

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2011.09.06	(73) Titular(es): FOUNDATION OF RESEARCH ON INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIETY (IT`IS FOUNDATION) ZEUGHAUSSTRASSE 43 8004 ZÜRICH	CH
(30) Prioridade(s): 2010.09.06 CH 14392010		
(43) Data de publicação do pedido: 2012.03.07		
(45) Data e BPI da concessão: 2015.09.02 251/2015	(72) Inventor(es): MYLES CAPSTICK NIELS KUSTER SVEN KUEHN ESRA NEUFELD	CH CH CH CH
	(74) Mandatário: MANUEL BASTOS MONIZ PEREIRA RUA DOS BACALHOEIRO, 4 1100-070 LISBOA	PT

(54) Epígrafe: **MATRIZ DE APLICAÇÃO DE CAMPO ELETROMAGNÉTICO COM SENSORES DE CAMPO INTEGRAIS PARA CORREÇÃO IMPLÍCITA DE ACOPLAMENTO MÚTUO E INCOMPATIBILIDADE**

(57) Resumo:

A INVENÇÃO DIZ RESPEITO A UM SISTEMA PARA A PRODUÇÃO DE DISTRIBUIÇÕES DE CAMPO ESPECÍFICO NUM VOLUME OU REGIÃO DEFINIDA. O SISTEMA COMPREENDE UM CONJUNTO DE ELEMENTOS DE GERAÇÃO DE CAMPO ELETROMAGNÉTICO, CADA UM COM UM SENSOR INTEGRADO PARA MEDIR A FASE E A AMPLITUDE DA CORRENTE QUE FLUI NUM ELEMENTO METÁLICO (ANTENA OU BOBINA) OU CAMPO EM UM ELEMENTO DE RANHURA COM BASE, UM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO PARA PERMITIR A MEDIÇÃO DE AMBOS FASE E A AMPLITUDE DOS SINAIS ELÉTRICOS PROVENIENTES DOS SENSORES COM UMA GAMA DINÂMICA SUFICIENTE PARA A QUANTIFICAÇÃO DO SINAL, UMA FONTE DE ALIMENTAÇÃO DE VÁRIOS CANAIS DE RÁDIO FREQUÊNCIA COM UMA AMPLITUDE REGULÁVEL INDIVIDUALMENTE E FASE PARA EXCITAR CADA UM DOS ELEMENTOS DE GERAÇÃO DE CAMPO ELETROMAGNÉTICO, E UM CONTROLADOR DE FEEDBACK PERMITINDO O AJUSTE CONTROLADO DA AMPLITUDE E DA FASE DA FONTE DE ENERGIA DE FREQUÊNCIA DE RÁDIO COM BASE NOS SINAIS DOS SENSORES; O SISTEMA CONTROLA AS SAÍDAS DE UMA FONTE DE ENERGIA DE FREQUÊNCIA DE RÁDIO MULTICANAL DE MODO A QUE A CORRENTE DE UMA METÁLICO OU O CAMPO NUMA RANHURA BASEADO CAMPO ELETROMAGNÉTICO ELEMENTOS DE GERAÇÃO DE PROPORCIONAR OS VALORES DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS DESEJADOS E A SUPERPOSIÇÃO DOS CAMPOS PRODUZIDOS POR CADA GERADOR ELEMENTO CAMPO ELETROMAGNÉTICO PRODUZ DISSE ELETROMAGNÉTICA NA DISTRIBUIÇÃO DE CAMPO ESPECÍFICO REFERIDO DEFINIDA VOLUME OU REGIÃO. À MEDIDA QUE O SINAL CAPTADO POR CADA SENSOR ESTÁ DIRETAMENTE RELACIONADO COM A FASE E A AMPLITUDE DA CORRENTE OU DO CAMPO NO ELETROMAGNÉTICO ELEMENTO GERADOR DE CAMPO ASSOCIADO E, PORTANTO, O CAMPO ELETROMAGNÉTICO GERADO POR OS

ELEMENTOS DE MATRIZ, EM QUE A CORRENTE OU DE CAMPO MEDIDA É A SOMA DE AMBOS AS EXCITAÇÕES APLICADAS (A PARTIR DA FONTE DE ENERGIA DE FREQUÊNCIA DE RÁDIO) E SECUNDÁRIAS DE ENGATE MÚTUO E AS REFLEXÕES DAÍ O VALOR MEDIDO REPRESENTA A EXCITAÇÃO IDEAL, NA AUSÊNCIA DE ACOPLAMENTO MÚTUO, REFLEXÕES E INCOMPATIBILIDADE. O CONTROLADOR DE FEEDBACK MODIFICA A EXCITAÇÃO DIRETA DE TAL MODO QUE A EXCITAÇÃO TOTAL É A EXCITAÇÃO MATRIZ IDEAL SEM ACOPLAMENTO OU INCOMPATIBILIDADE. O INVENTO CORRIGE IMPLICITAMENTE PARA O ACOPLAMENTO E INCOMPATIBILIDADE SEM O CONHECIMENTO EXPLÍCITO DOS, E CÁLCULO BASEADO, O ACOPLAMENTO MÚTUO E INCOMPATIBILIDADE, DENOMINADA MATRIZ DE ACOPLAMENTO, DE TAL MODO QUE ALTERAÇÕES NA MATRIZ DE LIGAÇÃO DEVIDO À PRESENÇA DE OBJETOS OU ALTERAÇÕES DOS MESMOS SÃO INERENTEMENTE TIDAS EM CONTA. ALÉM DISSO, POR SEQUENCIALMENTE EXCITAR CADA ELEMENTO POR SUA VEZ, A PRESENTE INVENÇÃO É POSSÍVEL DETERMINAR DIRETAMENTE A MATRIZ EXATA DA MATRIZ DE ACOPLAMENTO MÚTUO, MESMO NA PRESENÇA DE VARIAÇÕES NA IMPEDÂNCIA DA FONTE E OS COMPRIMENTOS DOS CABOS NÃO DEFINIDOS DE TAL MODO QUE AS AMPLITUDES INICIAIS DE EXCITAÇÃO E AS FASES PODEM SER CALCULADOS PARA PERMITIR A RÁPIDA ADAPTAÇÃO AOS VALORES DESEJADOS. UMA APLICAÇÃO PARTICULAR DE INTERESSE É EM SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE HIPERtermia POR RADIOFREQUÊNCIA.

DESCRIÇÃO

MATRIZ DE APLICAÇÃO DE CAMPO ELETROMAGNÉTICO COM SENSORES DE CAMPO INTEGRAIS PARA CORREÇÃO IMPLÍCITA DE ACOPLAMENTO MÚTUO E INCOMPATIBILIDADE

Antecedentes da invenção

Esta invenção refere-se a sistemas para a criação de condições de campo eletromagnéticas específicas dentro de regiões específicas no espaço, ou para focar energia eletromagnética em objetos dielétricos com maior controlo.

A capacidade de criar condições específicas de campo eletromagnético é um requisito fundamental em muitas aplicações médicas da imagiologia às terapias. A presente invenção tem aplicações em ambas as disciplinas, bem como em tecnologia phased array aplicada para comunicações e aplicações de deteção.

Uma aplicação desta invenção é a geração de condições de campo específicas em determinados locais do corpo humano para fins de hipertermia.

O National Cancer Institute of the US National Institutes of Health (Instituto Nacional do Cancro dos Institutos Nacionais de Saúde) define hipertermia (também chamada terapia térmica ou termoterapia) como um tipo de tratamento do cancro, em que o tecido do corpo é exposto a altas temperaturas (até 45 °C). A pesquisa mostrou que as temperaturas elevadas podem danificar e matar as células cancerosas, geralmente com lesão mínima nos tecidos normais. Ao matar células cancerosas e danificar proteínas e estruturas dentro das células, a hipertermia pode encolher tumores.

Esta invenção está relacionada com hipertermia local em que o calor é aplicado a uma pequena região, tal como um tumor. É possível utilizar diversas técnicas para fornecer energia para aquecer o tumor. No contexto da presente invenção, quer de micro-ondas ou frequências de rádio podem ser empregues para aplicar o calor. Dependendo da localização do tumor, existem várias abordagens para hipertermia local. No presente caso, uma abordagem externa é utilizada para tratar tumores. A energia é aplicada por meio de um aplicador. O aplicador é constituído por uma série de elementos que estão posicionados em volta ou perto da região apropriada, e energia é focada no tumor para aumentar a sua temperatura utilizando técnicas phased array. A hipertermia é frequentemente aplicado em combinação com outras terapias, tais como terapia e/ou quimioterapia de radiação. A hipertermia foi realizada como parte do tratamento de muitos tipos de cancro, incluindo o sarcoma, melanoma, e cancros da cabeça e pescoço, cérebro, pulmão, esófago, da mama, da bexiga, reto, fígado, apêndice, colo do útero, e revestimento peritoneal (mesotelioma).

Uma antena phased array é uma antena composta de uma série de pequenos elementos de radiação, cada um com seu próprio ponto de alimentação. Antenas phased array são eletricamente orientáveis, o que significa que a antena física pode ser estacionária embora o padrão da antena possa ser manipulado através do ajuste da ponderação de amplitude e fase de cada elemento de tal forma que é focado para uma região particular ou de tal modo que permite a localização de objetos em espaço. Phased array também pode ser utilizado para gerar condições de campo específicas em certos locais no espaço ou para focar de rádio frequência (RF) em objetos dielétricos, de modo a elevar a temperatura

de uma região alvo no interior do objeto dielétrico ou paciente ou induzir campos e correntes em um paciente para estimular os átomos, nervos ou outros mecanismos celulares.

Phased array pode ser utilizado para a hipertermia, concentrando-se a energia de RF no doente de tal forma que a temperatura é elevada. Quando um agrupamento por fase é utilizado para esta finalidade, que é denominado um aplicador em que se aplica energia ao paciente. Os elementos de matriz ou de aplicação escalonados são alimentados por uma fonte de energia de RF de múltiplos canais ou micro-ondas, onde os sinais de fase e amplitude são ágeis de tal modo que a energia de RF ou micro-ondas pode ser focado numa região alvo, ou tumor. O número de elementos de matriz e colocação destes elementos no que diz respeito à região alvo definir a qualidade do foco que pode ser alcançado.

O exemplo de hipertermia RF irá ser usado para ilustrar os benefícios da invenção. Embora muitos sistemas têm sido propostos e utilizados no passado para o tratamento de hipertermia de tumores, isoladamente ou em conjunto com outras terapias, a consistência e a qualidade do tratamento foi geralmente falta. Da maior importância na hipertermia local é a capacidade de aplicar ou se concentrar a energia a partir do aplicador para a região alvo, tecido ou tumor. Para alcançar os resultados do tratamento satisfatórios, a região de destino inteira deve ser suficientemente aquecido. Para garantir isso, um bom aplicador eletromagnético e modelos específicos de pacientes são mais preferencialmente utilizados para planejar e otimizar o tratamento. Este passo de predizer com precisão a deposição de energia (e/ou aumento da temperatura) e otimizar tal, para melhor tratamento do tumor tem faltado em sistemas de

hipertermia e tem contribuído para resultados pobres. Durante o tratamento em si, em que RF ou energia de micro-ondas é aplicada à matriz de hipertermia com as amplitudes de estimulação e de fases, tal como determinado a partir do plano de tratamento, é essencial a partir de um ponto de controlo de qualidade de vista de que os campos eletromagnéticos gerados por cada elemento são monitorizados para determinar que o correto tratamento concebido seja efetivamente aplicado.

Comum a todas as antenas phased array ou aplicadores de hipertermia, é a exigência de uma fonte multicanal que pode gerar sinais poderosos com amplitude controlável com precisão e fase com que alimenta os elementos geradores de campo eletromagnéticos individuais. Não é importante para a presente invenção, cujo método é usado para gerar estes sinais.

Multi-elementos ou aplicadores phased array geralmente eliminam os elementos da matriz em torno do paciente com um bólus de água enchendo o espaço entre o paciente e matriz para proporcionar um arrefecimento de superfície e reflexões inferiores na interface do paciente. As Patentes dos EUA 4672980, 5251645 e 5441532 todas mostram típicos aplicadores phased array. Cada um tem os elementos dispostos numa disposição circular em torno do paciente com os elementos de antena individuais (ou pares de elementos na patente US 4.672.980) estimulado por uma fonte de energia de RF com amplitude e fase controlada. Nenhum desses sistemas medir os sinais aplicados reais ou qualquer potência refletida que reduziria a potência radiada efetiva. Estes fatores, por conseguinte, aumentam a incerteza, nas patentes US 5251645 e 5441532, sensores de campo são colocados dentro e em torno do corpo do doente

para medir o campo aplicado em geral a esses pontos e afirma que utilizando os valores destes sensores a estimulação matriz pode ser controlada de tal modo que a energia é focada no alvo. A patente US 4672980 utiliza um método diferente de medição de temperatura em que os cateteres são inseridos no paciente e o sistema controlado para maximizar o aumento de temperatura na região alvo. O sorteio para trás de ambas as abordagens é que o corpo humano é altamente não homogêneo e não existe uma relação intuitiva entre estimulações aplicadas da matriz e do padrão de deposição de energia. Em essência dessas abordagens supor que conhecer o campo ou a temperatura em alguns pontos é um substituto para saber a radiação de cada elemento da matriz.

Na literatura, Paulides et al 2007 descrevem um estado típico do sistema da arte, em que a amplitude e fase dos sinais aplicados a cada elemento aplicador é medida juntamente com a energia refletida, de tal modo que os valores de controlo podem ser ajustados tal que os sinais aplicados na luz de reflexão são como desejado. Quando utilizado com o planeamento de tratamento adequado este sistema tem o potencial para um desempenho satisfatório. No entanto, o sistema depende de um modelo de simulação em computador definindo completamente o dispositivo real e não está disponível para os meios tiveram em consideração alterações no registo do paciente em relação ao aplicador para a impedância do elemento e o elemento de acoplamento mútuo da estimulação.

No contexto mais amplo de phased arrays para outras aplicações, a patente US 5867123 usa uma técnica de elementos individuais emocionantes e observando os sinais recebidos por elementos adjacentes para construir teste e

análise de falhas. Fulton e Chappell, 2009, avaliar diferentes técnicas de calibração para phased arrays e estados de matrizes deve ser calibrado num ambiente anecóico para determinar a matriz de acoplamento para permitir a compensação do acoplamento mútuo na matriz. Além disso, é de notar que o hardware eletrônico interno pode ser introduzido para o acompanhamento de eventuais alterações a partir do acoplamento calibrado inicial ou transmitir ganhos da cadeia, permitindo a correção a ser aplicada. Lee et al, 1992/3, introduziu uma linha de transmissão (microfita) para o painel de antena para acoplar a cada elemento de modo que a função de transmissão e recepção da eletrônica possa ser testada. A linha de transmissão recebe energia proveniente de todos os elementos ou injeta energia em todos os elementos da matriz simultaneamente.

A U.S. 6208903 descreve um aplicador de micro-ondas para o tratamento de hipertermia. Numa forma de realização, o aparelho compreende uma pluralidade de elementos de antena remendo circular tendo cada um uma alimentação coaxial no centro geométrico remendo e uma porta coaxial fracamente acopladas destina-se a amostragem do campo eficaz sob o penso. Esta disposição é limitada a geração de ondas eletromagnéticas de superfície em camadas de tecido imediatamente abaixo do aplicador. O sinal de cada uma das portas de amostragem individuais é alimentado de uma forma sequencial para um comparador de fase de amplitude por meio de um único polo, interruptor de micro-ondas multi-lance. No entanto, as portas de amostragem coaxiais atuam como antenas para a qual os sinais podem ser diretamente acoplados e, portanto, estão sujeitos a um sinal de contaminação a partir do campo de elementos de antena vizinhos. Além disso, a utilização de um único comparador

de fase em vez de amplitude implica as distâncias mais longas que os sinais individuais são conduzidos.

O documento WO 2008/068485 divulga um aparelho para o tratamento de tecidos da pele com micro-ondas e radiação destina-se a manter uma força de campo constante sobre a superfície tratada, com uma profundidade de tratamento limitada a menos do que 5 mm. A fase de elementos de matrizes individuais é controlada com a finalidade de impedância única correspondente, e não para lidar com qualquer acoplamento mútuo de elementos de matriz.

A US 4885589 divulga um sistema de radar com agrupamento por fase, onde situado remotamente de transmissão e recepção associados com os módulos de cada elemento da matriz está ligada à localização central do radar transmissor/receptor que consiste em utilizar as fibras óticas, em particular, de modo a garantir a imunidade à exposição impulsos eletromagnéticos.

A US2008/0297402 descreve phased arrays e meios para validação de funcionalidade e/ou calibração da matriz. Um elemento da matriz, ou de um elemento adicional, é utilizado para comparação com as medições anteriores quando seja utilizado como um transmissor ou recetor, enquanto o resto dos elementos da matriz são configuradas como transmissores ou recetores, respetivamente, e mede a resposta característica. O princípio de funcionamento baseia-se apenas nos sinais de transmissão como alimentados ao elemento (s) de matriz ou recebidas em cada porta de recepção (medidas baseadas portuárias), que não refletem a estimulação elemento total.

A US2004/0061644 divulga a integração de sondas em uma matriz para permitir a sua calibração. As sondas são radiactivamente acopladas a uma pluralidade de elementos de matriz ou um elemento da matriz é radiactivamente acoplado a uma pluralidade de sondas, dependendo se se trata de uma transmissão ou receção de calibração.

O documento WO 2007/146175 refere-se à calibração da transmissão e/ou receção de cadeias de um phased array, e não está relacionada com os elementos de irradiação de uma matriz.

Sumário da invenção

A experiência com tratamentos de hipertermia de frequência de rádio e planeamento do tratamento e conhecimento dos curta-vindas de sistemas da natureza discutido acima, levou a desenvolvimentos importantes que estão sendo feitas para os equipamentos e sistemas de controlo. Estes desenvolvimentos reforçarão consideravelmente a segurança e consistência através da estimulação campo assegurada. A presente invenção aumenta a consistência assegurada através de estimulação de campo a partir de cada elemento de antena da matriz, na presença de acoplamento mútuo, incompatibilidade e reflexões e, conseqüentemente, é reduzida a incerteza. Além disso, a invenção permite que a matriz de acoplamento deve ser determinada com maior precisão do que através da utilização de medições de impedância ou de dispersão da matriz, permitindo que uma forma de auto-calibração, que pode ser realizada para cada paciente em tratamento. A chave para conseguir estimulação campo assegurada, tal como determinado pelo plano de tratamento é a inclusão de sensores integrados para os próprios elementos de antena que medem a fase e a amplitude

da corrente que flui no elemento metálico ou um campo em um elemento à base de ranhura. Estes sensores, na ausência de acoplamento mútuo ou reflexões, fornecer uma medida proporcional à estimulação. No entanto, não há nenhuma exigência para considerar a emparelhamentos incorretos ou diferenças de fase nos cabos de conexão, uma vez que é a corrente real (ou campo), em que a antena é medida. Com acoplamento mútuo e reflexões, os sensores medem a soma de todas as estimulações, independentemente da sua origem, e, conseqüentemente, permite a determinação do campo irradiada real. A estimulação de cada elemento por sua vez, e a medição da corrente (ou campo) na antena animado juntamente com estimulação acoplada de todas as outras antenas irá permitir que a matriz de acoplamento da matriz para ser diretamente determinada.

A patente US 5867123 discutida acima também estimula cada elemento, por sua vez, mas não usa isto como um meio para alcançar a auto-calibração; mesmo que o fizesse, elemento incompatibilidade iria aumentar a incerteza. Lee et al, 1992/3 inclui linhas de transmissão introduzidas no painel de antena, mas não tem a capacidade de sentir cada elemento de antena individualmente, e não revela qualquer motivação ou a capacidade para determinar as correntes de antena (ou campos) devido quer direta ou estimulação mutuamente acoplados. Assim, este sistema é utilizado como uma ferramenta de diagnóstico em vez de para controlo do campo de estimulação.

A presente invenção compreende uma matriz de elementos de geração de campo eletromagnético e integra em cada um sensor para medir a fase e a amplitude da corrente que flui num elemento metálico (antena ou bobina) ou campo num elemento de base ranhura ligada a uma medição dispositivo

para permitir a medição de ambos fase e a amplitude dos sinais elétricos a partir de cada um dos sensores, por outro lado, porque o sinal captado por cada sensor é diretamente proporcional à fase e amplitude da corrente ou do campo no eletromagnética elemento gerador de campo associados, onde o corrente ou campo é total do campo de corrente ou cuja amplitude e de fase é a soma de ambas as estimulações aplicadas (a partir da fonte de energia de frequência de rádio) e secundárias de engate mútuo e incompatibilidade, por conseguinte, o valor medido representa a estimulação ideal, na ausência de mútuo acoplamento e incompatibilidade. Este invento, em seguida, utiliza sensores incorporados na antena para aumentar ainda mais a funcionalidade de, por exemplo, a estimulação direta de cada elemento da matriz, uma frequência de rádio de canais múltiplos, ou fonte de energia de micro-ondas, com uma amplitude regulável individualmente e de fase, pode ser modificado utilizando um controlador de feedback tal que a estimulação total, como medida pelo embutido (corrente num metálico ou o campo de uma antena baseada ranhura) do sensor é a estimulação matriz ideal, sem o acoplamento ou o desfasamento de modo a que a superposição dos campos produzidos por cada elemento de geração de campo magnético produz um específico eletromagnética distribuição do campo no volume ou uma região definida. Implicitamente, corrigindo para o acoplamento mútuo e incompatibilidade sem o conhecimento explícito dos, e cálculo baseado, o acoplamento mútuo e incompatibilidade, denominada matriz de acoplamento, de tal modo que alterações na matriz de ligação devido à presença de objetos ou alterações dos mesmos são inerentemente tidos em conta. Além disso, usando estimulação sequencial de cada elemento, o invento é possível determinar diretamente a matriz exata da matriz de acoplamento mútuo, mesmo na presença de variações na

impedância da fonte e os comprimentos dos cabos indefinidos, que pode ser útil para determinar a estimulação inicial da matriz de campo eletromagnético elementos geradores de tal modo que o feedback pode mais rapidamente atingir da matriz ideal pré-definida.

Breve descrição dos desenhos anexos

A Fig. 1: é ilustrativa de dois elementos adjacentes de matriz (ranhuras de cavidades apoiadas) um dos quais mostra a incorporação de uma possível implementação da presente invenção.

Fig. 1a Dois elementos adjacentes da cavidade de matriz (ranhuras de cavidades apoiadas), o rastreo de uma cavidade de um elemento de corte

Fig. 2: é ilustrativa de um aplicador phased array de hipertermia RF, detalhe de pequenos elementos sensores não estão incluídos

Fig. 3 Fonte de energia de frequência de rádio multicanal

Fig. 4. Dispositivo de medição, de canal único

Fig. 5: é ilustrativo de todo um sistema com transmissor fase e transmissor multicanal controlado por amplitude e detetores de fase/ amplitude ligados por um bus de medição aos controladores de medição e de computador.

Fig. 6. é ilustrativa de uma matriz de frequência de rádio para a hipertermia em que um bolus de água é mostrado para colocação entre os elementos de matriz e o paciente para

reduzir a reflexão e facilitar o arrefecimento da superfície.

Descrição técnica com referência ao Desenhos anexos

A invenção refere-se a um sistema constituído por cinco partes integrais, são as novas características de algumas destas peças e a integração e a utilização dos mesmos como um todo, que fornece a inovação. A primeira parte integrante é o campo eletromagnético gerar elementos, figura 1, as quais estão dispostas em uma matriz de geometria arbitrária, figura 2. A matriz de elementos é ligada a uma fonte de energia de frequência de rádio, a figura 3, que tem um número de forma independente fase e computador amplitude canais controláveis. Integrado em cada elemento de geração de campo magnético é uma (ou campo) elemento de deteção de corrente que produz uma saída elétrica proporcional ao campo eletromagnético gerado, cada sinal elétrico é medida por um aparelho de medição que mede a amplitude e fase, Figura 4. Os dados de medição são comunicados através de um bus de medição para um controlador de medição. Um computador de controlo utiliza os dados de medição para controlar a fonte de energia de frequência de rádio de modo a que os campos eletromagnéticos gerados são os campos obrigatórios, todo o sistema e as interligações são mostrados na Figura 5.

Uma aplicação ilustrativa da invenção é um sistema de matriz 19 aplicador faseada, figura 5, que podem gerar condições de campo específicas em certos locais no espaço ou focar a energia de RF em objetos dielétricos. A medida direta das correntes ou campos em metálicos, ranhura ou bobina 26 elementos permite a quantificação direta dos campos irradiados ou reativas geradas pelos elementos

geradores de campo eletromagnéticos. Mais especificamente, o invento proporciona a possibilidade de implicitamente correto para as perturbações do campo eletromagnético gerado por acoplamento mútuo e incompatibilidade no aplicador matriz 19 sem medir explicitamente a matriz de acoplamento e a aplicação de uma correção para as estimulações a partir da fonte de alimentação de uma frequência de rádio 18. A relação direta entre a corrente de um elemento metálico (ou campo num elemento de base ranhura) para a saída elétrica a partir dos sensores de elemento 4 do campo radiado ou reativo pode ser determinada por meios experimentais ou numéricos.

Um objetivo da invenção é o de fornecer um meio melhorado de determinação do campo real radiado ou reativo mais perto de cada elemento 26, figura 1, numa matriz de campo eletromagnético de geração de elementos 19 para aplicações de hipertermia de frequência de rádio, as figuras 2 e 6, onde a carga imediata, devido à paciente, objetos dielétricos e outros componentes do sistema muda o acoplamento entre e correspondência visto nas portas de entrada 3 dos elementos 26 ou onde a impedância da fonte da radiofrequência canais fonte de energia 11 não estão bem caracterizados.

Um outro objetivo da invenção é o de proporcionar níveis mais elevados de confiança de que a estimulação verdadeira variedade a partir da fonte de energia de frequência rádio de canais múltiplos 18 é a estimulação planeada garantir maior controlo da distribuição do campo gerado pela matriz 19 de geração de campo eletromagnético qualidade elementos. Para permitir isto, o campo eletromagnético gerado é medido, figura 4, utilizando um dispositivo de medição, tais como um medidor de vetor volts ou em fase/em quadratura do desmodulador de sensibilidade suficiente.

Circuitos adicionais poderão ser adicionados, conforme mostrado na Figura 4, para permitir a auto-calibração dos detetores de amplitude e fase facilitada por não só a distribuição do oscilador local através de um bus mas também uma referência de fase que pode ser comutada para a entrada para permitir a calibração e/ou remoção ambiguidade fase reduzindo ainda mais a incerteza.

Além disso, a invenção proporciona um novo paradigma para a correção da matriz de acoplamento mútuo pela medição implícita do campo eletromagnético gerado com o acoplamento mútuo e incompatibilidade contabilizados. Por conseguinte, as estimulações reais e planejadas não têm um desvio baixo, em particular, na presença de variações que não poderia ser modelado durante o planejamento do tratamento.

Além disso, a invenção não se limita a geometria ou a colocação dos elementos da matriz aplicador 26, figura 2, em volta ou perto da área de alvo e podem ser aplicados a qualquer matriz genérica de elementos de geração de campo eletromagnético 19. Em particular, existem não há limites para a proximidade de objetos dielétricos tais como doentes ou outros acoplamentos mútuo ou elemento de harmonização atributos que modificam.

Embora os sensores integrados atuais ou de campo 4, figura 1, implicitamente tenham em conta a incompatibilidade e acoplamento mútuo, a invenção permite que a matriz de acoplamento (que descreve a inconsistência e acoplamento mútuo) da matriz aplicador de elementos geradores de campo eletromagnético para ser diretamente determinada com maior precisão do que a técnica padrão de cálculo da matriz de acoplamento a partir dos parâmetros-S e com a comodidade de não ter que desligar o aplicador matriz 19 da fonte de

energia de radiofrequência 18, figura 5, e liga-lo a um analisador de rede. Por estimulação de cada elemento 2 por sua vez, utilizando a fonte de energia de frequência de rádio e medição das correntes necessárias (ou campos) 5 em todos os elementos 2, utilizando o dispositivo de medição 18, a matriz de acoplamento pode ser determinada com mais precisão que as impedâncias de saída não ideais de cada amplificador comprimentos 10 e cabo de ligação entre frequência de rádio saída da fonte 11 e campo eletromagnético elemento gerador 3 são inerentemente contabilizados.

A invenção enquanto proporciona esta informação muito importante sobre o campo reativo ou radiado de cada elemento 26 também dá a capacidade de detetar qual a saída do canal 11 da fonte de energia de frequência de rádio multicanal 18 foi ligado a qual o campo eletromagnético gerador elemento 26 na matriz 19 e, portanto, afastar a possibilidade de uma ligação incorreta e a possibilidade de um tratamento que é completamente errado.

Com um dispositivo de medição 20 integrado com cada elemento 26, torna-se possível ter uma identidade individual para cada elemento gerador de campos eletromagnéticos, permitindo calibrações individuais para o dispositivo de combinação elementmeasuring a ser atribuído. Portanto, os dados de calibração podem ser atribuídos ao elemento correto para os meios de controlo de qualidade, facilidade de utilização e de segurança. Uma instalação de calibração que pode, por conseguinte, proporcionar uma calibração acreditada que possa ser atribuída a um determinado elemento. Habilitando todo o conjunto 19 a ser modular com elementos substituíveis 26 e fornecer *plug and play* capacidades.

Descrição da forma de realização preferida

A forma de realização preferida pode ser descrito no contexto de um sistema aplicador hipertermia RF, figura 5. Este sistema de aplicador hipertermia consiste em hardware e sistemas de controlo de computador que permitem o uso destes sistemas de paradigmas que ilustram a utilidade do invento melhoradas.

O sistema aplicador Hipertermia ilustrado na Figura 5 tem a forma de um aplicador de matriz anel feito de elementos de geração de campo eletromagnético, figura 2, onde os elementos de geração de campo eletromagnético, figura 1, são colocados em volta do corpo na vizinhança de a região a ser aquecida. Não é sempre o caso que os elementos necessário para formar um anel completo, mas pode ser colocado predominantemente de um dos lados do paciente. Neste arranjo específico no entanto, o vetor de campo E de todos os elementos devem ser predominantemente alinhadas na mesma direção dentro da região alvo, mas esta não é uma exigência em todas as aplicações do sistema. A região entre o aplicador e o paciente é preenchido por uma massa de água, a figura 6, de uma forma definida que proporciona três coisas:

1. A miniaturização dos elementos de antena, devido à elevada constante dielétrica.
2. Minimização da descontinuidade entre a antena e o paciente como as propriedades dielétricas de água e tecido são muito mais semelhantes do que o ar e tecido.

3. Para proporcionar um arrefecimento da pele do paciente como níveis elevados de absorção específica de energia pode ocorrer na superfície do corpo.

Ranhuradas de cavidades apoiadas, figura 1, são escolhidos como elementos de geração de campo eletromagnético na nossa forma de realização preferida como eles fornecem: baixo perfil, boa pureza polarização, as dimensões exatas através de técnicas de processamento de circuito de fotolitografia impressa, facilidade de fabricação, estrutura robusta, resposta relativamente larga e, por conseguinte, a tolerância às mudanças de ambiente. Com uma forma de realização ranhura antena 2, em seguida, um método apropriado de detecção é através de detecção do campo no compartimento por meio de pequenas alças de engate 4. As laçadas 4 são suficientemente pequenas de modo a que a quantidade de energia acoplada é pequena em relação ao total, que poderia ser 100s de watts, que é aplicada à porta de antena e 3, de modo que o campo no compartimento 2 permanece não perturbado pela medição.

Cada elemento de ranhura no aplicador é alimentado a partir de uma fase e amplitude fonte controlável de energia de frequência de rádio, figura 3. Os campos em cada ranhura elemento aplicador, devido à sua própria estimulação e campos acoplados a partir de outros elementos são detetados e medidos utilizando 4 medições dispositivo 20 que consiste de uma fase/detetores de amplitude, a figura 4, e os valores comunicados a um sistema de controlo 21. Neste caso, um desmodulador em quadratura/em fase 14, em conjugação com um par de conversores de analógico para digital de 15 é usado para medir a em-fase e quadratura níveis de tensão. O sinal digital é depois convertida em uma magnitude e fase usando o microprocessador 16 e

comunicada ao controlador de medição 21 através de um barramento de medição 17.

O sistema de controlo 22 define as amplitudes e fases das 8 da fonte de energia de frequência de rádio multicanal 18 e mede 20 os campos resultantes 4 aplicados a partir de cada elemento 26 e proporciona controlo de gabarito para assegurar os campos aplicados são os campos necessários.

Um paradigma de utilização típico é o de que um modelo eletromagnético validado numérico da matriz aplicadora 19 é usado com um modelo EM paciente específico derivado de T, MRI ou outros dados de imagem dentro de um software de planeamento de tratamento. No software de planeamento de tratamento da região alvo ou regiões para o tratamento é definido e os valores ótimos ideais de estimulação (ou tomada não ideal em conta o acoplamento mútuo e incompatibilidade com base na matriz de acoplamento mútuo para o modelo, que podem ou não corresponder em o matriz real de acoplamento, devido às possíveis erros anteriormente mencionados a partir do qual a estimulação ideal pode ser calculado) são derivados o correspondente campo-EM, SAR os valores de elevação de temperatura em toda a totalidade da região ou regiões alvo geradas.

As estimulações alvo são, em seguida, transferidas para o software de controlo e de tratamento da paciente colocada no aplicador 19 na posição modelada no planeamento do tratamento. O bolus de água 25 é preenchido com água demonizada.

Os dispositivos de medição 20 são colocados em modo de calibragem, onde o comutador RF 13 na figura 4 é comutado de modo que o sinal de referência de fase de entrada de

calibração do barramento 12 seja medido por cada dispositivo de medida para permitir a calibragem da fase do dispositivo e também para eliminar a ambiguidade de fase da fase de 42 quadratura a dividir por 2 no divisor de fase em fase/ demodulador de quadratura 14.

Cada fonte de energia de rádio frequência emite 11 canais da fonte de energia de frequência de rádio multicanal 18 está estimulado por sua vez, para determinar qual elemento 26 aplicador está ligada a cada canal de saída e para medir os campos/correntes 4 induzidas em todos os elementos para gerar a matriz de acoplamento mútuo real para a matriz 19, no momento do tratamento. Além disso, a fase e a amplitude compensado devido aos cabos de ligação ou transmitem diferenças de canal pode ser eliminado ou calibrado. Os desvios de fase devido à variação na impedância elemento aplicador do ideal, por exemplo, devido à proximidade do paciente e, conseqüentemente, mudar no ambiente imediato constante dielétrica, são também eliminadas.

O tratamento é iniciado com o poder de frequência de rádio 18 que está sendo aplicada a cada elemento 26 com base no planeamento do tratamento, seja com base em estimulações ideais ou corrigidos (usando a matriz de acoplamento), os níveis de estimulação reais são determinados usando o campo de monitoramento 4 e medição 20 e controlado pelo controlador de feedback 27 para corrigir qualquer desvio em relação aos níveis desejados de estimulação. Durante todo o tratamento a potência total de saída de cada canal 11 pode ser controlado de 8 e a relação correta entre as amplitudes e de fase 20 monitorizada e controlada para o valor correto. Embora o invento aqui revelado tenha sido descrito por meio de formas de realização e aplicações específicas do mesmo, numerosas modificações e variações podem ser

feitas ao mesmo por aqueles peritos na arte sem se afastar do âmbito do invento estabelecido nas reivindicações.

Referências citadas

Patentes US

United States Patent 5251645 "Adaptive nulling hyperthermia array" Inventors: Fenn, Alan J. (Wayland, MA) Assignee: Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, MA). United States Patent 4672980 "System and method for creating hyperthermia in tissue" Inventors: Turner, Paul F. Assignee: BSD Medical Corporation (Salt Lake City, UT) United States Patent US5441532 and WIPO Patent Application WO/1993/000132 "ADAPTIVE FOCUSING AND NULLING HYPERTHERMIA ANNULAR AND MONOPOLE PHASED ARRAY APPLICATORS", Inventors: Fenn, Alan J. (Wayland, MA) Assignee: Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, MA).

Outra Literatura

Calibration techniques for digital phased arrays, Fulton, C.; Chappell, W.; Microwaves, Communications, Antennas and Electronics Systems, 2009. COMCAS 2009. IEEE International Conference on Communications, Antennas and Electronic Systems. Publication Year: 2009, Page(s): 1 -10 A Built-In Performance-Monitoring/Fault Isolation and Correction (PM/FIC) System for Active Phased-Array Antennas, Kuan-Min Lee, Ruey-Shi Chu, and Sien-Chang Liu, IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 41, NO. 11 NOVEMBER 1993

K. M. Lee, R. S. Chu, and S. C. Liu, "A performance monitoring/fault isolation and correction system of a phased array antenna using transmission-line signal injection with phase toggling method," IEEE AP-S 1992 Symposium Digest (Chicago, IL), July 18-25, 1992, vol. 1, pp. 429-432.

REIVINDICAÇÕES

1. Um sistema para a produção de uma distribuição de campo eletromagnético pré-determinado de um volume ou região definida, que compreende uma fonte de frequência rádio de canais múltiplos ou potência de micro-ondas (18), uma matriz (19) de elementos de geração de campo eletromagnético (26) ligada à referida frequência rádio de canais múltiplos ou potência de micro-ondas (18), e um controlador de realimentação (27) para controlar a fonte de energia de frequência de rádio ou micro-ondas (18) para alcançar o desejado campo eletromagnético produzido por cada um dos referidos elementos (26) de tal modo que a sobreposição dos campos produzidos pelos referidos elementos de gerar um campo eletromagnético (26) produz referida distribuição de campo eletromagnético pré-determinado no referido volume definido, o feedback para o controlador (27) sendo a amplitude e a fase do campo eletromagnético gerado por cada um dos elementos de geração, em que sensores de corrente ou sensores de campo elétrico, magnético ou eletromagnéticos (4) está integrada com cada elemento de geração de campo magnético (26) para determinar diretamente a estimulação do elemento e, portanto, indiretamente, a amplitude e a fase do campo eletromagnético gerado por cada um dos elementos de geração (26), o sistema compreende ainda uma pluralidade de dispositivos de medição (20), cada dispositivo de medição (20) ser interligada com, pelo menos, um respetivo sensor (4) e, portanto, a ser integrado com um elemento gerador associados (26), tendo o referido pelo menos um respetivo sensor (4) nele integrado, para a determinação e a saída de amplitude e fase do sinal a partir do referido pelo menos um respetivo sensor (4) e, portanto, o campo eletromagnético produzido pelo referido elemento associado (26).

2. Um sistema de acordo com a reivindicação 1, em que os elementos de geração de campo eletromagnético (26) são condutores ou elementos de antena (26) com base na ranhura ou bobinas.

3. Um sistema de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 2, em que a fonte de multicanal de alimentação de rádio frequência (18) é fornecida por meios de controlo para controlar individualmente as amplitudes e fases (8) para produzir saídas de frequência rádio controlado individualmente (11).

4. Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, em que cada elemento de geração de campo eletromagnético (26) é fornecido com um orifício de alimentação (3) no qual a saída de energia de frequência de rádio (11) do canal de rádio multi-fonte de energia de frequência (18) é aplicada, e com os referidos sensores integrados (4) para medir a fase e a amplitude da corrente que flui num elemento metálico ou campo em um elemento à base de ranhura (2), que é o análogo da corrente em um elemento de metal, a saída dos sensores ser um sinal elétrico que é uma medida da referida corrente ou campo.

5. Um sistema de acordo com a reivindicação 2 ou 4, em que os elementos de geração de campo eletromagnético (26) estão situados numa matriz (19) de configuração de tal modo que cada elemento (26) pode ser estimulado pela saída de potência de frequência de rádio (11) de um canal da fonte de multicanal de frequência de rádio de potência (18) e de tal modo que o sinal elétrico a partir dos sensores integrados (4) dos elementos de geração de campo (26) é proporcional à corrente de frequência de rádio ou proporcional a um campo no caso de elementos à base de caça-níqueis (26)

6. Um sistema de acordo com a reivindicação 5, em que os sensores integrados (4) fornecem uma indicação direta da amplitude e fase relativa do campo eletromagnético produzido pelo respetivo elemento de geração de campo magnético (26), na presença de acoplamento mútuo entre os elementos de modo a proporcionar controlo dos campos aplicados, na presença de acoplamento mútuo.

7. Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que o dispositivo de medição (20) é um desmodulador (14) de em fase/Quadratura (IQ) ou vetor voltímetro, em que a multiplicação dos sinais elétricos medidos por um fator de calibração fornece quantificação do campo eletromagnético produzido por cada elemento de geração de campo eletromagnético individuais (26).

8. Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, em que cada elemento de geração de campo magnético (26) está integrado com um canal do dispositivo de medição associado (20) para formar um módulo integrado de tal modo que cada módulo está equipado com um identidade individual ou número de série de tal modo que os dados de calibração podem ser perfeitamente atribuído a cada elemento gerador de campo eletromagnético, módulos integrados podem ser trocadas para permitir a reparação e/ou manutenção rápida, e em que a identidade individual fornece deteção automática de hardware diferente e atribuição de dados de calibração.

9. Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 4, 5 ou 6, em que o controlador de realimentação (27) permite o ajuste da amplitude e da fase (8) de cada canal individual da fonte de energia de frequência de rádio de multicanais (18) de tal modo que o campo eletromagnético elemento de radiação (26) correntes ou campos, no caso de

elementos de entalhe baseada detetados pelos sensores (4) e medida pelo dispositivo de medição (20) são as correntes ou campos desejados.

10. Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, adaptado para concentrar a energia de frequência de rádio para um ou mais objetos dielétricos ou uma ou várias regiões do referido, um, ou mais objetos dielétricos, de modo a estimular os átomos, moléculas ou estruturas celulares ou para elevar a temperatura no interior do referido um ou mais objetos ou uma ou várias regiões de um objeto ou objetos dielétrico.

11. Um sistema de acordo com a reivindicação 9, em que o controlador (27) está configurado para corrigir para o acoplamento mútuo entre o desfasamento e dos elementos de geração de campo eletromagnético sem o conhecimento explícito dos, e cálculo baseado, o acoplamento mútuo e incompatibilidade.

12. Um sistema de acordo com a reivindicação 11, configurado para corrigir alterações no acoplamento mútuo e incompatibilidade, devido à presença de objetos dielétricos ou metálicos, particularmente paciente, bolus de água (25), ou estruturas de suporte, ou devido a alterações na posição de estes objetos utilizando o referido sinal elétrico a partir dos sensores integrados (4) dos elementos de geração de campo (26) ser proporcional à corrente de estimulação de frequência de rádio total em cada elemento (26) incluindo estimulações mútuo acoplados e reflexão.

13. Um sistema de acordo com a reivindicação 12, configurado para determinar o acoplamento mútuo e incompatibilidade, descrito em termos de uma matriz de acoplamento, da matriz

(19) de elementos de geração de campo eletromagnético (26) diretamente por estimulação (11) de cada gerador de campo eletromagnético elemento (26), por sua vez por um único canal da fonte de vários canais de rádio de potência de frequência (18) e usando as correntes ou campos medidos por todos os dispositivos de medição (20) a partir de todos os sensores integrados (4) para determinar a referida matriz de acoplamento.

14. Um sistema de acordo com a reivindicação 13, configurado para utilizar a matriz de acoplamento para calcular as amplitudes e as fases iniciais das saídas de frequência de rádio (11) da fonte de energia de frequência de rádio de multicanais (18) e as correntes ou campos medidos pela medição dispositivos (20) dos sensores de corrente ou de campo (4) integrais com os elementos de geração de campo eletromagnético (26) e usar o controlador de realimentação (27) para ajustar o sistema para fornecer as correntes desejados ou campos no gerador de campos eletromagnéticos elementos (26).

15. Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, em que cada saída de frequência de rádio (11) a partir da fonte de energia de frequência de rádio de vários canais (18) pode ser ligado a qualquer um dos elementos de geração de campo eletromagnético individuais (26), e que está configurado para utilizar o sensor de corrente ou de campo integrado (4) para determinar qual a saída de frequência de rádio (11) da fonte de energia de frequência rádio de canais múltiplos (18) está ligado a que eletromagnética elemento gerador de campos e definindo o mapeamento correto entre saída (11) e o elemento (26).

RESUMO

MATRIZ DE APLICAÇÃO DE CAMPO ELETROMAGNÉTICO COM SENSORES DE CAMPO INTEGRAIS PARA CORREÇÃO IMPLÍCITA DE ACOPLAMENTO MÚTUO E INCOMPATIBILIDADE

A invenção diz respeito a um sistema para a produção de distribuições de campo específico num volume ou região definida. O sistema compreende um conjunto de elementos de geração de campo eletromagnético, cada um com um sensor integrado para medir a fase e a amplitude da corrente que flui num elemento metálico (antena ou bobina) ou campo em um elemento de ranhura com base, um dispositivo de medição para permitir a medição de ambos fase e a amplitude dos sinais elétricos provenientes dos sensores com uma gama dinâmica suficiente para a quantificação do sinal, uma fonte de alimentação de vários canais de rádio frequência com uma amplitude regulável individualmente e fase para excitar cada um dos elementos de geração de campo eletromagnético, e um controlador de feedback permitindo o ajuste controlado da amplitude e da fase da fonte de energia de frequência de rádio com base nos sinais dos sensores; O sistema controla as saídas de uma fonte de energia de frequência de rádio multicanal de modo a que a corrente de uma metálico ou o campo numa ranhura baseado campo eletromagnético elementos de geração de proporcionar os valores dos campos eletromagnéticos desejados e a superposição dos campos produzidos por cada gerador elemento campo eletromagnético produz disse eletromagnética na distribuição de campo específico referido definida volume ou região. À medida que o sinal captado por cada sensor está diretamente relacionado com a fase e a amplitude da corrente ou do campo no eletromagnético elemento gerador de campo associado e, portanto, o campo eletromagnético gerado por os elementos de matriz, em que a

corrente ou de campo medida é a soma de ambos as excitações aplicadas (a partir da fonte de energia de frequência de rádio) e secundárias de engate mútuo e as reflexões daí o valor medido representa a excitação ideal, na ausência de acoplamento mútuo, reflexões e incompatibilidade. O controlador de feedback modifica a excitação direta de tal modo que a excitação total é a excitação matriz ideal sem acoplamento ou incompatibilidade. O invento corrige implicitamente para o acoplamento e incompatibilidade sem o conhecimento explícito dos, e cálculo baseado, o acoplamento mútuo e incompatibilidade, denominada matriz de acoplamento, de tal modo que alterações na matriz de ligação devido à presença de objetos ou alterações dos mesmos são inerentemente tidas em conta. Além disso, por sequencialmente excitar cada elemento por sua vez, a presente invenção é possível determinar diretamente a matriz exata da matriz de acoplamento mútuo, mesmo na presença de variações na impedância da fonte e os comprimentos dos cabos não definidos de tal modo que as amplitudes iniciais de excitação e as fases podem ser calculados para permitir a rápida adaptação aos valores desejados. Uma aplicação particular de interesse é em sistemas de aplicação de hipertermia por radiofrequência.

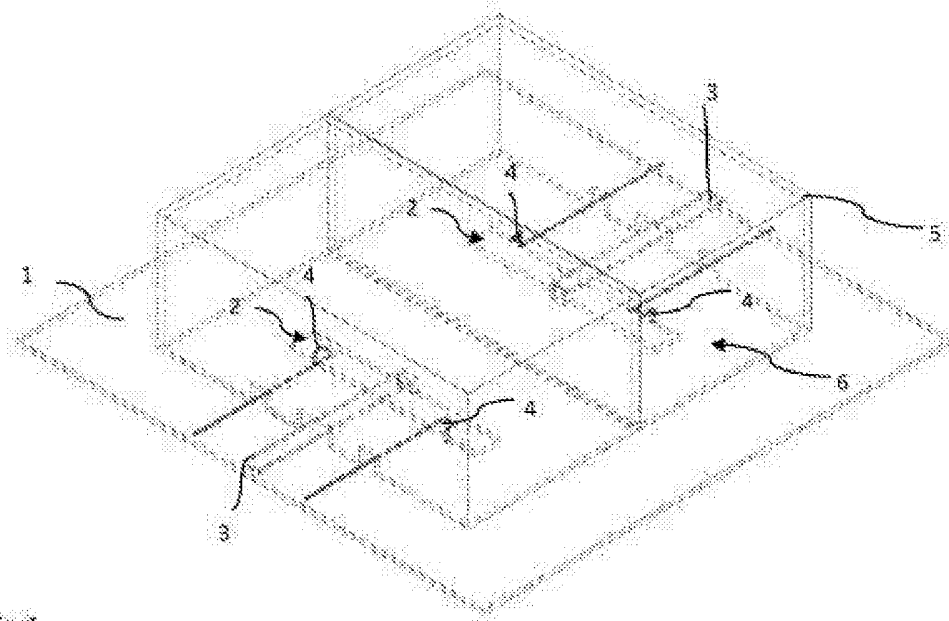


Fig. 1

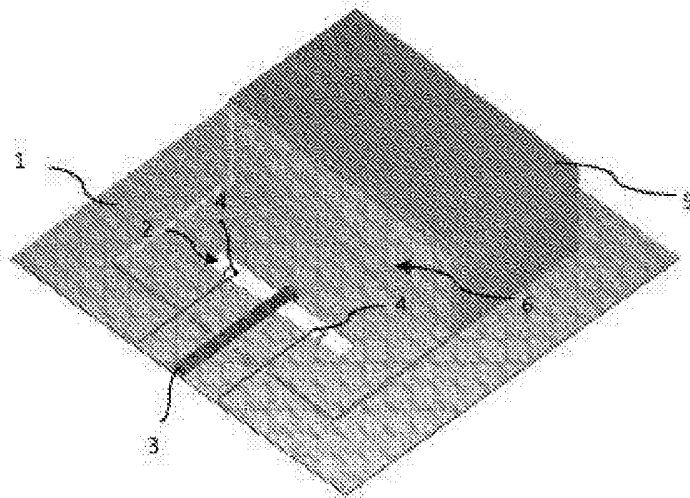


Fig. 1a

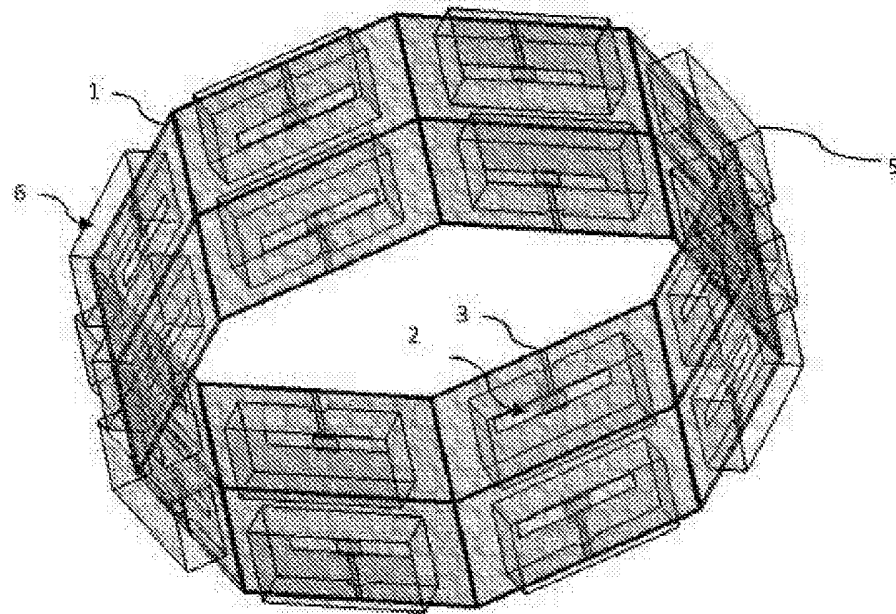


Fig. 2;

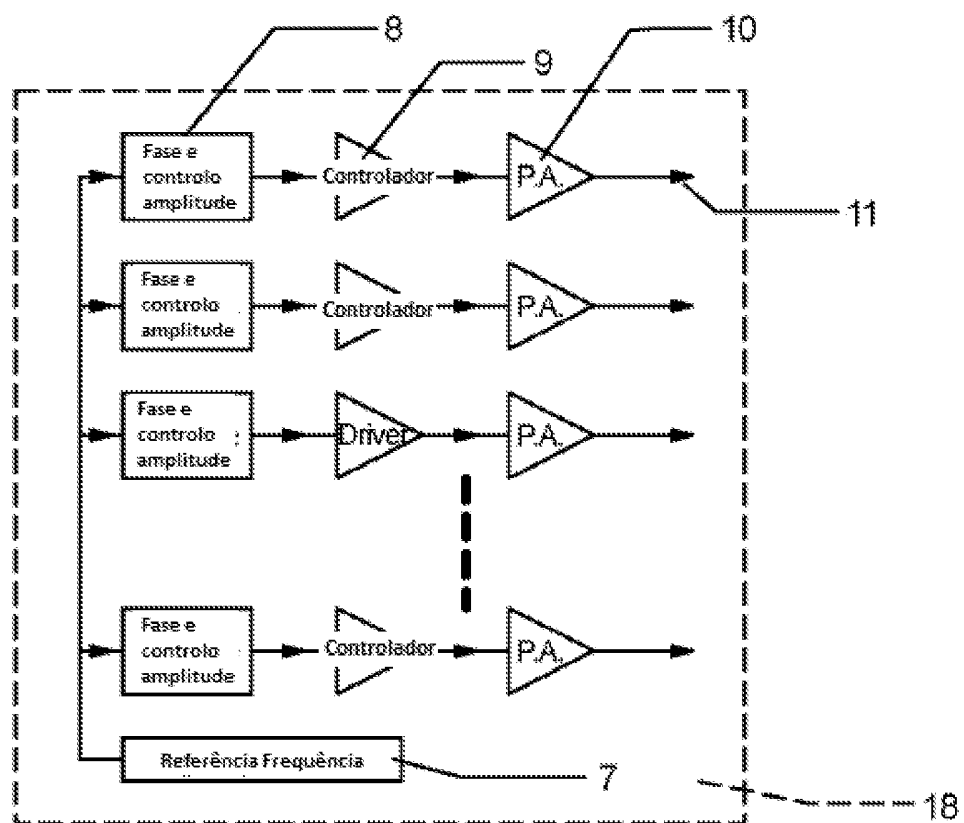


Fig. 3.

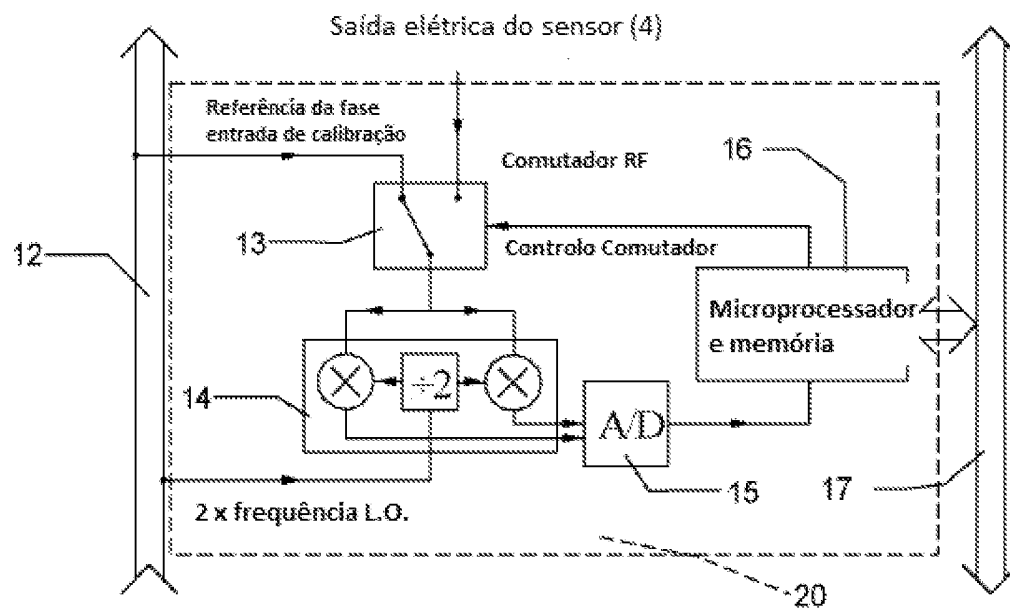


Fig. 4

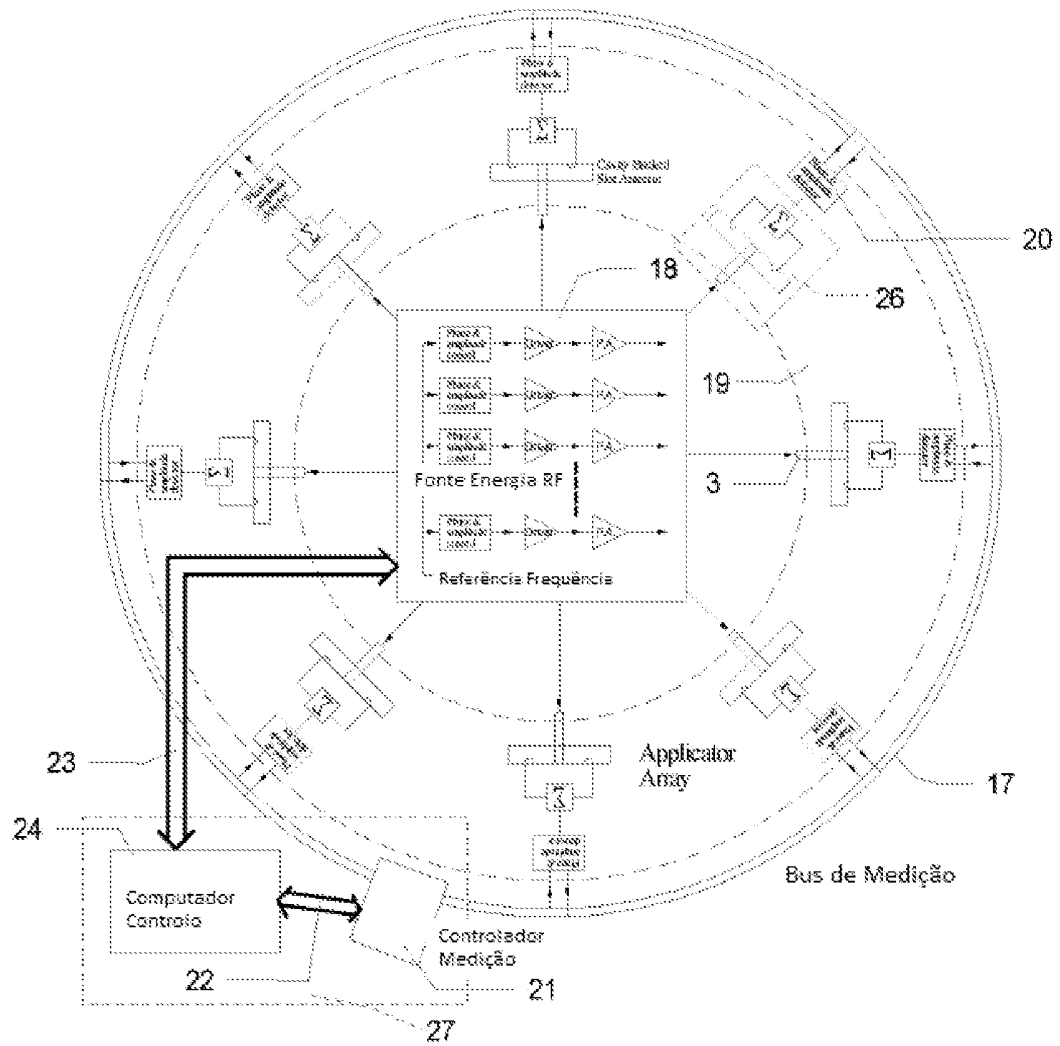


Fig. 5

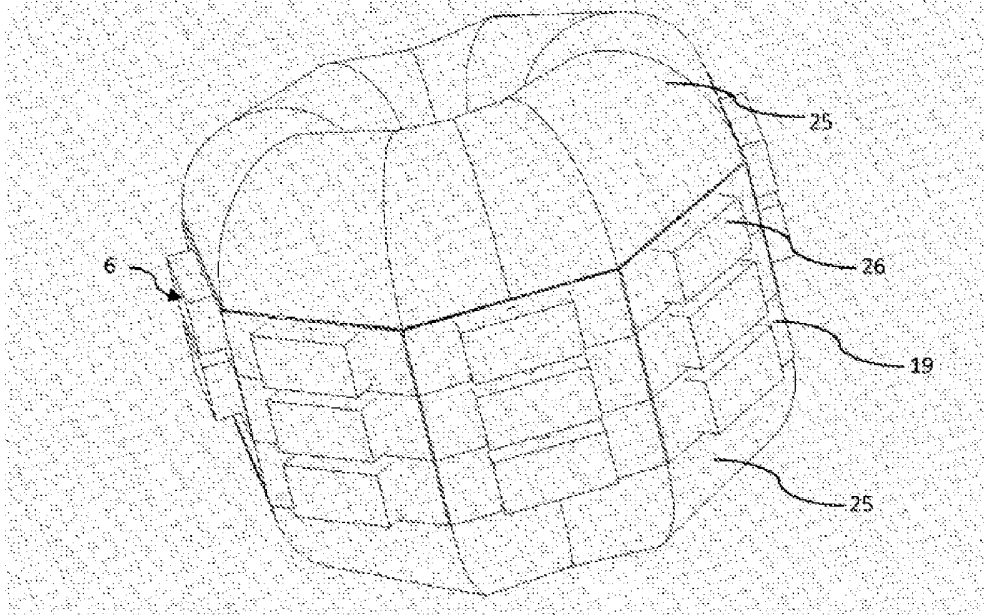


Fig. 6