

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2010.07.08	(73) Titular(es): UNIVERSIDADE DE AVEIRO	
(30) Prioridade(s):	UATEC, ED. DA REITORIA 3º PISO, CAMPUS	
(43) Data de publicação do pedido: 2012.01.09	UNIVERSITÁRIO DE SANTIAGO 3810-193	
(45) Data e BPI da concessão: /	AVEIRO	PT
	(72) Inventor(es):	
	ROGÉRIO NUNES NOGUEIRA	PT
	MIGUEL VIDAL DRUMMOND	PT
	(74) Mandatário:	
	LUÍS MANUEL DE ALMADA DA SILVA CARVALHO	
	RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA	PT

(54) Epígrafe: **SISTEMA E MÉTODO FOTÓNICO PARA EFECTUAR O DIRECCIONAMENTO SINTONIZÁVEL DO CAMPO ELÉCTRICO RADIADO POR UM AGREGADO DE ANTENAS**

(57) Resumo:

A PRESENTE INVENÇÃO DIZ RESPEITO A UM SISTEMA FOTÓNICO PARA EFECTUAR O DIRECCIONAMENTO DO CAMPO ELÉCTRICO GERADO POR UM AGREGADO DE ANTENAS. O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA ASSENTA NUMA LINHA DE ATRASO SINTONIZÁVEL FOTÓNICA, QUE CONSISTE NUM INTERFERÓMETRO ÓPTICO DE MACH-ZEHNDER COM UM ATRASO TEMPORAL DIFERENCIAL ENTRE BRAÇOS PREDEFINIDO. A SINTONIA DO ATRASO TEMPORAL É EFECTUADA ATRAVÉS DO CONTROLO DA RAZÃO DE ACOPLAMENTO ENTRE A POTÊNCIA APLICADA A CADA UMA DAS LINHAS DE ATRASO TEMPORAL DO INTERFERÓMETRO. SÃO PROPOSTAS TRÊS CONFIGURAÇÕES, ONDE UMA DELAS USA APENAS UMA ÚNICA LINHA DE ATRASO E UMA ÚNICA FONTE DE LUZ MONOCROMÁTICA, INDEPENDENTEMENTE DO NÚMERO DE ANTENAS ELEMENTARES DO AGREGADO.

RESUMO

**"SISTEMA E MÉTODO FOTÓNICO PARA EFECTUAR O DIRECCIONAMENTO
SINTONIZÁVEL DO CAMPO ELÉCTRICO RADIADO POR UM AGREGADO DE
ANTENAS"**

A presente invenção diz respeito a um sistema fotónico para efectuar o direccionamento do campo eléctrico gerado por um agregado de antenas. O funcionamento do sistema assenta numa linha de atraso sintonizável fotónica, que consiste num interferómetro óptico de Mach-Zehnder com um atraso temporal diferencial entre braços predefinido. A sintonia do atraso temporal é efectuada através do controlo da razão de acoplamento entre a potência aplicada a cada uma das linhas de atraso temporal do interferómetro. São propostas três configurações, onde uma delas usa apenas uma única linha de atraso e uma única fonte de luz monocromática, independentemente do número de antenas elementares do agregado.

DESCRIÇÃO

"SISTEMA E MÉTODO FOTÓNICO PARA EFECTUAR O DIRECCIONAMENTO SINTONIZÁVEL DO CAMPO ELÉCTRICO RADIADO POR UM AGREGADO DE ANTENAS"

Âmbito da invenção

Neste documento apresenta-se um sistema e método fotónico para efectuar o direccionamento do campo eléctrico gerado por um agregado de antenas. O funcionamento do sistema assenta numa linha de atraso sintonizável fotónica, que consiste num interferómetro óptico de Mach-Zehnder com um atraso temporal diferencial entre braços predefinido. A sintonia do atraso temporal é efectuada através do controlo da razão de acoplamento entre a potência aplicada a cada uma das linhas de atraso temporal do interferómetro. São propostas três configurações, onde uma delas usa apenas uma única linha de atraso e uma única fonte de luz monocromática, independentemente do número de antenas elementares do agregado. A aplicação da linha de atraso descrita num sistema fotónico com o propósito de efectuar o direccionamento do campo eléctrico gerado por um agregado de antenas não foi encontrada no presente estado da arte. O sistema proposto adequa-se a sistemas de comunicações sem fios com portadoras RF de elevada frequência, que permitem acomodar elevadas taxas de transmissão de dados.

O interesse desta invenção deve-se ao seu carácter inovador em sistemas de direccionamento do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas. Estas antenas assumem um papel cada vez mais importante pois permitem direccionar o feixe radiado para uma direcção pretendida com muita precisão e sem qualquer deslocamento mecânico. Uma vez que a largura de banda de transmissão de dados tende a aumentar em todos os sistemas de telecomunicações, com ou sem fios, são necessários sistemas de interligação entre ambos estes tipos de sistemas de telecomunicações que permitam elevadas taxas de transmissão. Por exemplo, um sistema de redes sem fios de elevadas taxas de transmissão (≥ 1 Gb/s) pode ter um sistema de rádio sobre fibra a interligar uma central até um agregado de antenas remoto, que depois direccionará o feixe numa direcção pretendida com o auxílio do sistema proposto, pois este permite acomodar elevadas taxas de transmissão. Outro exemplo, fora da área das telecomunicações é a radioastronomia, que requer sistemas de antenas avançados para monitorizar sinais provenientes do espaço com baixas potências e elevadas larguras de banda.

Em comparação com as técnicas anteriores, o presente conceito é bastante simples e baseia-se num elemento muito conhecido na óptica que é o interferómetro óptico de Mach-Zehnder. A sua implementação é feita com componentes comercialmente disponíveis. Permite também uma sintonia do feixe muito rápida, especialmente no caso de se partir para uma implementação em óptica integrada. Na

óptica dos inventores, a maior vantagem é poder-se ter apenas uma linha de atraso (o meio birrefringente na configuração presente na figura 3) e apenas uma única fonte de luz monocromática, qualquer que seja o número de antenas elementares. Esta característica não foi encontrada nas técnicas reportadas na literatura.

Descrição da técnica anterior

Um agregado de antenas consiste num conjunto de N antenas distribuídas ao longo das três dimensões espaciais. As antenas que compõem o agregado denominam-se antenas elementares. Um agregado de antenas permite a optimização e direccionamento do campo eléctrico radiado através do ajuste da amplitude e fase dos sinais de radiofrequência (RF) alimentados a cada antena elementar. Esta é a característica diferenciadora deste tipo de antenas, uma vez que numa antena individual a optimização do campo eléctrico radiado depende do seu desenho, e o direccionamento depende da sua orientação espacial.

Como referido no parágrafo anterior, o direccionamento do campo eléctrico radiado pelo agregado pode ser controlado através da fase dos sinais RF aplicados a cada antena elementar. Mais concretamente, o agregado pode ser alimentado por um único sinal RF. Esse sinal é distribuído por todas as antenas elementares, que incluem um atraso de fase sintonizável. Um atraso de fase, embora sintonizável, é constante. Isto significa que o valor do

atraso de fase está correcto apenas para uma dada frequência RF. No caso de um agregado de antenas, isto implica que a frequência emitida deve ser constante. Caso tal não se verifique, diferentes frequências obtêm diferentes atrasos de fase, e o direccionamento do campo eléctrico torna-se assim dependente da frequência emitida. No caso de transmissão de dados numa frequência portadora RF, isto implica que a largura de banda do sinal de dados seja a menor possível. Uma vez que existem inúmeras aplicações com elevada largura de banda (ex. sinais RADAR, redes sem fios gigabit, radioastronomia, etc.), o direccionamento do campo eléctrico radiado não pode ser realizado com esta técnica de um modo eficaz.

O problema descrito pode ser resolvido com atrasos de fase dependentes da frequência. Na prática, um atraso de fase dependente da frequência consiste numa linha de atraso temporal. Assim, em vez de um atraso de fase, cada antena elementar deve ter associado a si um atraso temporal sintonizável. A implementação eléctrica de um atraso temporal sintonizável é particularmente difícil a altas frequências, uma vez que o aumento do atraso temporal resulta no aumento do comprimento da linha de atraso, o que por conseguinte leva a um aumento das perdas de sinal e a uma redução de largura de banda. É com base nesta dificuldade que foram propostas implementações fotónicas de linhas de atraso sintonizáveis. As vantagens das técnicas fotónicas consistem em perdas reduzidas, elevada largura de banda, tamanho e pesos menores e imunidade a ruído

electromagnético. Em geral, um agregado de antenas com linhas de atraso fotónicas sintonizáveis é caracterizado por ter um modulador electro-óptico para converter o sinal RF para o domínio óptico, seguido por um sistema de processamento óptico que distribui e atrasa o sinal modulado de acordo com o pretendido pelas diversas antenas. Os sinais ópticos são reconvertidos para o domínio eléctrico através de fotoreceptores.

As patentes estrangeiras referenciadas descrevem diferentes implementações de linhas de atraso temporal sintonizáveis fotónicas, com possível aplicação a agregados de antenas.

A patente US 5428218 apresenta uma linha de atraso temporal sintonizável fotónica baseada em multiplexagem espacial. Numa implementação em espaço livre, o percurso efectuado pelo sinal óptico é direccionado para uma determinada fibra óptica ajustando alguns espelhos. Como diferentes fibras têm diferentes comprimentos, obtém-se assim uma sintonia discreta do atraso temporal adicionado ao sinal óptico. Esta implementação aborda também a possibilidade de ter um sistema multi-feixe, i.e., o sistema pode ser utilizado em simultâneo por mais do que um sinal óptico.

A patente US 5978125 apresenta uma linha de atraso temporal sintonizável fotónica baseada em multiplexagem na polarização. Num meio birrefringente, um

sinal com um estado de polarização específico sofre um atraso temporal superior relativamente ao estado ortogonal. Seleccionando um dos dois estados de polarização, o atraso temporal adicionado pode assim ser controlado. A replicação deste método de funcionamento é apresentada numa estrutura com meios birrefringentes em série, intercalados por controladores de polarização. Obtém-se assim uma sintonia discreta do atraso temporal.

A patente US 5461687 descreve uma linha de atraso temporal sintonizável fotónica baseada em meios dispersivos. A variação do comprimento de onda do sinal de entrada faz com que este percorra um percurso diferente, resultando assim num atraso temporal sintonizável. Nesta patente, o meio dispersivo é implementado em espaço livre numa rede de difracção, e também em fibra através de redes de Bragg em fibra óptica localizadas em diferentes pontos da fibra.

A patente US 5751466 descreve uma linha de atraso temporal sintonizável fotónica que aproveita a resposta em frequência de um dispositivo fotónico com banda proibida. Um exemplo deste tipo de dispositivos é uma rede de Bragg. O dispositivo consiste numa estrutura dieléctrica em que o índice de refração varia longitudinalmente. O controlo da variação do índice de refração ao longo da estrutura resulta numa mudança da resposta em frequência do dispositivo, afectando assim o atraso temporal adicionado ao sinal fotónico.

A patente US 7558450 B2 descreve uma linha de atraso temporal sintonizável fotónica composta por três elementos ressonantes acoplados a um guia de ondas. Trata-se de uma implementação restrita a sinais com banda lateral única. O deslocamento simétrico na frequência de dois elementos ressonantes permite o ajuste do atraso temporal obtido pela portadora RF. O terceiro elemento ajusta a fase da portadora óptica para que o sinal RF obtido não tenha um deslocamento de fase involuntário. Mais importante que o método de sintonia, esta patente adequa-se claramente a sinais RF com conteúdo espectral nulo entre a portadora óptica e as portadoras RF. Esta propriedade de um sinal RF faz com que a resposta em frequência da linha de atraso temporal seja irrelevante para frequências situadas entre a portadora RF e a portadora óptica.

Breve descrição dos desenhos

A descrição que se segue tem por base os desenhos anexos nos quais, sem qualquer carácter limitativo se representa:

- Na figura 1, a resposta em amplitude e o atraso de grupo da linha de atraso sintonizável fotónica considerando diferentes razões de acoplamento α entre a potência aplicada a cada uma das linhas de atraso temporal do interferómetro;

- Na figura 2, um primeiro modo de realização da invenção;

- Na figura 3, um segundo modo de realização da invenção; e

- Na figura 4, um terceiro modo de realização da invenção.

- Na figura 5, um quarto modo de realização da invenção.

- Na figura 6, um quinto modo de realização da invenção.

Descrição detalhada do invento

O sistema proposto para direccionar o campo eléctrico gerado por um agregado de antenas divide-se em três subsistemas. Em primeiro lugar, o sinal RF modula uma portadora óptica monocromática. O sinal óptico modulado é replicado N vezes, onde N é o número de antenas elementares. Cada réplica é introduzida numa linha de atraso temporal sintonizável, e seguidamente reconvertida para o domínio eléctrico através de um fotoreceptor. Cada fotoreceptor está conectado à respectiva antena elementar.

O elemento chave do conceito é a linha de atraso temporal sintonizável, pois de uma forma genérica um agregado de N antenas tem N linhas de atraso temporal sintonizáveis. A linha de atraso temporal sintonizável consiste num interferómetro óptico de Mach-Zehnder de dois braços. O interferómetro é composto por um acoplador de entrada, ao qual estão conectadas duas linhas de atraso, e um acoplador de saída que adiciona os sinais provenientes de ambas as linhas. As linhas de atraso têm uma diferença fixa de atraso temporal de τ . Um dos acopladores tem a razão de acoplamento sintonizável, i.e., o rácio de potência óptica nas duas linhas de atraso pode ser ajustado. De acordo com o reivindicado na patente PT 104237, o interferómetro proposto consiste num filtro óptico com resposta sintonizável, que corresponde aproximadamente a uma média pesada das respostas das linhas de atraso. A sintonia realiza-se através da variação do

rácio de potência óptica nas duas linhas de atraso. Obtém-se assim uma linha de atraso sintonizável entre 0 e τ , como pretendido. Matematicamente, a resposta em frequência do interferómetro pode ser escrita como

$$H(f) = \frac{\sqrt{2}}{2} \left[\alpha + \sqrt{1 - \alpha^2} e^{-j2\pi f \tau} \right],$$

(1)

onde $0 \leq \alpha \leq 1$ é a razão de acoplamento e f é a frequência. Da equação (1) pode-se deduzir a resposta em amplitude $\|H(f)\|^2$ e o atraso de grupo $\tau(f)$:

$$\|H(f)\|^2 = \frac{1}{2} \left\{ 1 + 2\alpha \sqrt{1 - \alpha^2} \cos(2\pi f \tau) \right\},$$

(2.1)

$$\tau(f) = \tau \left\{ \frac{1 - \alpha^2 + \alpha \sqrt{1 - \alpha^2} \cos(2\pi f \tau)}{1 + 2\alpha \sqrt{1 - \alpha^2} \cos(2\pi f \tau)} \right\}.$$

(2.2)

As expressões deduzidas revelam que a linha de atraso sintonizável tem uma resposta periódica na frequência, com período de $1/\tau$. A resposta em amplitude e o atraso de grupo encontram-se ilustrados na figura 1, onde são considerados vários valores de α . Tal como previsto nas expressões deduzidas, a resposta em amplitude e o atraso de grupo variam com α . Isto obriga a que o sinal óptico esteja devidamente centrado com a resposta em frequência do interferómetro. O valor absoluto da resposta em amplitude pode ser ajustado com atenuadores ópticos variáveis, colocados antes ou após as linhas de atraso sintonizáveis,

ou com recurso à amplificação eléctrica dos sinais detectados.

Em geral, um sinal RF modulado numa portadora óptica é composto por três riscas espectrais localizadas em $f_0 - f_{RF}$, f_0 e $f_0 + f_{RF}$, onde f_0 é a frequência da portadora óptica e f_{RF} é a frequência do sinal RF. No caso de existir transmissão de dados, réplicas do espectro da sequência transmitida encontram-se centradas nas três riscas espectrais. Deste modo, existem duas possibilidades para centrar o espectro do sinal modulado com a resposta em frequência do interferómetro. A primeira consiste em localizar todas as três riscas espectrais num único período da resposta do interferómetro. A outra possibilidade explora o facto da resposta em frequência da linha de atraso temporal ser irrelevante para frequências situadas entre as portadoras RF e a portadora óptica. Cada uma das três riscas espectrais está assim centrada em diferentes máximos da resposta em amplitude do interferómetro.

A implementação do sistema fotónico proposto para direccionamento do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas é apresentada em cinco arquitecturas diferentes.

Modos de realização propostos

A primeira configuração proposta está descrita na figura 2. Esta configuração compreende uma fonte de luz monocromática (1), conexões ópticas (2), (6), (8), um

modulador electro-óptico (4), um divisor de sinal óptico de 1 para N (5), N linhas de atraso temporal sintonizáveis baseadas na estrutura interferométrica descrita (7), N fotoreceptores (9) e N antenas elementares (10). O sinal monocromático proveniente da fonte de luz (1) é modulado pelo sinal eléctrico RF (3) a ser radiado pelo agregado de antenas, com o auxílio de um modulador electro-óptico (4). O sinal modulado é replicado N vezes através de um divisor de sinal 1 para N (6). Cada uma das N réplicas é inserida numa linha de atraso temporal sintonizável (7), que por sua vez consiste num interferómetro de Mach-Zehnder de dois braços com razão de acoplamento ajustável (7). Cada braço consiste numa linha de atraso temporal fixa, onde a diferença no tempo de propagação de ambos os braços é de τ . O atraso temporal adicionado a cada réplica do sinal modulado antes de esta entrar na respectiva linha de atraso temporal sintonizável (7) pode ser predefinido através do comprimento das conexões ópticas (6). Após ser temporalmente atrasada, cada réplica é convertida para o domínio eléctrico através de um fotoreceptor (9), sendo posteriormente enviada para a respectiva antena elementar (10). Em resumo, a direcção do campo eléctrico radiado é definida através da manipulação dos coeficientes de acoplamento das N linhas de atraso sintonizáveis (7).

A segunda configuração proposta está descrita na figura 3. Esta configuração tem também uma fonte de luz monocromática (1), conexões ópticas (2), (6), (8), um modulador electro-óptico (4), um divisor de sinal óptico de

1 para N (5), N fotoreceptores (9) e N antenas (10). Os novos componentes são controladores de polarização (12), (16), um meio birrefringente (14), N polarizadores (18), e conexões ópticas adicionais (11), (13), (15) e (17). Trata-se de uma implementação otimizada da configuração presente na figura 2. Em vez de se ter N interferómetros independentes (7), nesta configuração, os N interferómetros partilham o acoplador de entrada. Considera-se que o sinal óptico modulado tem um estado de polarização linear à saída do modulador electro-óptico (4). O meio birrefringente (14) permite a propagação de um sinal óptico por dois eixos ortogonais de polarização, que têm diferentes velocidades de propagação. Assim, este meio permite obter um atraso temporal de τ entre dois sinais ópticos ortogonais na polarização, alinhados com os eixos ortogonais de polarização do meio. O controlador de polarização (12) coloca o estado de polarização do sinal modulado a 45° com um dos eixos do meio birrefringente (14). À saída deste meio obtém-se dois sinais ópticos modulados, ortogonais na polarização e atrasados temporalmente entre si de τ . O controlador de polarização (12) e o meio birrefringente (14) constituem assim o acoplador de entrada e as linhas de atraso dos interferómetros descritos. O divisor de sinal (5) é usado para obter N réplicas dos sinais ortogonais em polarização. Dependendo da orientação angular ajustada pelos controladores de polarização (16), os sinais ortogonalmente polarizados são adicionados com diferentes pesos com o auxílio dos polarizadores (18). Assim, os controladores de polarização (16) e os polarizadores (18)

constituem os acopladores de saída com razão de acoplamento ajustável dos interferómetros descritos. Após ser temporalmente atrasada, cada réplica de sinal é convertida para o domínio eléctrico através de um fotoreceptor (9), sendo posteriormente enviada para a respectiva antena elementar (10). Em resumo, a direcção do campo eléctrico radiado é definida através da manipulação dos controladores de polarização (16).

A terceira configuração proposta está descrita na figura 4. Esta configuração tem N fontes de luz monocromática (19), conectadas opticamente a N controladores de polarização (21). Os sinais provenientes das N fontes são multiplexados no comprimento de onda com o auxílio de um multiplexador no comprimento de onda (23) que está conectado opticamente ao modulador electro-óptico (4). Todos os sinais multiplexados são modulados do mesmo modo, e depois inseridos no meio birrefringente (14). Os sinais multiplexados à saída do meio birrefringente são depois desmultiplexados com o auxílio de um desmultiplexador no comprimento de onda (24), que a cada uma das N saídas tem conectado um controlador de polarização (16) e um polarizador (18). Várias conexões ópticas estão presentes em (20), (22), (2), (11), (15), (6), (17) e (8). Das configurações anteriores transitam obviamente os N fotoreceptores (9) e as N antenas elementares (10). Ao passo que as configurações anteriores são baseadas numa fonte de luz monocromática (1) e num divisor de sinal óptico insensível ao comprimento de onda (5), esta

configuração baseia-se na multiplexagem no comprimento de onda de N fontes monocromáticas. O divisor de sinal óptico insensível ao comprimento de onda (5) é substituído por um multiplexador (23) e um desmultiplexador (24) no comprimento de onda. O interferómetro associado a cada fonte de luz monocromática é agora composto por um controlador de polarização (21), o meio birrefringente (14), um controlador de polarização (16) e o respectivo polarizador (18). A razão de acoplamento, e por conseguinte o atraso temporal associado a uma fonte monocromática, pode ser variada através do controlador de polarização (21). Neste caso os controladores de polarização (16) têm todos a mesma função que é alinhar os eixos de polarização do meio birrefringente (14) a 45° com um dos eixos dos polarizadores (18). As funções acima atribuídas aos controladores de polarização (21) e (16), podem ser realizadas pelos controladores de polarização (16) e (21), respectivamente. Repare-se que no primeiro caso é necessário que o modulador electro-óptico seja insensível à polarização das fontes monocromáticas (19). Por conseguinte, nesta configuração os interferómetros de Mach-Zehnder podem ter ambos os acopladores de entrada e saída com razão de acoplamento sintonizável.

A quarta configuração proposta está descrita na figura 5. Trata-se de uma configuração muito semelhante à segunda configuração, que partilha grande parte do funcionamento mas que difere nos pormenores seguintes. Os polarizadores (18) são substituídos por atenuadores ópticos

variáveis sensíveis à polarização (25). Este dispositivo permite atenuar os estados de polarização do sinal de entrada de forma independente. Os controladores de polarização (16) servem para alinhar os eixos ortogonais na polarização do meio birrefringente (14) com os eixos ortogonais na polarização do dispositivo (25). A substituição dos polarizadores (18) pelos dispositivos (25) faz com que os sinais ortogonais na polarização não sejam adicionados no domínio óptico. Nesta configuração os sinais ortogonais na polarização são simultaneamente adicionados no processo de fotorecepção; ou seja, o sinal eléctrico consiste na adição dos sinais ortogonais na polarização detectados. Os interferómetros de Mach-Zehnder realizam-se assim parcialmente em ambos os domínios óptico e eléctrico. A razão de acoplamento pode ser variada através da sintonia dos atenuadores ópticos variáveis sensíveis à polarização (25). Para que a adição no domínio eléctrico seja realizada, é necessário que a informação de fase dos sinais ópticos ortogonais seja preservada no domínio eléctrico. Deste modo, esta configuração está limitada a sinais ópticos com modulação de banda lateral única. A grande diferença entre esta configuração e a segunda configuração reside no facto desta configuração ter uma operação incoerente, ao contrário da segunda configuração, que adiciona os sinais ópticos ortogonais na polarização de forma coerente no domínio óptico. Em resumo, a direcção do campo eléctrico radiado é definida através da sintonia dos dispositivos (25).

A quinta configuração proposta está descrita na figura 6. Trata-se de uma configuração muito semelhante à terceira configuração, que partilha grande parte do funcionamento mas que difere nos pormenores seguintes. Os polarizadores (18) são substituídos por atenuadores ópticos variáveis sensíveis à polarização (25). Os controladores de polarização (16) servem para alinhar os eixos ortogonais na polarização do meio birrefringente (14) com os eixos ortogonais na polarização do dispositivo (25). O propósito destas alterações é explicado na quarta configuração. Desta forma, esta configuração está também limitada a sinais ópticos com modulação de banda lateral única. A grande diferença entre esta configuração e a terceira configuração reside no facto desta configuração ter uma operação incoerente, ao contrário da terceira configuração, que adiciona os sinais ópticos ortogonais na polarização de forma coerente no domínio óptico. Em resumo, a direcção do campo eléctrico radiado é definida através da sintonia dos dispositivos (25).

Lisboa, 8 de Julho de 2011

REIVINDICAÇÕES

1. Um sistema fotónico para efectuar o direccionamento sintonizável do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas **caracterizado por** compreender: pelo menos uma fonte de luz monocromática, um modulador electro-óptico, um divisor de sinal óptico de 1 para N ; estando cada uma das N saídas do divisor de sinal óptico de 1 para N conectada opticamente a pelo menos um interferómetro óptico de Mach-Zehnder, um fotoreceptor e uma das N antenas elementares que compõem o agregado de antenas.

2. Um sistema fotónico para efectuar o direccionamento sintonizável do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** cada interferómetro óptico de Mach-Zehnder consistir num acoplador óptico de entrada conectado opticamente a pelo menos duas linhas de atraso temporal com uma diferença temporal entre si, conectadas opticamente a um acoplador óptico de saída; e por pelo menos um dos dois acopladores ópticos que compõem cada interferómetro óptico de Mach-Zehnder ter razão de acoplamento sintonizável.

3. O sistema fotónico para efectuar o direccionamento sintonizável do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas de acordo com as reivindicações anteriores, **caracterizado por** cada um dos pelo menos N interferómetros ópticos representar uma linha de atraso sintonizável.

4. O sistema fotónico para efectuar o direccionamento sintonizável do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas de acordo com as reivindicações anteriores **caracterizado por** poder compreender N atenuadores ópticos variáveis colocados após as saídas do divisor de sinal óptico de 1 para N .

5. Método para efectuar o direccionamento do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado por** pelo menos uma fonte de luz monocromática ser modulada pelo sinal RF a ser radiado com o auxílio de um modulador electro-óptico; os sinais modulados são replicados N vezes, onde cada réplica é processada por pelo menos um interferómetro óptico de Mach-Zehnder com razão de acoplamento sintonizável, e seguidamente convertida para o domínio eléctrico através de fotodeteccção, sendo depois alimentada à antena elementar respectiva do agregado de antenas; através do controlo da razão de acoplamento dos interferómetros varia-se o atraso temporal associado a cada uma das N réplicas, e por conseguinte controla-se a direcção do campo eléctrico radiado pelo agregado de antenas.

6. Método para efectuar o direccionamento do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas de acordo com a reivindicação 5 **caracterizado por** o sinal modulado ser dividido com igual potência pelos dois eixos de propagação de um meio birrefringente, obtendo-se à saída

do meio birrefringente dois sinais ópticos ortogonais na polarização atrasados temporalmente entre si de τ ; os sinais ópticos ortogonais na polarização são replicados N vezes por um divisor de sinal óptico de 1 para N ; os sinais ortogonais na polarização de cada uma das N réplicas são adicionados com o auxílio de um polarizador; a razão de acoplamento de cada interferómetro óptico de Mach-Zehnder, e por conseguinte o atraso temporal de cada réplica pode ser sintonizada através do controlador de polarização anterior ao polarizador respectivo.

7. Método para efectuar o direccionamento do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas de acordo com a reivindicação 5 **caracterizado por** ter N sinais modulados multiplexados no comprimento de onda, que são inseridos num meio birrefringente; a polarização dos sinais modulados inseridos no meio birrefringente pode ser ajustada com o auxílio dos controladores de polarização posteriores às N fontes monocromáticas; à saída do meio birrefringente cada sinal multiplexado no comprimento de onda é desmultiplexado através dum desmultiplexador no comprimento de onda, e os sinais ortogonais na polarização que compõem cada sinal desmultiplexado são adicionados com o auxílio de um polarizador; a razão de acoplamento pode ser definida ajustando os controladores de polarização posteriores a cada fonte monocromática e/ou os controladores de polarização anteriores aos polarizadores.

8. Método para efectuar o direccionamento do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas de acordo com a reivindicação 5 **caracterizado por** um sinal óptico ser modulado em banda lateral única, e dividido com igual potência pelos dois eixos de propagação de um meio birrefringente, obtendo-se à saída do meio birrefringente dois sinais ópticos ortogonais na polarização atrasados entre si de τ ; os sinais ópticos ortogonais na polarização são replicados N vezes por um divisor de sinal óptico de 1 para N ; os sinais ortogonais na polarização de cada uma das N réplicas são atenuados de forma independente por um atenuador óptico variável sensível à polarização; a razão de acoplamento, e por conseguinte o atraso temporal de cada réplica pode ser sintonizada através do atenuador óptico variável sensível à polarização anterior ao fotoreceptor respectivo, que por sua vez efectua a adição dos sinais ortogonais na polarização detectados em simultâneo com a fotorecepção.

9. Método para efectuar o direccionamento do campo eléctrico radiado por um agregado de antenas de acordo com a reivindicação 5 **caracterizado por** ter N sinais ópticos modulados em banda lateral única, multiplexados no comprimento de onda, que são divididos com igual potência pelos dois eixos de propagação de um meio birrefringente através do ajuste dos controladores de polarização posteriores às N fontes monocromáticas e de um controlador de polarização anterior ao meio birrefringente; à saída do meio birrefringente cada sinal multiplexado no comprimento

de onda é desmultiplexado através dum desmultiplexador no comprimento de onda, e os sinais ortogonais na polarização que compõem cada sinal desmultiplexado são atenuados de forma independente por um atenuador óptico variável sensível à polarização; a razão de acoplamento, e por conseguinte o atraso temporal de cada réplica pode ser sintonizada através do atenuador óptico variável sensível à polarização anterior ao fotoreceptor respectivo, que por sua vez efectua a adição dos sinais ortogonais na polarização detectados em simultâneo com a fotorecepção.

Lisboa, 25 de Novembro de 2011

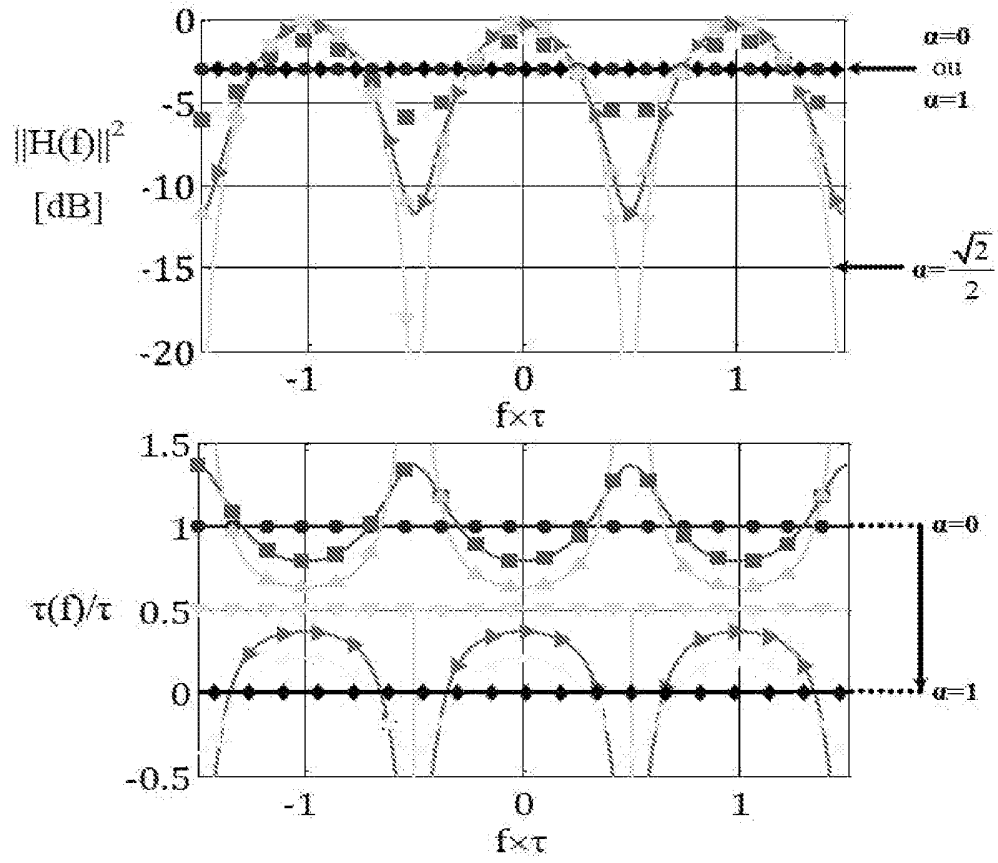


Figura 1.

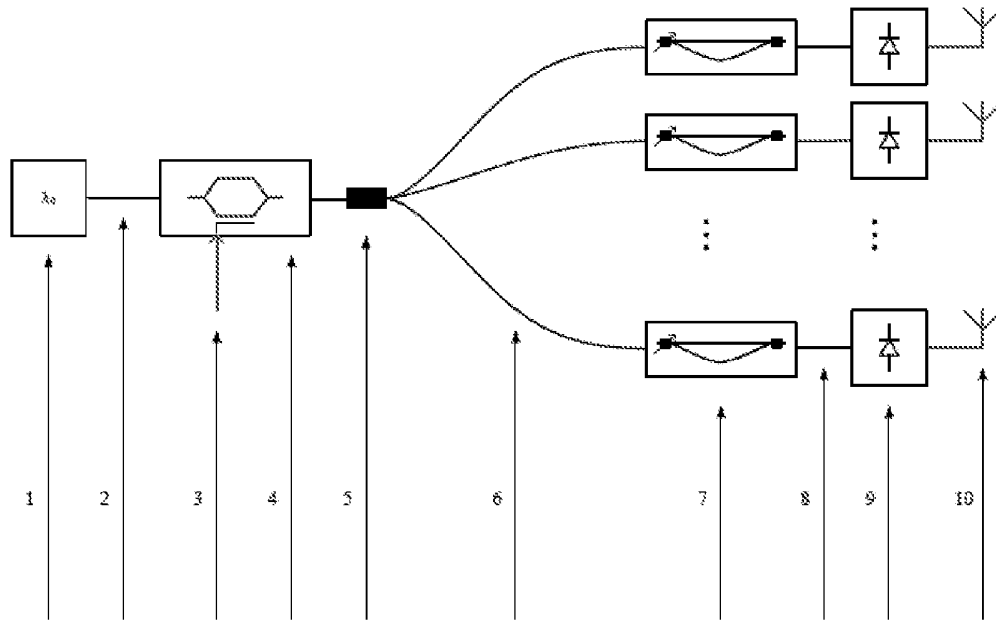


Figura 2

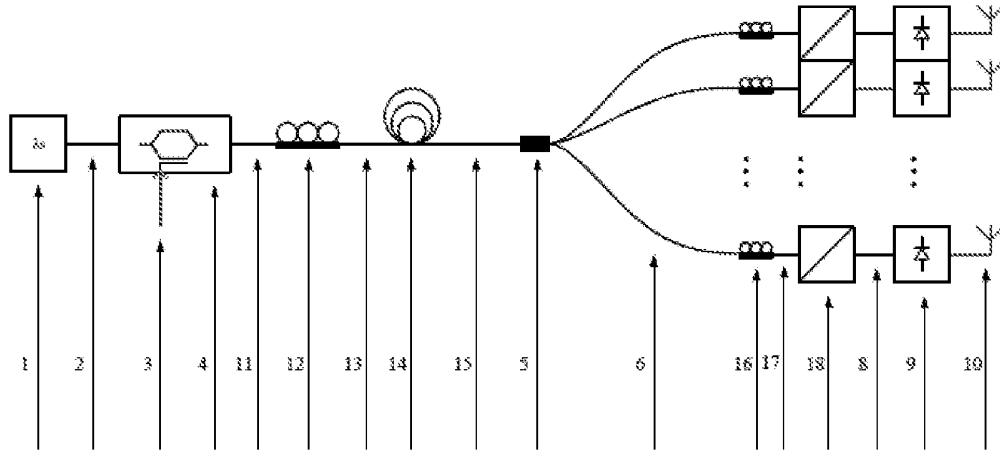


Figura 3

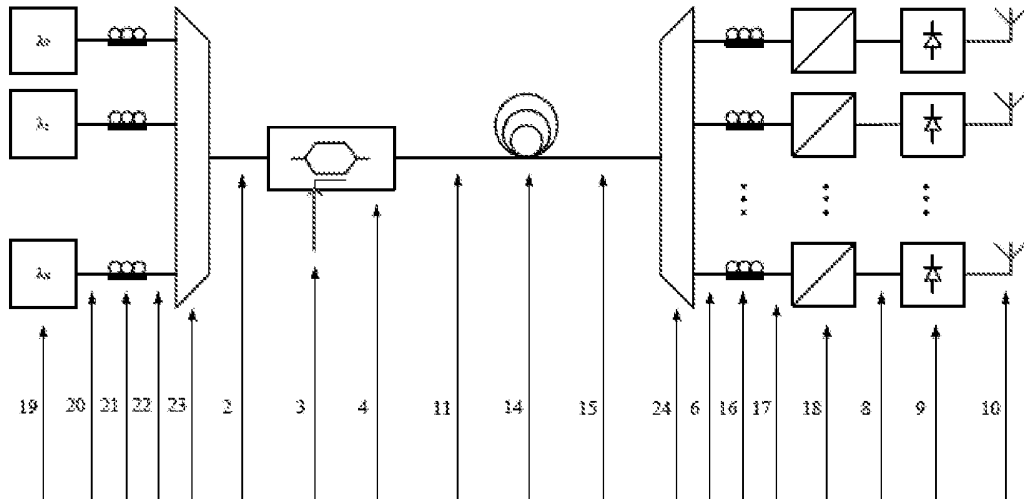


Figura 4

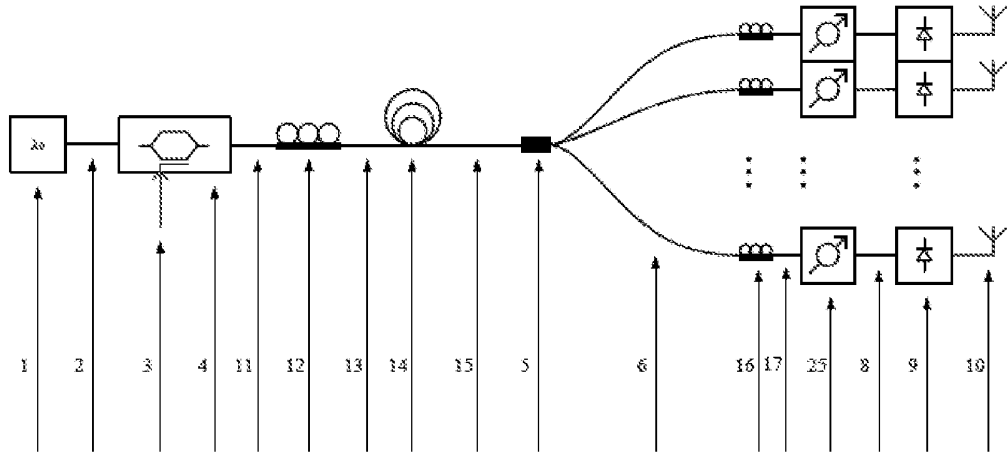


Figura 5

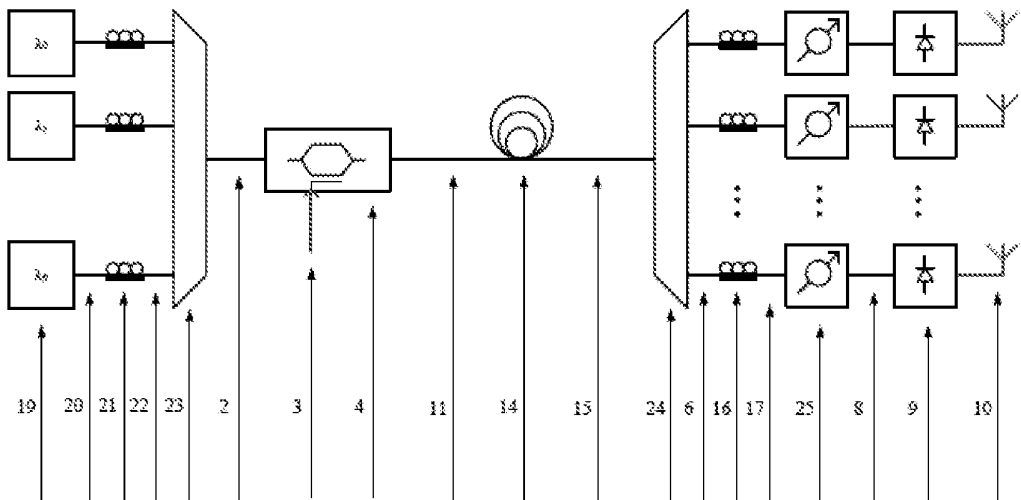


Figura 6