendo da saída do comparador de janela 10. Por exemplo, se o comparador de janela 10 indicar que a tensão de saída do modulador é alta demais, e o processador 14 determina que o declive do gráfico 102 é atualmente positivo, então o processador 14 reduz a tensão de polarização provida ao modulador por uma quantidade relativamente grande. Igualmente, se o comparador de janela 10 indicar que a tensão de saída do modulador é baixa demais e o processador 14 determina que o declive do gráfico 102 é atualmente positivo, então o processador 14 aumenta a tensão de polarização provida ao modulador por uma quantidade relativamente grande. Os tamanhos de etapa relativamente grandes pelos quais a tensão de polarização é ajustada durante a fase de perseguição, e a duração da fase de perseguição podem ser determinados empiricamente. Por exemplo, um tamanho de etapa para o processo de perseguição pode ser determinado ser aproximadamente 125 mV. Determinando empiricamente o tamanho de etapa usado durante a fase de

perseguição, e/ou a duração da fase de perseguição vantajosamente tende a prover que o processo da Figura 5 pode ser implementado usando quaisquer componentes apropriados, por exemplo usando um modulador de um ou uma pluralidade de fabricantes diferentes.

[00058] A saída do modulador pode atrasar atrás da polarização entrada por um período de tempo significativo, mas variável (por exemplo 100 a 500 ms). Assim, tende a ser possível para o processador 14 calcular mal o declive de polarização (isto é, o processador 14 pode determinar o declive do modulador produzido no ponto de polarização ser positivo quando é realmente negativo, e vice-versa). Como resultado disto, durante o processo de perseguição, o processador 14 pode "perseguir" o ponto de polarização na direção errada. Isto pode ocorrer, por exemplo, se o ponto de polarização do modulador estiver imediatamente antes de um canto da porção de ziguezague da tensão de polarização 20.

[00059] Este problema pode ser resolvido executando as etapas s12 a s16, como descrito abaixo. Alternativamente, este problema pode ser resolvido por exemplo, ao varrer a tensão de polarização do modulador (como executado na etapa s6), mantendo uma tensão de polarização substancialmente constante por um certo período de tempo entre aumentar a tensão de polarização e diminuir a tensão de polarização, e entre diminuir a tensão de polarização e aumentar a tensão de polarização. Em outras palavras, quando a tensão de polarização é varrida de um modo de ziguezague, a cada canto do ziguezague, a tensão de polarização pode ser mantida por uma certa quantidade de tempo. Porém, isto tende a aumentar a duração de tempo que leva para achar um ponto de polarização.

[00060] Na etapa s12, o processador 14 determina se ou não, durante o processo de perseguição, a saída do comparador de janela 10 muda continuamente entre ser indicativa da tensão de saída do modulador sendo alta demais e sendo indicativa da tensão de saída do modulador sendo baixa

demaís.

[00061] Se, na etapa s12, for determinado que a saída do comparador de janela 10 muda continuamente entre ser indicativa da tensão de saída do modulador sendo alta demais e sendo indicativa da tensão de saída do modulador sendo baixa demais, é determinado que o declive do gráfico 102 (determinado na etapa s8) está correto. Neste caso, o processo da Figura 5 procede à etapa s18, que será descrita mais tarde em mais detalhe mais tarde abaixo depois da descrição das etapas s14 e s16.

[00062] Porém, se, na etapa s12, for determinado que a saída do comparador de janela 10 não muda continuamente entre ser indicativa da tensão de saída do modulador sendo alta demais e sendo indicativa da tensão de saída do modulador sendo baixa demais (isto é, o comparador de janela 10 indica que a tensão de saída do modulador é baixa demais ou alta demais ao longo do processo de perseguição), é determinado que o declive do gráfico 102 (determinado na etapa s8) está incorreto. Neste caso, o processo da Figura 5 procede à etapa s14.

[00063] Na etapa s14, a tensão de polarização de processador 14 é revertida ao nível que tinha ao começo do processo de perseguição, isto é, o processador 14 fixa a tensão de polarização para ser igual à tensão de polarização ao começo do processo de perseguição. Em outras palavras, se, durante o processo de perseguição, a tensão de polarização foi aumentada, o processador 14 diminui a tensão de polarização pela quantidade que tinha sido aumentado durante o processo de perseguição. Igualmente, se, durante o processo de perseguição, a tensão de polarização foi diminuída, o processador 14 aumenta a tensão de polarização pela quantidade que tinha sido diminuída durante o processo de perseguição. Esta reversão da tensão de polarização para seu nível original pode ser executada através de um período de tempo para evitar a aplicação de uma mudança de etapa em tensão para o modulador.

[00064] Na etapa s16, o processo de perseguição da etapa s10 é

reexecutado usando o declive corrigido do modulador produzido no ponto de polarização, isto é, usando o declive oposto àquele determinado na etapa s8.

[00065] Assim, depois da etapa s16, o ponto de polarização do modulador foi rastreado como teria sido o declive correto foi determinado pelo processador 14 na etapa s8. Depois da etapa s16, o método procede à etapa s18.

[00066] Na etapa s18, depois que o processo de perseguição foi executado por um período de tempo predeterminado, o processador 14 executa um denominado processo de "rastreamento rápido". Nesta modalidade, o processo de rastreamento rápido é igual ao processo de perseguição, exceto que as etapas pelas quais o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante o processo de rastreamento rápido são relativamente pequenas comparadas àquelas usadas durante o processo de perseguição. Por exemplo, um tamanho de etapa para o processo de rastreamento rápido pode ser determinado empiricamente para ser, por exemplo, aproximadamente 4 mV. Determinar empiricamente o tamanho de etapa usado durante a fase de processo de rastreamento rápido, e/ou a duração da fase de processo de rastreamento rápido vantajosamente tende a prover que o processo da Figura 5 pode ser implementado usando quaisquer componentes apropriados, por exemplo usando partes de uma variedade de fabricantes diferentes.

[00067] Informação adicional relativa ao processo de rastreamento rápido é provida abaixo com referência à Figura 7. O processo descrito com referência à Figura 7 também pode ser usado para o processo de perseguição (executado na etapa s10) e o processo de rastreamento lento descrito mais tarde (executado na etapa s20).

[00068] Basicamente, nesta modalidade, o processo de rastreamento rápido compreende ajustar continuamente (isto é, aumentar ou diminuir) a tensão de polarização em etapas relativamente pequenas através um período de tempo (por exemplo, um período de tempo determinado empiricamente,

por exemplo 2 minutos) e dependendo da saída do comparador de janela 10. O período de tempo ao qual o processo de rastreamento rápido é executado pode ser igual a ou diferente do período de tempo ao qual o processo de perseguição é executado.

[00069] Na etapa s20, depois que o processo de rastreamento rápido foi executado por um período de tempo predeterminado, o processador 14 executa um denominado processo de "rastreamento lento". Nesta modalidade, o processo de rastreamento lento é igual ao processo de rastreamento rápido e perseguição, exceto que as etapas pelas quais o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante o processo de rastreamento lento são relativamente pequenas comparadas às usadas durante os processos de rastreamento rápido e perseguição. Por exemplo, um tamanho de etapa para o processo de rastreamento lento pode ser determinado empiricamente ser, por exemplo, aproximadamente 2 mV. Determinar empiricamente o tamanho de etapa usado durante a fase de processo de rastreamento lento vantajosamente tende a prover que o processo da Figura 5 pode ser implementado usando quaisquer componentes apropriados, por exemplo usando partes de uma variedade de fabricantes diferentes. O processo de rastreamento lento pode ser executado tanto tempo quanto desejado, por exemplo tanto tempo quanto o sistema permanece operacional.

[00070] Informação adicional relativa ao rastreamento lento é provida mais tarde abaixo com referência à Figura 7. O processo descrito com referência à Figura 7 também pode ser usado para o processo de perseguição (executado na etapa s10) e o processo de rastreamento rápido (executado na etapa s18).

[00071] Basicamente, nesta modalidade, o processo de rastreamento lento compreende ajustar continuamente (isto é, aumentar ou diminuir) a tensão de polarização em etapas relativamente pequenas através de um período de tempo (por exemplo, enquanto o laser está habilitado ou ativado) e

dependendo da saída do comparador de janela 10. Durante o processo de rastreamento lento, o comparador de janela 10 tende a só ocasionalmente informar que a condição de polarização do modulador está alta demais ou baixa demais, se qualquer. Em outras palavras, durante o processo de rastreamento lento e para a maioria do processo de rastreamento lento, a saída do comparador de janela 10 tende ser indicativa que a tensão de saída do modulador é adequada.

[00072] Assim, uma modalidade do algoritmo de controle executado pelo processador 14 para fixar e/ou ajustar a tensão de polarização aplicada ao modulador é provida.

[00073] A Figura 7 é um fluxograma de processo de um processo de rastreamento ou perseguição de exemplo. O processo da Figura 7 pode ser usado para executar o processo de perseguição (executado na etapa s10 da Figura 5), o processo de rastreamento rápido (executado na etapa s18 da Figura 5), e/ou o processo de rastreamento lento (executado na etapa s20 da Figura 5).

[00074] Nesta modalidade, o processo da Figura 7 é executado pelo processador 14.

[00075] Na etapa s22, o processador 14 recebe a saída mais recente do comparador de janela 10. A saída recebida do comparador de janela 10 é uma indicação sobre se a tensão de saída do modulador é alta demais, baixa demais, ou aceitável relativa à tensão alvo.

[00076] Na etapa s24, o processador 14 determina se a tensão de saída do modulador é alta demais, baixa demais, ou aceitável relativa à tensão alvo.

[00077] Se, na etapa s24, a tensão de saída do modulador for alta demais, o método procede à etapa s26.

[00078] Se, na etapa s24, a tensão de saída do modulador for alta demais, o método procede à etapa s28.

[00079] Nesta modalidade, se, na etapa s24, a tensão de saída do

modulador não for nem alta demais nem baixa demais (isto é, a tensão de saída do modulador é aceitável relativa à tensão alvo), nenhuma ação é tomada e o processador 14 espera para receber a próxima saída do comparador de janela 10 (isto é, em efeito, o método procede de volta à etapa s22).

[00080] Na etapa s26, é determinado se a direção/declive do gráfico 102 da tensão de polarização 20 no ponto de polarização (como determinado na etapa s8 acima) é positiva ou negativa.

[00081] Se, na etapa s26, for determinado que o declive do gráfico 102 no ponto de polarização é positivo, o método procede à etapa s30.

[00082] Se, na s26 etapa, for determinado que o declive do gráfico 102 no ponto de polarização é negativo, o método procede à etapa s32.

[00083] Na etapa s28, é determinado se a direção/declive do gráfico 102 da tensão de polarização 20 no ponto de polarização (como determinado na etapa s8 acima) é positiva ou negativa.

[00084] Se, na etapa s28, for determinado que o declive do gráfico 102 no ponto de polarização é negativo, o método procede à etapa s30.

[00085] Se, na etapa s28, for determinado que o declive do gráfico 102 no ponto de polarização é positivo, o método procede à etapa s32.

[00086] Na etapa s30, o processador 14 diminui a tensão de polarização provida ao modulador.

[00087] Para o processo de perseguição da etapa s8 da Figura 5, o processador 14 diminui a tensão de polarização por uma quantidade relativamente grande, isto é, a tensão de polarização é diminuída por uma etapa relativamente grande. As etapas pelas quais o processador 14 diminui a tensão de polarização durante o processo de perseguição são grandes relativas às etapas que o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante os processos de rastreamento rápido e rastreamento lento.

[00088] Para o processo de rastreamento rápido da etapa s18 da Figura

5, o processador 14 diminui a tensão de polarização por uma quantidade que é relativamente pequena comparada às etapas pelas quais o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante o processo de perseguição, e que é relativamente grande comparada às etapas que o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante o processo de rastreamento lento.

[00089] Para o processo de rastreamento lento da etapa s20 da Figura 5, o processador 14 diminui a tensão de polarização por uma quantidade relativamente pequena, isto é, a tensão de polarização é diminuída por uma etapa relativamente pequena. As etapas pelas quais o processador 14 diminui a tensão de polarização durante o processo de rastreamento lento são pequenas relativas às etapas que o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante os processos de rastreamento rápido e perseguição.

[00090] Depois da etapa s30, o método da Figura 7 procede à etapa s34.

[00091] Na etapa s32, o processador 14 aumenta a tensão de polarização provida ao modulador.

[00092] Se o processo de perseguição da etapa s8 da Figura 5 estiver sendo executado, o processador 14 aumenta a tensão de polarização por uma quantidade relativamente grande, isto é, a tensão de polarização é aumentada por uma etapa relativamente grande. As etapas pelas quais o processador 14 aumenta a tensão de polarização durante o processo de perseguição são grandes relativas às etapas que o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante os processos de rastreamento rápido e rastreamento lento.

[00093] Se o processo de rastreamento rápido da etapa s18 da Figura 5 estiver sendo executado, o processador 14 aumenta a tensão de polarização por uma quantidade que é relativamente pequena comparada às etapas pelas quais o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante o processo de perseguição, e que são relativamente grandes comparadas às etapas que o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante o processo de

rastreamento lento.

[00094] Se o processo de rastreamento lento da etapa s20 da Figura 5 estiver sendo executado, o processador 14 aumenta a tensão de polarização por uma quantidade relativamente pequena, isto é, a tensão de polarização é diminuída por uma etapa relativamente pequena. As etapas pelas quais o processador 14 aumenta a tensão de polarização durante o processo de rastreamento lento são pequenas relativas às etapas que o processador 14 ajusta a tensão de polarização durante os processos de rastreamento rápido e perseguição.

[00095] Depois da etapa s32, o método da Figura 7 procede à etapa s34.

[00096] Na etapa s34, o processador 14 espera uma quantidade de tempo predeterminada (por exemplo, que pode ser determinada empiricamente) para permitir ao modulador ajustar à tensão de polarização aumentada/diminuída.

[00097] Na etapa s36, é determinado se ou não o período de tempo ao qual o processo de rastreamento ou perseguição da Figura 7 é para ser executado decorreu. Em outras palavras, é determinado se o processo da Figura 7 deveria terminar.

[00098] Se, na etapa s36, for determinado que o período de tempo ao qual o processo de rastreamento ou perseguição da Figura 7 é para ser executado decorreu, o método termina.

[00099] Porém, se, na etapa s36, for determinado que o período de tempo ao qual o processo de rastreamento ou perseguição da Figura 7 é para ser executado não decorreu, o método retorna à etapa s22, a qual ponto uma nova saída é recebida pelo processador 14 do comparador de janela 10.

[000100] Em outras modalidades, o processo de rastreamento ou perseguição da Figura 7 pode ser executado continuamente, e o tamanho de etapa de ponto de polarização pode ser ajustado por exemplo em um

temporizador.

[000101] Assim, um processo de rastreamento ou perseguição de exemplo que pode ser executado a qualquer ou todas das etapas s10, s18 e s20 da Figura 5 é provido.

[000102] Deveria ser notado que certas das etapas de processo descritas nos fluxogramas das Figuras 5 e 7 e descritas acima podem ser omitidas ou tais etapas de processo podem ser executadas em ordem diferente daquela apresentada acima e mostrada nas Figuras 5 e 7. Além disso, embora todas as etapas de processo tenham, para conveniência e facilidade de entendimento, sido descritas como etapas temporalmente sequenciais discretas, não obstante algumas das etapas de processo podem na realidade serem executadas simultaneamente ou pelo menos se sobrepondo a alguma extensão temporalmente.

[000103] Nas modalidades anteriores, na etapa s6, o processador pesquisa o ponto de polarização mais perto a 0V varrendo a tensão de polarização do modulador de um modo de ziguezague, começando a 0V e com amplitude gradualmente crescente. Nas modalidades anteriores, uma varredura de ziguezague simétrica (tal como aquela mostrada na Figura 6) é usada. Por exemplo, os cantos de uma varredura de ziguezague simétrica podem ser: -1V, +1V, -1,5V, +1,5V, -2V, +2V, etc. Porém, em outras modalidades, o processador pesquisa o ponto de polarização mais perto a 0V usando um padrão de pesquisa diferente. Por exemplo, o processador pode pesquisar o ponto de polarização mais perto a 0V usando uma varredura de ziguezague assimétrica.

[000104] A Figura 8 é uma ilustração esquemática (não em escala) de um gráfico 104 adicional mostrando a tensão de polarização 20 que pode ser provida pelo processador 14 ao procurar o ponto de polarização mais perto a 0V usando uma varredura de ziguezague assimétrica. Por exemplo, os cantos de uma varredura de ziguezague assimétrica podem ser: -1V, +1,5V, -2V,

+2,5V, -3V, +3,5V, etc. Preferivelmente, um incremento de magnitude de +0,5V por canto da varredura de ziguezague assimétrica é usado. Porém, qualquer incremento apropriado pode ser usado. Uma varredura de ziguezague assimétrica tende a ser mais eficiente do que uma varredura de ziguezague simétrica. O número de cantos que uma varredura de ziguezague compreende pode vantajosamente ser selecionado para prover um equilíbrio desejado entre a velocidade com a qual um ponto de polarização é achado e a localização do ponto de polarização mais perto a 0V.

[000105] Nas modalidades anteriores, a tensão de polarização é aplicada ao modulador pelo processador pelo DAC e o amplificador. Adicionalmente, o DAC pode ser usado para controlar a gama de polarização (isto é, a gama de tensão da tensão de polarização). O amplificador pode atuar para aumentar a amplitude global da tensão produzida pelo DAC. O amplificador também pode atuar para compensar a saída do DAC de forma que a meia escala de DAC esteja a aproximadamente 0V. Por exemplo, o DAC pode ter uma gama de saída de 0 a 0,5V. Com um tal DAC, um ganho de amplificador de x8 e ofsete de entrada de -0,25V pode produzir uma gama de saída de aproximadamente -4V a +4V.

[000106] Opcionalmente, se a tensão de polarização produzida pelo processador se achar fora da gama de polarização definida pelo DAC, o controlador de polarização pode executar uma ou mais ações apropriadas.

[000107] Por exemplo, se a gama de polarização (definida pelo DAC) for excedida (ou um extremo da gama de polarização for alcançado) durante o processo de procurar o ponto de polarização mais perto a 0V, a tensão de polarização pode ser reajustada a 0V e o processo de pesquisa pode ser reiniciado.

[000108] Também por exemplo, se a gama de polarização (definida pelo DAC) for excedida (ou um extremo da gama de polarização for alcançado) durante o processo de rastreamento rápido, a tensão de polarização pode ser

reajustada a 0V e o algoritmo de controle pode ser reiniciado.

[000109] Também por exemplo, se a gama de polarização (definida pelo DAC) for excedida (ou um extremo da gama de polarização for alcançado) durante o processo de rastreamento lento, um sistema hospedeiro (por exemplo, tal como aquele que pode ser conectado ao processador como descrito acima) pode ser notificado da situação, e o controlador de polarização pode manter a tensão de polarização ao extremo da gama de polarização. Esta tensão de polarização extrema pode ser mantida, por exemplo, até que tanto: (i) o sistema hospedeiro instrua o controlador de polarização para reajustar a tensão de polarização a seu valor inicial (por exemplo a 0V); (ii) o ponto de polarização derive de volta na gama de polarização; ou (iii) um período de tempo predefinido decorra, a qual ponto o controlador de polarização reajusta a tensão de polarização a seu valor inicial. Neste caso, a tensão de polarização extrema tenderia a resultar de deriva de ponto de polarização através de um período de operação estendido, e assim permanecer a um extremo de ponto de polarização pode ser uma opção aceitável.

[000110] Em outras palavras, durante o processo de procurar, ou localizar, um ponto de polarização, a tensão de polarização pode ser limitada para estar dentro da gama de polarização.

[000111] Opcionalmente, o controlador de polarização pode advertir o sistema hospedeiro quando a tensão de polarização está perto de seus limites (isto é, perto de se mover fora da gama de polarização). Isto vantajosamente tenderia a permitir ao sistema hospedeiro programar uma reiniciação da tensão de polarização a seu valor inicial, antes que uma tal reiniciação se torne essencial.

[000112] Uma tensão de polarização pode ser gerada usando contador digital ou acumulador. Tais dispositivos são capazes de "embrulhar", por exemplo $4095+1=0$ e $0-1=4095$. Isto pode resultar em oscilação entre dois extremos de tensão de polarização. Este problema vantajosamente tende a ser

resolvido limitando a gama de polarização como descrito acima.

[000113] Em algumas modalidades, se o laser estiver desabilitado (isto é, desligado), o controlador de polarização executa uma ação que é dependente da história de estabilidade do modulador. Por exemplo, se o laser estiver desabilitado, o processo da Figura 9 pode ser executado.

[000114] A Figura 9 é um fluxograma de processo mostrando certas etapas de um processo que pode ser executado pelo controlador de polarização 4 se o laser estiver desabilitado, por exemplo durante operação normal.

[000115] Na etapa s40, é determinado por quanto tempo o modulador operou a (ou aproximado a) seu ponto de polarização entre o laser estando habilitado e o laser estando desabilitado. Em outras palavras, é determinado por quanto tempo o ponto de polarização do modulador tinha sido mantido. Isto pode ser executado, por exemplo, pelo processador 14 do controlador de polarização 4.

[000116] Se, na etapa s40, for determinado que o modulador operou a (ou aproximado a) seu ponto de polarização por uma hora ou mais tempo, o ponto de polarização do modulador pode ser chamado um "ponto de polarização estabelecido" para o modulador e o método procede à etapa s42. Em outras modalidades, uma gama diferente de tempo (isto é, diferente para a gama de uma hora ou mais tempo) pode ser usada em vez da gama de uma hora ou mais tempo.

[000117] Se, na etapa s40, for determinado que o modulador operou a (ou aproximado a) seu ponto de polarização entre 10 minutos e uma hora, o ponto de polarização do modulador pode ser chamado um "ponto de polarização recentemente adquirido" para o modulador, e o método procede à etapa s44. Em outras modalidades, uma gama diferente de tempo (isto é, diferente para entre 10 minutos e gama de uma hora) pode ser usada em vez da entre 10 minutos e gama de tempo de uma hora.

[000118] Se, na etapa s40, for determinado que o modulador operou a (ou aproximado a) seu ponto de polarização durante 10 minutos ou menos, o ponto de polarização do modulador pode ser chamado um "ponto de polarização recém adquirido" para o modulador, e o método procede à etapa s46. Em outras modalidades, uma gama diferente de tempo (isto é, diferente para a gama de 10 minutos ou menos) pode ser usada em vez da gama de 10 minutos ou menos tempo.

[000119] Na etapa s42, o controlador de polarização 4 opera para manter a tensão de polarização provida ao modulador por um período de tempo relativamente longo. O período de tempo é longo relativo ao período de tempo que a tensão de polarização seria mantida na etapa s44. Nesta modalidade, este período de tempo relativamente longo é 10 minutos. Porém, em outras modalidades, este período longo de tempo é um período diferente de tempo. Se o laser não for reabilitado dentro deste período longo de tempo, o controlador de polarização 4 opera para reajustar a tensão de polarização provida ao modulador (isto é, retornar a tensão de polarização a 0V).

[000120] Neste caso, o modulador esteve operando a um ponto de polarização estabelecido por um período de tempo relativamente longo (isto é, uma hora ou mais). Quando o laser é desabilitado, a tensão de polarização para o laser é mantida por um período tempo relativamente longo (isto é, 10 minutos). Se o laser for reabilitado subsequentemente neste período de 10 minutos, tende a ser provável que o ponto de polarização para o modulador estará a ou perto da posição do ponto de polarização quando o laser era desabilitado. Assim, manter a tensão de polarização para o modulador por um período de tempo relativamente longo tende a resultar em disponibilidade mais rápida da saída de modulador, e menos perturbação do modulador. Isto tende a minimizar ou reduzir deriva futura do ponto de polarização de modulador.

[000121] Na etapa s44, o controlador de polarização 4 opera para manter a tensão de polarização provida ao modulador por um período de tempo relativamente curto. O período de tempo é curto relativo ao período de tempo que a tensão de polarização seria mantida na etapa s42. Nesta modalidade, este período de tempo relativamente curto é 10 segundos. Porém, em outras modalidades, este período de tempo curto é um período de tempo diferente. Se o laser não for reabilitado dentro deste período de tempo curto, o controlador de polarização 4 opera para reajustar a tensão de polarização provida ao modulador (isto é, retornar a tensão de polarização a 0V). Em outras modalidades, a tensão de polarização pode ser reajustada a um valor diferente.

[000122] Neste caso, o modulador esteve operando a um ponto de polarização recentemente adquirido por um período de tempo relativamente curto (por exemplo, entre 10 minutos e uma hora). Este ponto de polarização tende a não ser tão estável quanto seria se o modulador tivesse operando naquele ponto de polarização por uma hora. Quando o laser é desabilitado, a tensão de polarização para o laser é mantida por um período de tempo relativamente curto (por exemplo, 10 segundos). Se o laser for reabilitado subsequentemente neste período de 10 segundos, tende a ser provável que o ponto de polarização para o modulador estará a ou perto da posição do ponto de polarização quando o laser era desabilitado. Assim, manter a tensão de polarização para o modulador por um período de tempo relativamente curto tende a resultar em disponibilidade mais rápida da saída de modulador, e menos perturbação do modulador. Isto tende a minimizar ou reduzir deriva futura do ponto de polarização de modulador.

[000123] Na etapa s46, o controlador de polarização 4 opera para reajustar a tensão de polarização provida ao modulador (isto é, retornar a tensão de polarização a 0V). Em outras modalidades, a tensão de polarização pode ser reajustada a um valor diferente.

[000124] Neste caso, o modulador esteve operando a um ponto de polarização recém adquirido por um período de tempo curto (isto é, 10 minutos ou menos). Este ponto de polarização tende a não ser particularmente estável e assim a tensão de polarização não é mantida.

[000125] Assim, um processo que pode ser executado pelo controlador de polarização se o laser estiver desabilitado é provido. Nesta modalidade, o controlador de polarização 4 executa uma ação dependendo da história de estabilidade do modulador. O tempo de retenção para a tensão de polarização (isto é, se a tensão de polarização é mantida por um tempo relativamente longo, um tempo relativamente curto, ou reajustada) é dependente da duração de tempo à qual o modulador tinha operado a um ponto de polarização. Porém, em outras modalidades, o tempo de retenção para a tensão de polarização é dependente de um ou mais critérios diferentes em vez de ou além de ser dependente da duração de tempo à qual o modulador tinha operado a um ponto de polarização. Por exemplo, o tempo de retenção também poderia ser selecionado dependente de uma taxa de mudança recente da tensão de polarização. Também, o tempo de retenção pode ser selecionado dependente de mudanças recentes em temperatura do modulador.

[000126] Nas modalidades anteriores, uma vez que o ponto de polarização foi rastreado (por exemplo, usando o processo de rastreamento lento como descrito acima com referência à etapa s20 da Figura 5) por um período de tempo estendido, este ponto de polarização tende a ser estável. Assim, mudanças para a tensão de polarização provida podem ocorrer durante o processo de rastreamento lento. Porém, em outras modalidades, uma vez que um ponto de polarização é estável, a tensão de polarização só é ajustada quando o controlador de polarização é instruído para fazer assim, por exemplo pelo sistema hospedeiro.

[000127] Nas modalidades anteriores, quando o laser é habilitado inicialmente (isto é, ativado), a potência de saída do laser pode variar

inicialmente (por exemplo, por alguns segundos depois que o laser foi habilitado). Como resultado, a saída do modulador pode variar. O controlador de polarização pode tentar rastrear esta variação na saída de modulador. Porém, em outras modalidades, mudanças para a tensão de polarização não são permitidas durante os primeiros segundos de operação de laser (por exemplo, se um ponto de polarização prévio já está sendo retido). Isto pode ser alcançado, por exemplo, na segunda modalidade descrita acima pelo processador monitorando os sinais do controlador de laser que são indicativos do estado do laser (isto é, que são indicativos de se o laser está habilitado ou desabilitado). Em outras modalidades, a potência de laser pode ser monitorada na entrada ao modulador (por exemplo, tanto por meio de um conversor analógico para digital ou um circuito de diferenciador), e ajuste de ponto de polarização só é permitido quando a potência de laser é determinada estar estável.

[000128] Nas modalidades anteriores, o comparador de janela está configurado para permitir pequenos erros na colocação do ponto de polarização do modulador. Isto tende vantajosamente a reduzir ou eliminar uma necessidade para ajustar continuamente a tensão de polarização do modulador. Tal ajuste contínuo da tensão de polarização provida ao modulador pode afetar prejudicialmente o desempenho do sistema. A configuração do comparador de janela para permitir pequenos erros na colocação do ponto de polarização pode ser usando um circuito de amplificador operacional padrão ("op-amp") no qual um limiar para a saída de modulador sendo "alta demais" (relativo à tensão alvo) é fixado uma distância relativamente pequena acima daquela para a saída de modulador sendo "baixa demais". Em outras palavras, pode haver uma "janela" entre limiares para saída de modulador produziu sendo "alta demais" e "baixa demais". Esta distância relativamente pequena, ou janela, pode, por exemplo, ser aproximadamente 2% da potência de saída esperada em quadratura. Isto tende

vantajosamente a prover o rastreamento efetivo de um ponto de polarização, por exemplo quando a saída de modulador é um sinal de movimento rápido. Em outras modalidades, a janela entre os limiares para a saída de modulador sendo "alta demais" e "baixa demais" pode ser um tamanho diferente. O tamanho desta janela pode ser selecionado vantajosamente para alcançar um equilíbrio entre um nível de erro de ponto de polarização e o impacto de desempenho de ajuste de tensão de polarização desnecessária. O tamanho desta janela pode ser fixo ou variável. Além disso, o tamanho desta janela pode ser fixado empiricamente por exemplo para tentar otimizar desempenho de sistema. Em outras modalidades, o comparador de janela pode ser substituído com um conversor analógico para digital (ADC). A determinação de se a saída de modulador é "alta demais" ou "baixa demais" relativa à tensão alvo pode ser executado usando software. Uso de um tal ADC tende a ser particularmente benéfico em modalidades nas quais o processador é um microcontrolador porque tipicamente microcontroladores têm ADCs integrantes. Digitalizar a determinação de se a saída de modulador é "alta demais" ou "baixa demais" relativa à tensão alvo tende vantajosamente a permitir perseguição mais sofisticada e rastreamento de um ponto de polarização a ser executado usando um algoritmo de controle convencional, por exemplo um controlador proporcional+integral+derivado (PID).

[000129] Uma vantagem provida pelo sistema e métodos descritos acima é que a estabilidade do ponto de polarização do modulador tende a ser melhorada. A vantagem tende a ser provida mantendo o ponto de polarização tão perto de 0V quanto possível. Também, a vantagem tende a ser provida minimizando ou reduzindo substancialmente a quantidade de mudança de tensão à qual o modulador está exposto.

[000130] O sistemas e métodos providos acima não implementam um tom piloto ou frequência de tremor e portanto tendem a não sofrer das supracitadas desvantagens associadas com tais características.

[000131] O ponto de polarização do modulador pode tender a derivar com o passar do tempo. Isto pode ser devido a uma combinação de fatores. Por exemplo, mudanças em temperatura podem fazer o ponto de polarização derivar. Também por exemplo, efeitos eletromecânicos (por exemplo, tensões mecânicas para o chip de modulador introduzidas pela aplicação de tensão a seu substrato piezelétrico) podem fazer o ponto de polarização derivar. Também por exemplo, tensões de polarização podem derivar longe de 0V com o passar do tempo devido a domínios de cargas aprisionadas na superfície do modulador. Também por exemplo, devido a realinhamento de cargas aprisionadas, qualquer mudança de etapa em tensão de polarização pode resultar em um período de deriva de ponto de polarização.

[000132] Como moduladores tendem a responder relativamente lentamente, o algoritmo de controle descrito acima tende a não ter que ser corrido particularmente depressa. Por exemplo, o algoritmo de controle pode ser corrido a uma velocidade de 8 atualizações por segundo. Assim, vantajosamente, tende a não ser uma necessidade tanto uma velocidade alta ou relógio de qualidade alta para correr o algoritmo de controle descrito acima. Assim, tende ser possível implementar o algoritmo de controle usando, por exemplo, osciladores em chip de microcontroladores de baixo custo ou um oscilador programável por resistor correndo a, por exemplo, 50 kHz. Vantajosamente, isto tende a resultados em consumo de energia relativamente baixo e ruído digital reduzido.

[000133] Vantajosamente, tende a ser possível reduzir ou minimizar um risco de assinatura ou corrupção de sinal correndo o circuito descrito acima a uma taxa de relógio muito baixa. Além disso, o risco de assinatura ou corrupção de sinal também pode ser reduzido ou minimizado só se comunicando com o DAC quando um novo valor de saída (isto é, tensão de polarização) é para ser provido ao modulador.

[000134] A carga de processamento do algoritmo de controle tende a ser

baixa. Assim, tende a ser possível para múltiplos moduladores compartilharem o mesmo processador. Isto tende a vantajosamente reduzir as exigências de hardware de um sistema de múltiplos canais.

[000135] Vantajosamente, tende a ser possível fixar temporariamente (isto é, trancar ou conter) a tensão de polarização (isto é, manter a tensão de polarização a um certo valor). Isto pode ser executado pelo processador, por exemplo em resposta a uma instrução do sistema hospedeiro. Esta característica tende a ser útil durante processos de autocalibração como tende a prevenir a adição de erros de fase/amplitude na saída do modulador.

[000136] O sistema e método descritos acima vantajosamente tendem a evitar a necessidade por uma tabela de consulta, ou uma pesquisa para uma saída de modulador de pico. O hardware de controle relativamente simples fixa o ponto de polarização com um potenciômetro e monitora o ponto de polarização com um detector de janela. Além disso, o hardware simplificado vantajosamente tende a fazer a aquisição do ponto de polarização operacional substancialmente mais rápido que é convencionalmente possível. Por exemplo, um ponto de polarização operacional pode ser achado em aproximadamente 2-10 segundos usando o sistema e métodos descritos acima, ao invés de 30 segundos a vários minutos que tende a ser requerido por aparelho e processos convencionais.

[000137] No sistema e aparelho providos acima, a potência de saída do modulador pode ser medida da porta de despejo do modulador (isto é, um segundo braço do acoplador de saída). Isto tende vantajosamente a maximizar a potência de saída do modulador que está disponível ao sistema hospedeiro. Além disso, o fotodiodo de monitoração pode ser integrado no pacote de modulador em lugar de usar uma derivação óptica externa.

[000138] O sistema e métodos descritos acima vantajosamente tendem a prover a aquisição mais rápida do ponto de polarização. Também, o sistema e métodos descritos acima vantajosamente tendem a prover a redução ou

minimização de deriva de ponto de polarização. Também, o sistema e métodos descritos acima vantajosamente tendem a prover a degradação elegante (isto é, controlada) de desempenho quando o extremo da gama de controle de polarização é alcançado. Tende a ser possível evitar esta degradação completamente por exemplo advertindo o sistema hospedeiro quando o extremo da gama de controle de polarização está sendo chegado de forma que o sistema hospedeiro possa programar uma reiniciação do modulador.

[000139] Os métodos descritos acima são vantajosamente simples. Primeiramente, uma potência de saída alvo, correspondendo à polarização de quadratura é fixada. Secundariamente, quando o laser é ativado e sua saída está estável, a pesquisa para um ponto de polarização começa. Um ponto de polarização é achado casando a saída do modulador à potência de saída alvo fixada ajustando a tensão de polarização. O ponto de polarização mais perto a 0V é localizado. Este ponto de polarização tende a ter o potencial mínimo para derivar. Este ponto de polarização é achado varrendo a tensão de polarização em um ziguezague gradualmente crescente centrado sobre 0V até que a potência alvo seja alcançada. O ponto de polarização achado é então rastreado. Caso a tensão de polarização se aproxima do limite de uma gama de controle enquanto sendo rastreado, o sistema pode ser reajustado, isto é, a tensão de polarização pode ser retornada a zero e a pesquisa para um ponto de polarização pode ser reiniciada. O sistema hospedeiro pode ser advertido, e permitido selecionar quando a reiniciação na verdade acontece (para prevenir perda de serviço durante operações críticas). Caso a tensão de polarização alcance o limite da gama de controle, a tensão de polarização pode ser retida (isto é, fixada ou mantida ao valor extremo), por esse meio permitindo ao desempenho de RF do sistema se degradar gradualmente. O sistema hospedeiro pode ser notificado que o limite de tensão de polarização foi alcançado. O sistema hospedeiro pode ser permitido escolher quando uma

reiniciação acontece. Caso o laser seja desligado, a tensão de polarização pode ser contida a seu valor atual por um período de tempo definido. Este período de tempo definido pode ser dependente de quanto tempo o ponto de polarização do modulador tinha sido mantido (isto é, quão estável o ponto de polarização está).

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar uma tensão de polarização provida a um modulador óptico Mach-Zehnder para operar modulador Mach-Zehnder em quadratura, o método caracterizado pelo fato de que compreende:

prover, ou determinar que está presente, uma potência de entrada óptica estável para o modulador, provendo um objetivo para a potência de saída óptica do modulador, o objetivo para a potência de saída óptica do modulador sendo a potência de saída óptica correspondendo ao modulador operando em quadratura na dada potência de entrada óptica estável, e predefinindo uma gama de potência de saída óptica aceitável incluindo o objetivo provido;

aplicar, ao modulador, uma tensão de polarização (20) tendo um valor inicial de 0V; e

depois disso, monitorar a potência de saída óptica, enquanto variando a tensão de polarização (20) até que o valor da tensão de polarização (20) seja o valor que está mais perto do valor inicial e que polariza o modulador de forma que a potência de saída óptica do modulador esteja dentro de uma gama predefinida da potência de saída óptica alvo,

em que a etapa de variar a tensão de polarização (20) compreende, começando do valor inicial de 0V, varrer a tensão de polarização em um padrão de ziguezague com amplitude gradualmente crescente.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, se a potência de saída óptica do modulador for determinada como fora da gama predefinida da potência de saída óptica alvo, o método compreende a etapa de variar o valor da tensão de polarização (20) para trazer a potência de saída óptica do modulador de volta para estar dentro da gama predefinida da potência de saída óptica alvo.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a etapa de variar o valor da tensão de polarização (20) para trazer

a potência de saída óptica do modulador de volta para estar dentro da gama predefinida da potência de saída óptica alvo compreende:

comparar a potência de saída óptica do modulador à potência de saída óptica alvo para determinar se a potência de saída óptica do modulador é tanto mais alta ou mais baixa do que a gama predefinida da potência de saída óptica alvo;

determinar uma direção de um declive da potência de saída óptica do modulador relativa à tensão de polarização aplicada (20); e

dependendo da direção de declive determinada e se a potência de saída óptica do modulador é mais alta ou mais baixa do que a gama predefinida da potência de saída óptica alvo, tanto aumentar ou diminuir a tensão de polarização (20) por uma quantidade predeterminada.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a quantidade predeterminada pela qual a tensão de polarização (20) é tanto aumentada ou diminuída é dependente de quanto tempo o modulador esteve operando em quadratura.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a etapa de variar a tensão de polarização (20) compreende comparar a potência de saída óptica do modulador à potência de saída óptica alvo para detectar se a potência de saída óptica do modulador está dentro da gama predefinida da potência de saída óptica alvo.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 5, caracterizado pelo fato de que comparar a potência de saída óptica do modulador à potência de saída óptica alvo é executado tanto:

usando um comparador de janela (10); ou

usando um conversor analógico para digital e meio de processamento digital.

7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o padrão de ziguezague é um padrão de

zigzague assimétrico.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a potência de saída óptica do modulador está dentro de uma gama predefinida da potência de saída óptica alvo se a potência de saída óptica do modulador for igual à potência de saída óptica alvo.

9. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a potência de saída óptica alvo é provida por meio de um potenciômetro (12) ou um conversor de digital para analógico.

10. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que a etapa de variar a tensão de polarização (20) é executada tal que a tensão de polarização (20) seja limitada para estar dentro de uma gama de tensão de polarização predefinida.

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que compreende a etapa de manter a tensão de polarização (20) a seu nível atual por uma duração de tempo predeterminada depois que a potência de entrada óptica para o modulador óptico foi desabilitada, a duração de tempo predeterminada sendo dependente da duração de tempo que o modulador esteve operando em quadratura.

12. Método para controlar uma unidade de modulação para um sistema de comunicação óptico, a unidade de modulação compreendendo um laser para gerar um sinal de portador óptico, um modulador óptico Mach-Zehnder para modular o sinal de portador óptico, o modulador óptico Mach-Zehnder sendo configurável para ser polarizado por aplicação de uma tensão de polarização tal que o modulador óptico Mach-Zehnder opere em quadratura, o método caracterizado pelo fato de que compreende controlar a tensão de polarização provida ao modulador óptico Mach-Zehnder usando um método como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 11, o sinal de portador óptico representando a potência de entrada óptica estável como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 11.

13. Controlador de polarização (4) para um modulador óptico Mach-Zehnder, o modulador sendo configurável para ser polarizado por aplicação de uma tensão de polarização (20) tal que o modulador opere em quadratura, o controlador de polarização caracterizado pelo fato de que compreende um ou mais processadores (14) configurados para:

determinar que existe uma potência de entrada óptica estável para o modulador,

determinar um objetivo para a potência de saída óptica do modulador, o objetivo sendo a potência de saída óptica correspondendo ao modulador operando em quadratura em uma dada potência de entrada óptica estável, e predefinir uma gama de potência de saída óptica aceitável incluindo o objetivo determinado;

prover, para aplicação ao modulador, a tensão de polarização (20), a tensão de polarização (20) tendo um valor inicial de 0V; e

monitorar a potência de saída óptica do modulador e variar a tensão de polarização (20) até que o valor da tensão de polarização (20) seja o valor que está mais perto do valor inicial e que polariza o modulador de forma que a potência de saída do modulador esteja dentro de uma gama predefinida da potência de saída alvo;

em que a etapa de variar a tensão de polarização (20) compreende, começando do valor inicial de 0V, varrer a tensão de polarização em um padrão de ziguezague com amplitude gradualmente crescente.

14. Unidade de modulação para um sistema de comunicação óptico, a unidade caracterizada pelo fato de que compreende um laser para gerar um sinal de portador óptico, um modulador óptico Mach-Zehnder para modular o sinal de portador óptico, e um controlador de polarização (4) como definido na reivindicação 13 e arranjado para controlar o modulador óptico Mach-Zehnder, o sinal de portador óptico representando a potência de entrada óptica estável, cuja presença é determinada pelo controlador de polarização

como definido na reivindicação 13.

Fig. 1

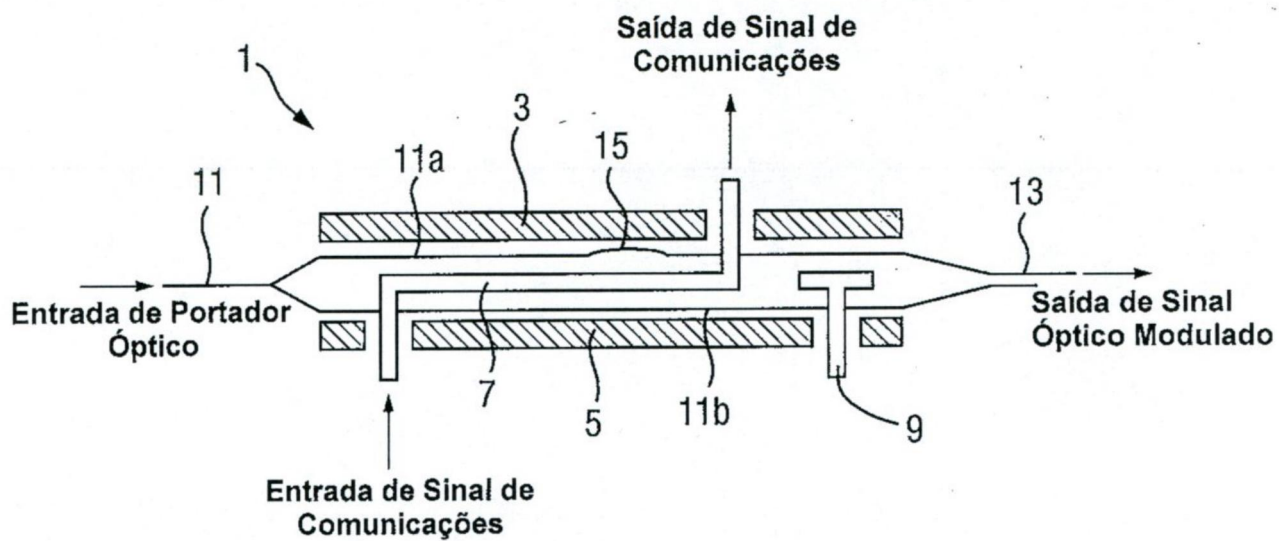


Fig. 2

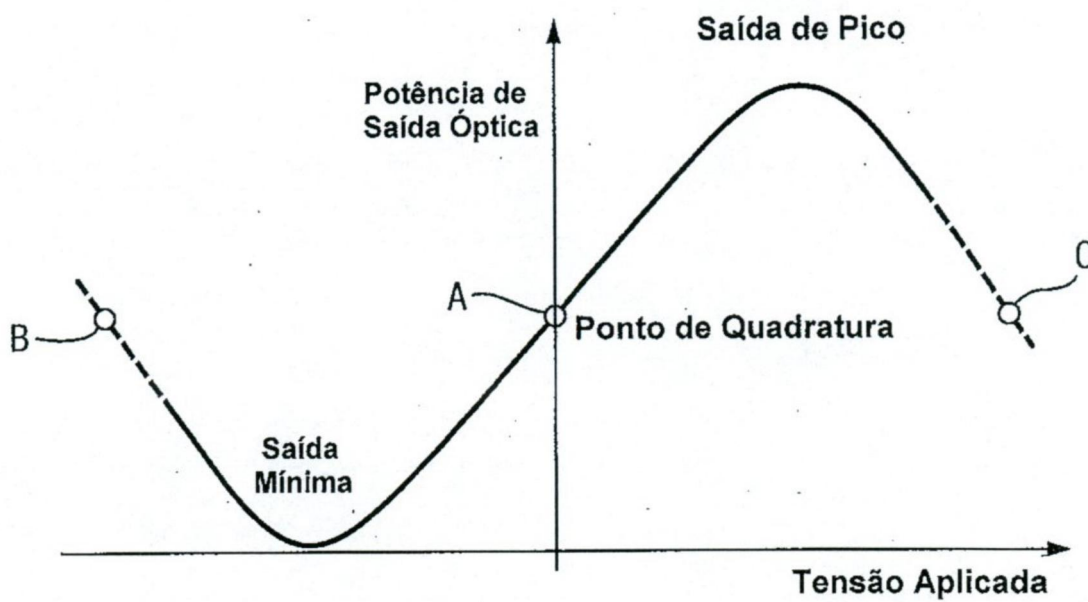


Fig. 3

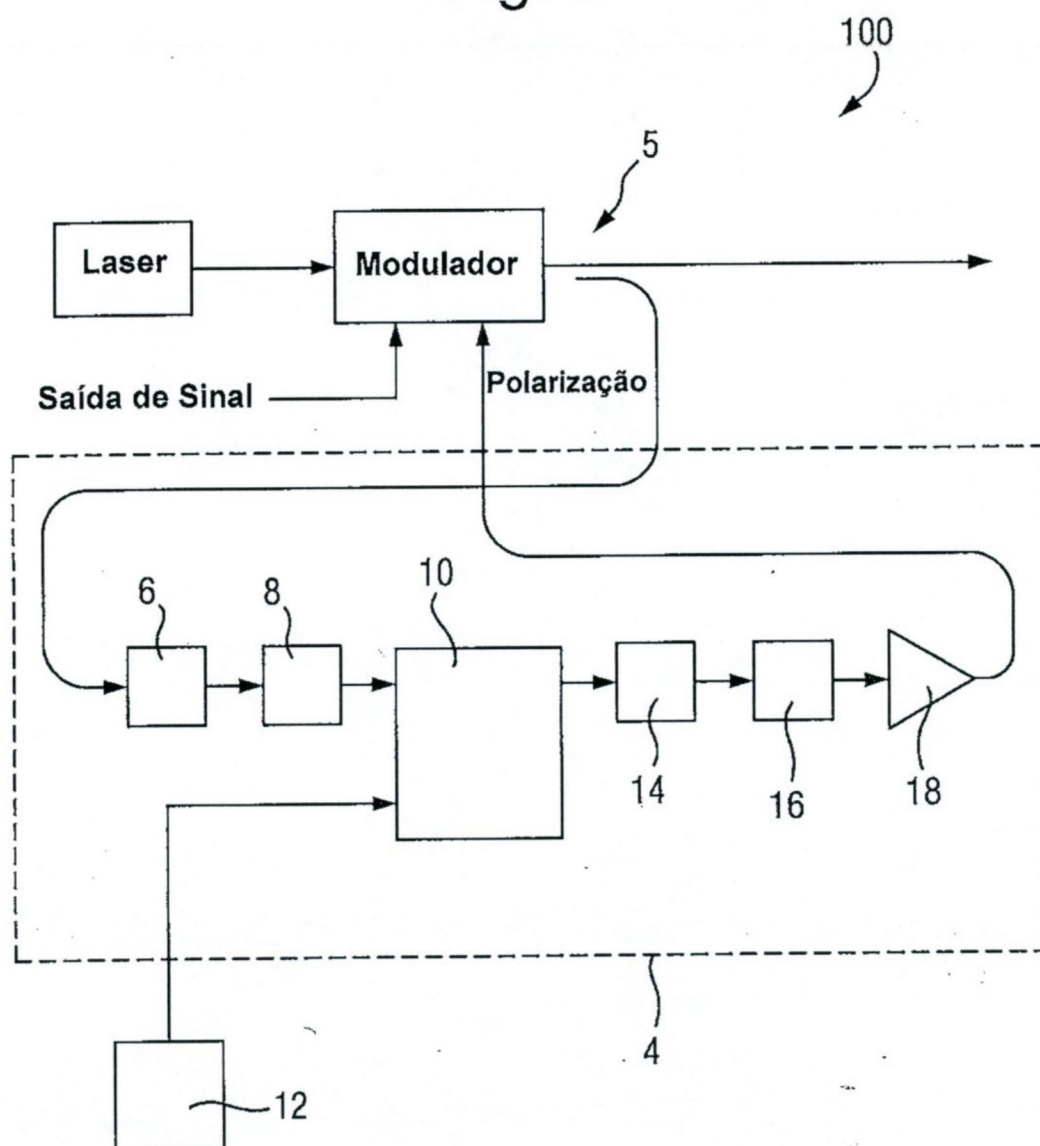


Fig. 4

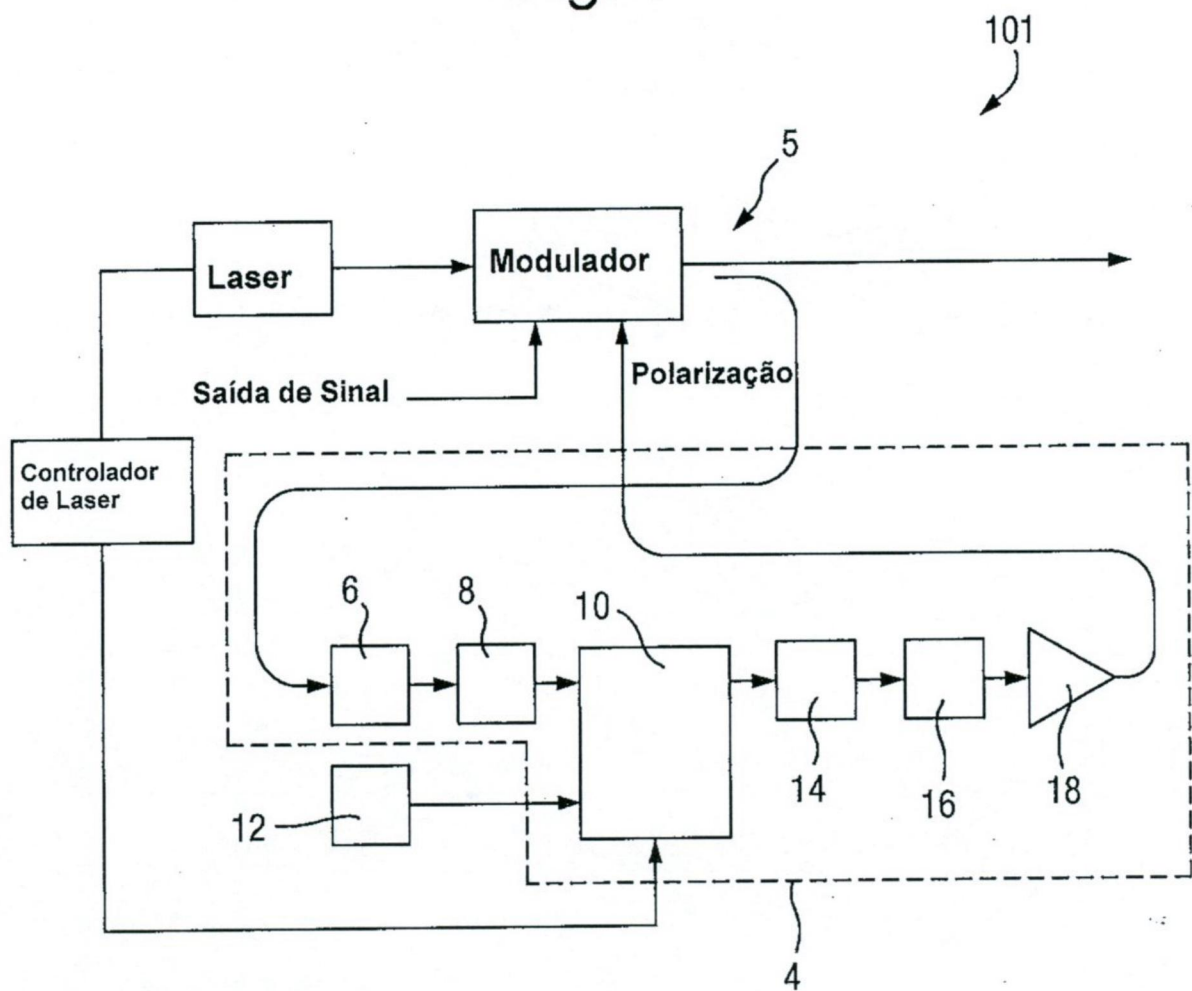


Fig. 5

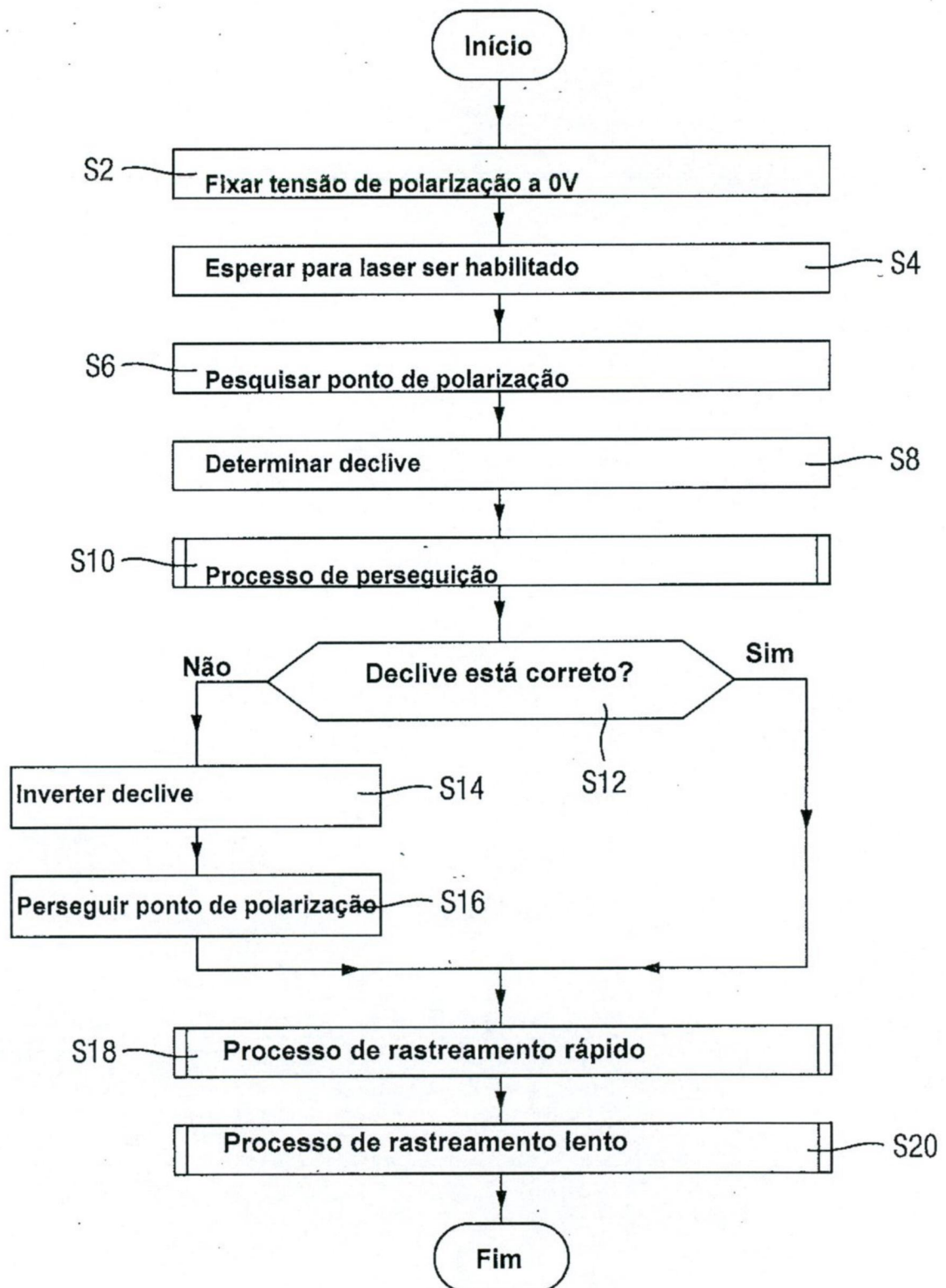


Fig. 6

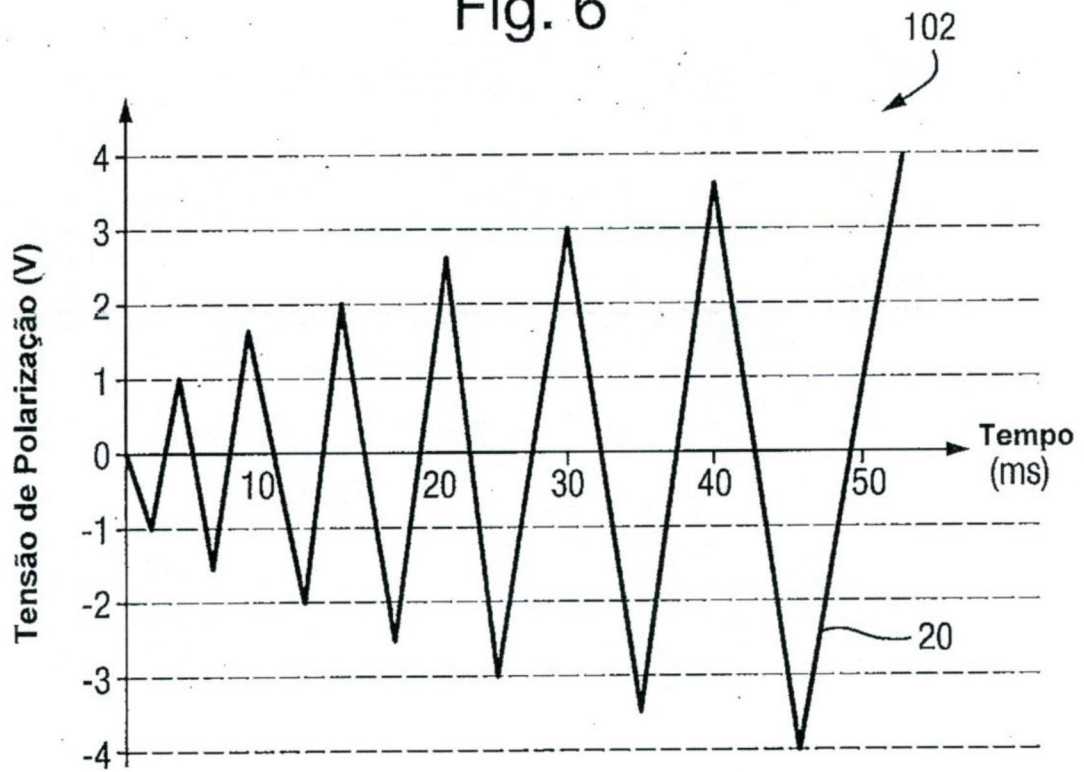


Fig. 8

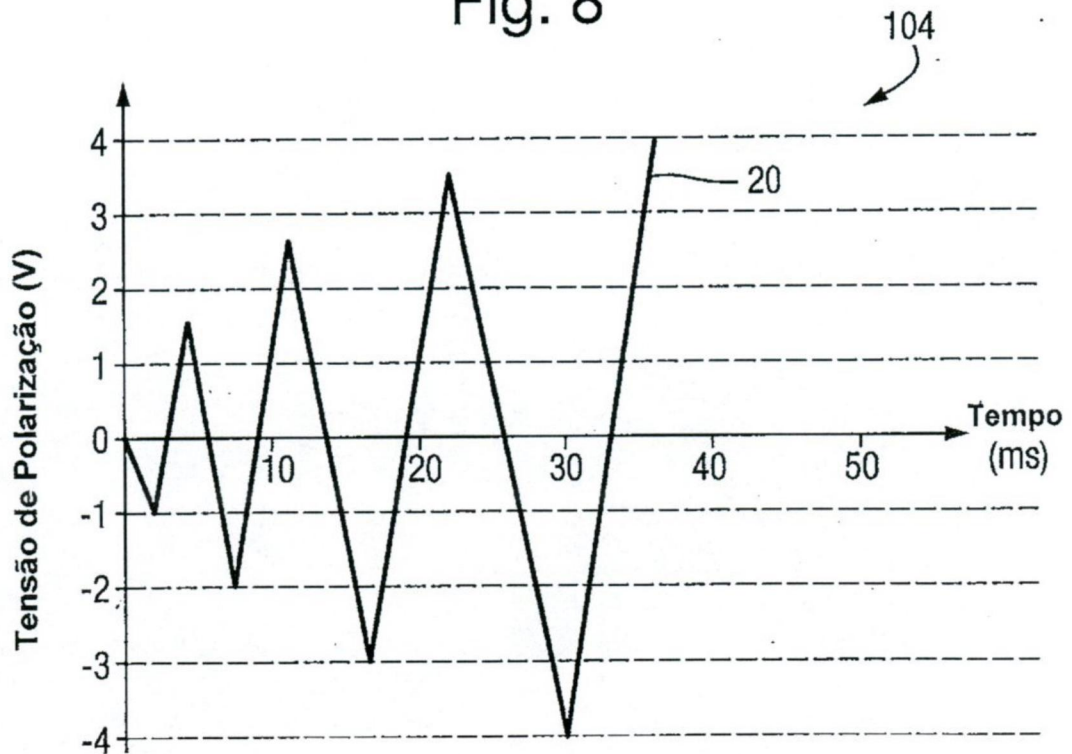


Fig. 7

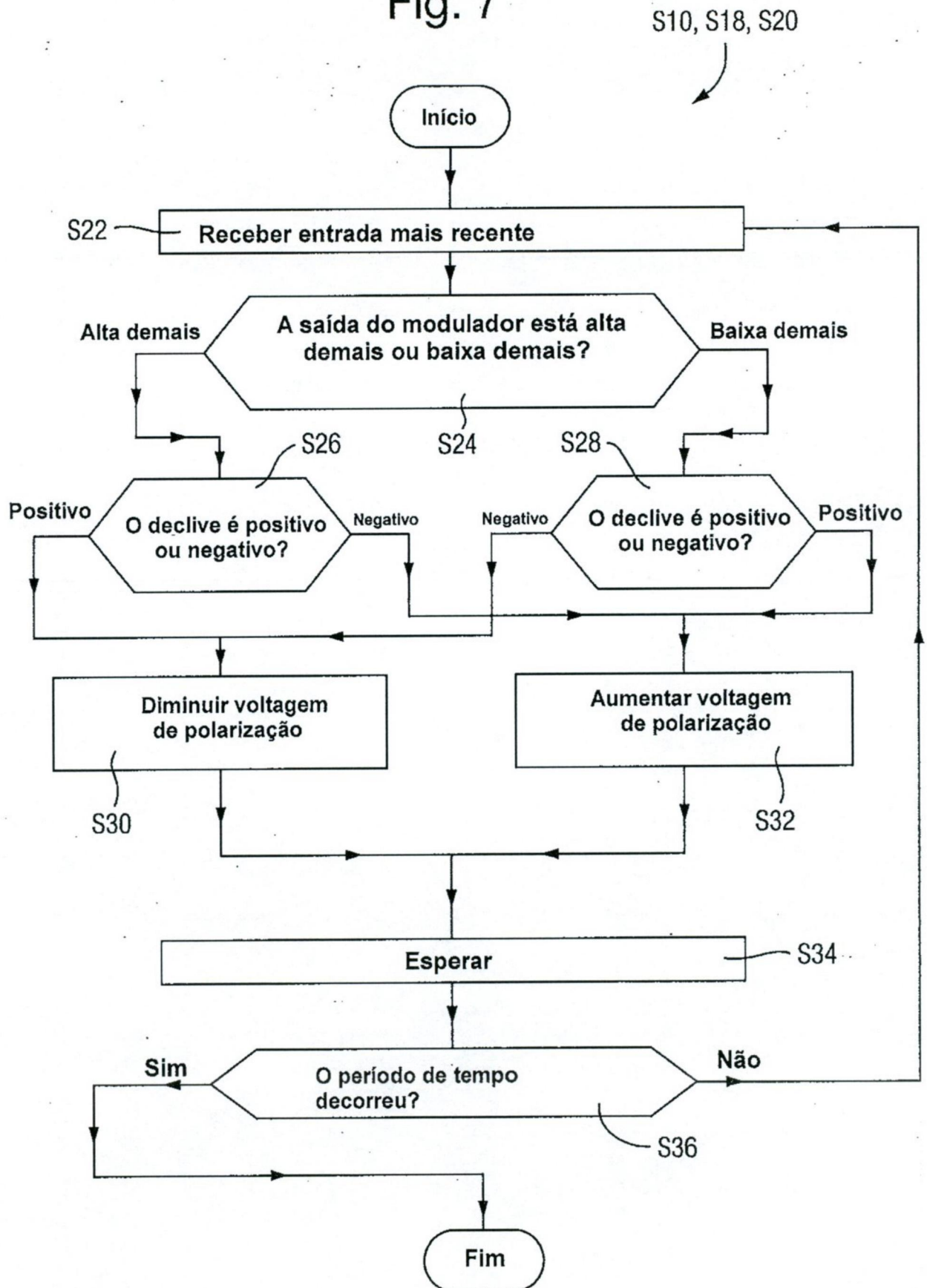


Fig. 9

