República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

# (21) PI 0718087-0 A2

* B R P I 0 7 1 8 0 8 7 A 2 *

(22) Data de Depósito: 24/10/2007
**(43) Data da Publicação: 05/11/2013**
**(RPI 2235)**

***(51) Int.Cl.:***
**A61B 5/00**

**(54) Título:** DISPOSITIVO E MÉTODO PARA FORMAÇÃO DE IMAGEM EM UM MEIO TURVO

**(57) Resumo:**

**(30) Prioridade Unionista:** 30/10/2006 EP 06123182.5

**(73) Titular(es):** Koninklijke Philips Electronics N.V.

**(72) Inventor(es):** Maarten M. J. W. Van Herpen, Martinus B. Van Der Mark, Michael C. Van Beek

**(74) Procurador(es):** Momsen, Leonardos & Cia.

**(86) Pedido Internacional:** PCT IB2007054323 de 24/10/2007

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/053405de 08/05/2008

# "DISPOSITIVO E MÉTODO PARA FORMAÇÃO DE IMAGEM EM UM MEIO TURVO"

## CAMPO DA INVENÇÃO

A invenção refere-se a um dispositivo para formação de imagem de um meio turvo, e em particular formação de imagem do meio turvo por meio de radiação óptica. Mais ainda, a invenção refere-se a um método para formação de imagem de um meio turvo.

## FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Um número de dispositivos para formação de imagem da estrutura interna de tecidos humano ou animal existe, um tipo de tal dispositivos pertence à mamografia óptica para exame ao vivo de tecido da mama de uma fêmea humana ou animal. Neste caso, o meio turvo é a mama da fêmea a ser examinada.

Em tipos conhecidos de dispositivos de mamografia, a mama ou parte da mama é colocada dentro de um suporte incluindo um número de fontes de luz e fotodetectores que são distribuídos através da parede do suporte. O suporte mais ainda contém um líquido correspondente no qual a mama é imersa. O líquido apropriado fornece acoplamento óptico entre a parte da mama a ser fotografada e as fontes de luz e os fotodetectores, respectivamente. Ainda mais, os parâmetros ópticos do líquido apropriado, tal como o coeficiente de espalhamento $\mu s'$ reduzido e o coeficiente de absorção $\mu_a$, são selecionados para serem aproximadamente iguais àqueles da parte da mama a ser fotografada. O líquido apropriado evita curto circuito óptico entre as fontes de luz e os fotodetectores, mais ainda, o líquido apropriado também contrabalança efeitos de fronteira na imagem reconstruída; tais efeitos são causados pela diferença em contraste óptico entre o interior do tecido da mama e o espaço remanescente no suporte. De modo a medir as intensidades, alternativamente uma das fontes de luz irradia a parte da mama a ser fotografada e os fotodetectores medem a parte da luz transportada através da

parte da mama a ser fotografada. Essas medidas são repetidas até a parte a ser fotografada ter sido irradiada por todas as fontes de luz presentes no suporte, e uma imagem do interior da parte da mama a ser fotografada pode de forma subseqüente ser reconstruída a partir das medições de intensidade medidas.

A patente dos US 5.907.406 divulga um dispositivo para formação de imagem em um meio turvo. O dispositivo inclui um suporte, uma fonte de luz, um fotodetector e uma unidade de processamento. O suporte é adaptado para receber além do meio turvo também um meio de adaptação líquido tendo substanciais parâmetros ópticos idênticos aos parâmetros ópticos do meio turvo. Um empecilho deste método é que o paciente sempre vai necessitar de se deitar, porque a medição pode somente ser feita com a mama pendurada para baixo dentro do líquido, já que ao contrário o líquido vai derramar para fora. Um problema geral com absorção/espalhamento de líquidos, é que as partículas de espalhamento/absorção serão puxadas para baixo por gravidade e então necessitam ser estabilizadas para prevenir acomodação de partículas no fundo.

Na presente invenção foi apreciada uma maneira melhorada da formação de imagem em meio turvo, tal como em conexão com mamografia óptica, pode ser benéfico, e em conseqüência concebeu a presente invenção.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção endereça as necessidades acima fornecendo uma maneira melhorada de formação de imagem em meio turvo, e preferencialmente, a invenção alivia, diminui ou elimina uma ou mais das desvantagens acima ou outras, de forma única ou em qualquer combinação. Para este fim, os inventores têm tido a percepção que, até agora, o meio líquido tem de ser usado como meio de adaptação para

corresponder com às propriedades ópticas do meio de adaptação e do meio turvo.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção é fornecido, um dispositivo para formação de imagem em meio turvo, de acordo com a reivindicação 1.

Em uma modalidade, o dispositivo é um dispositivo para efetuar mamografia óptica.

No contexto desta aplicação, vapor é para ser entendido em um sentido amplo, e pelo menos, para incluir partículas sólidas gasosas, partículas líquidas, aerossol e matéria de partículas em geral suspensas em uma atmosfera ou ambiente, tal com o ar.

A invenção é particularmente, mas não exclusivamente vantajosa, para fornecer um dispositivo que soluciona problemas de curto-circuito em conexão com a formação de imagem em meio turvo, que mantém a maioria se não todas das vantagens de usar um fluido líquido apropriado, e que mais ainda permite ao paciente sentar ou ficar de pé durante a medição.

Em modalidades vantajosas o fluido correspondente é um vapor compósito compreendendo pelo menos, dois componentes. Usando um vapor compósito, um meio diluído de forma intrínseca tal como vapor pode ser fornecido com suficiente densidade óptica.

Para este fim, as propriedades ópticas do vapor podem ser controladas em um número de maneiras, modalidades vantajosas são fornecidas nas reivindicações dependentes. É uma vantagem que as propriedades ópticas do vapor possam se ajustadas e controlados em um número de maneiras, tornando possível um fluido correspondente versátil.

Em uma modalidade vantajosa o dispositivo pode ainda compreende um dispositivo para gerar ondas de som tornando aleatória a

posição das partículas no vapor. É uma vantagem tornar aleatória a posição das partículas de modo a estabilizar as propriedades ópticas do fluido correspondente na escala de tempo de uma medição.

Em um segundo aspecto, a presente invenção refere-se à um método para formação de imagem em meio turvo de acordo com a reivindicação 15.

Em geral os vários aspectos da invenção podem ser combinados e acoplados em qualquer maneira possível dentro do escopo da invenção. Esse e outro aspectos, características e/ou vantagens da invenção serão aparentes da e elucidados com referência as modalidades descritas daqui em diante.

DESCRIÇÃO BREVE DOS DESENHOS

As modalidades da invenção serão descritas, à título de exemplo somente, com referência aos desenhos, nos quais

segue-se a página 5

Fig. 1 ilustra o problema de problema de curto-circuito presente na mamografia óptica;

Fig. 2 ilustra uma modalidade de um suporte de um dispositivo de mamografia;

Fig. 3 mostra um gráfico da eficiência de espalhamento Q de partículas de $TiO_2$ partículas em água líquida como uma função do parâmetro de x;

Fig. 4 mostra um gráfico da eficiência de espalhamento Q de gotículas de água no ar como uma função do parâmetro de tamanho x;

Fig. 5 é uma ilustração esquemática de gotículas preenchidas com uma alta concentração de partículas em espalhamento;

Fig. 6 ilustra um método para formação de imagem em meio turvo de acordo com a presente invenção.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES

Um dos desafios para mamografia óptica é prevenir a luz de achar um trajeto da fonte de luz para o detector sem viajar através do tecido sob investigação, i.e. solucionar o problema de curto-circuito.

Figura 1 ilustra o problema de curto-circuito presente na mamografia óptica. O tecido sob investigação, i.e. o meio turvo 1, sendo uma mama ou parte da mama feminina é colocado dentro de um suporte 2, também freqüentemente referido como uma taça. O suporte também contém as ópticas, sendo uma fonte de luz 3 e um detector 4 (ou número de fontes de luz e detectores). A linha sólida 5 mostra o trajeto da fonte 3 para o detector 4 viajando em torno do tecido sob investigação. O problema com isto é que a pequena fração da luz atingindo o detector que viajou através do tecido, como ilustrado pela linha tracejada 6, é mascarada pelo quantidade comparativamente grande de luz que atingiu o detector viajando em torno do tecido sob investigação.

Para evitar ou pelo menos, diminuir o problema de curto-

circuito, a mama é imersa em um fluido 7 fornecido no suporte. Mais ainda, pela provisão do fluido alguém também procura alcançar os objetivos de fornecer um meio de referência homogênea para calibrar, eliminar ou diminuir os efeitos de fronteira devido a ambos suporte e mama e fornece um contato óptico estável entre catodos ópticos e mama. De modo a alcançar esses objetivos as propriedades ópticas da mama e do fluido (espalhamento, absorção e índice de refração) são substancialmente correspondidas. Por exemplo, a correspondência da constante de atenuação K pode ser dentro 30%, tal como dentro 20%, tal como dentro 10%, ou mesmo melhor. A correspondência de coeficientes de espalhamento, coeficientes de absorção, e índices de refração, pode se desviar de grandes fatores, e uma correspondência pode estar dentro 50%, tal como dentro 30%, tal como dentro 10%, ou mesmo melhor.

Figura 2 ilustra uma modalidade de um suporte de um dispositivo de mamografia 22 de acordo com a presente invenção. Uma mama 20 é posicionada no suporte 26 preenchido com um vapor 21 para preencher a área entre a mama 20 e as paredes da taça 23. Um ou mais das propriedades ópticas do fluido correspondente, i.e. o vapor, é fornecido tal que a uma ou mais propriedades ópticas do fluido correspondente substancialmente correspondendo com o correspondente uma ou mais propriedades ópticas do meio turvo, i.e. o tecido da mama. Como um resultado do uso de um fluido correspondente tendo substancialmente propriedades ópticas correspondentes como o meio turvo, um curto-circuito óptico da fonte é evitado ou pelo menos,suprimido e as propriedades ópticas ao longo dos trajetos de luz entre a fonte de luz e o fotodetector são tornados similares em todas as posições. O suporte é fornecido com um conjunto de fontes de radiação 24 para irradiar o meio turvo e o fluido correspondente. As fontes de radiação são tipicamente na forma de fibras anexadas ao suporte tal que a luz pode ser acoplada no suporte. A luz pode então viajar a partir das fontes de fibras, através da mama

20 e é então acoplado em uma série de fotodetectores 25 para medir a intensidade da radiação. Os detectores são acoplados ao suporte por meio de fibras anexadas ao suporte. Em modalidades alternativa, os detectores, tal como fotodiodos, chips de CCD, etc. pode ser anexado diretamente sobre ou no suporte.

O suporte 22 é parte de um dispositivo de mamografia óptica, tal um dispositivo é conhecido e. g. da patente dos US 6,480,281 que é aqui incorporada para referência. De modo a reconstruir uma imagem da parte interior da mama a ser examinada, um método iterativo pode ser aplicado. Tal um método é conhecido e. g. da aplicação da patente WO 99/03394 que é aqui incorporado para referência. O dispositivo de mamografia tipicamente também inclui ou é conectado a uma unidade de processamento para derivar uma imagem do meio turvo a partir das intensidades medidas. Mais ainda, o dispositivo pode ser fornecido com ou conectado a um mostrador para exibir a imagem derivada.

As propriedades ópticas de meio opaco ou denso, incluindo fluidos opacos e meios turvos, pode ser descrito em um número de trajetos. Tais meios são caracterizados por pelo menos, quatro parâmetros (ver e. g. H. C. van de Hulst, "Luz scattering by small particles", Dover, Nova Iorque, 1981):

1. O comprimento de extinção $l_{ext}$, que é característico para perda de intensidade luz diretamente transmitida (não espalhada): $I = I_0 \exp(-d/l_{ext})$ devido a ambos, absorção e espalhamento, onde $I_0$ é a intensidade incidente. Para meio substancialmente branco (não-absorvente), $l_{ext}$ poderia ser substituído com $l_{sca}$, o trajeto médio livre de espalhamento.

2. O trajeto médio livre de transporte $l_{tra}$, que é o comprimento de difusão eficaz no volume do meio de espalhamento. Isto é o comprimento característico sobre o qual a luz perde a correlação com sua direção de propagação original.

3. O comprimento de absorção $l_{sca}$, que é indicativo da "brancura" do meio.

4. O tamanho ou espessura do meio.

A diferença entre o trajeto médio livre de espalhamento $l_{sca}$ e o trajeto médio livre de transporte $l_{tra}$ é uma conseqüência do espalhamento anisotrópico. A seguinte relação mantém:

$$l_{tra} = l_{sca}/(1 - < cos\theta >);$$

onde θ é o angulo de espalhamento. Se as partículas espalham quantidades iguais de luz em todas as direções então o co-seno médio do angulo de espalhamento é zero e então, $l_{tra} = l_{sca}$.

A anisotropia de espalhamento é g=<cos(θ)>.

No descrito acima, a homogeneidade (estatísticas) do meio em ambos, espaço e tempo, é assumida. No espaço, o meio pode de fato ter um grau de comprimento de espalhamento para espalhar, $l_{sca}$, mas também, por exemplo, uma microestrutura fractal associada com um intervalo completo de graus de comprimento. Em particular, um meio consistindo de duas escalas de comprimento de espalhamento e possível, e. g. uma nuvem de gotículas de espalhamento consistindo de uma suspensão de espalhamento de partículas. Todos os parâmetros mencionados se relacionam de uma forma ou de outra para a densidade óptica do meio.

Um número de parâmetros e relações estão disponíveis para meios estatisticamente homogêneo de volume V onde: r sendo o raio de partícula, n o índice de refração de partícula, $n_{med}$ o índice de refração do meio, λ o comprimento de onda no vácuo, N o número de partículas e $n_0$ = N/V a densidade do número de partículas; uma lista não exclusiva de tais parâmetros e relações incluem:

fração de volume: $f = 4\pi r^3 n_0/3,\ 0 < f < 1$, tipicamente $f < 0.7$

parâmetro de tamanho: $x = 2\pi r n_{med}/\lambda$

seção transversal geométrica: $\sigma_{geo} = \pi r^2$

seção transversal de espalhamento: $\sigma_{sca}$

seção transversal de absorção: $\sigma_{abs}$

seção transversal total ou seção transversal de extinção: $\sigma_{ext} = \sigma_{sca} + \sigma_{abs}$

comprimento de extinção: $l_{ext} = (n_0 \sigma_{ext})^{-1}$

partícula "brancura" ou albedo: $a = \sigma_{sca}/\sigma_{ext}$

fator de qualidade para espalhamento: $Q_{sca} = \sigma_{sca}/\sigma_{geo}$

trajeto médio livre de espalhamento $l_{sca} = (n_0 \sigma_{sca})^{-1}$

coeficiente de espalhamento: $\mu_s = 1/l_{sca}$

comprimento inelástico: $l_{in} = a\ l_{sca}/(1-a) = l_{ext}/(1 - l_{ext}/l_{sca}) = (l_{ext}^{-1} - l_{sca}^{-1})^{-1}$

seção transversal para pressão de radiação: $\sigma_{pr}$

fator de qualidade para transferência de momento: $Q_{pr} = \sigma_{pr}/\sigma_{geo}$

trajeto médio livre de transporte: $l_{tra} = (n_0 \sigma_{pr})^{-1}$

coeficiente de espalhamento reduzido: $\mu_s' = 1/l_{tra}$

comprimento de atenuação: $l_{att} = l_{tra}\sqrt{(3\ (1-a)\ l_{tra}/(a\ l_{sca}))} = \sqrt{(l_{tra}\ l_{in}/3)}$

coeficiente de absorção: $\mu_a = \mu_s\ (1-a)/a$

coeficiente de atenuação: $K = \sqrt{(3\ \mu_a\ \mu_s')} = \sqrt{(3\ (1-a)/(a\ l_{sca}\ l_{tra}))} = \sqrt{(3\ \mu_s'\ (l_{ext}^{-1} - l_{sca}^{-1}))}$

Em geral um ou mais propriedades ópticas do fluido correspondente podem ser tais que elas substancialmente correspondem com as correspondentes propriedades ópticas do meio turvo. A fonte de radiação pode irradiar o meio turvo em um comprimento de onda selecionado e para este comprimento de onda selecionado, a uma ou mais propriedades ópticas selecionadas do fluido correspondente pode substancialmente ser tal que elas substancialmente correspondem com as correspondentes propriedades ópticas do meio turvo. A uma ou mais propriedades ópticas correspondentes podem

ser um ou mais coeficientes de atenuação, coeficientes de espalhamento, coeficientes de absorção, índices de refração, ou outras das propriedades mencionadas acima ou outras propriedades ópticas.

O fluido correspondente pode em diferentes modalidades ser fornecido por diferentes tipos de vapor.

Em uma modalidade, o vapor está na forma de neblina ou nevoeiro (aqui somente referido como neblina). Neblina consiste de pequenas gotículas de líquido dando aparecimento de espalhamento e absorção. Se a neblina é bastante densa, é possível bloquear um curto-circuito óptico ocorrendo da neblina. Neblina pode e. g. ser gerada a partir de um líquido em ebulição.

Em uma modalidade, o vapor é na forma de um nuvem de micropartículas. Um tipo de uma nuvem de micropartículas é fumaça, que é composta de pequenas micropartículas de carbono.

O requisito para a densidade de fumaça pode ser estimada a partir de tabelas de quantidade de ar correlacionando a concentração de partículas no ar com grande grau de visibilidade, e pode por meio disso, ser estimado que a densidade da fumaça deve ser tal como 0,24 g/l, tal como 0,15 g/l ou maior.

Em uma estimativa alternativa, um pode calcular a densidade óptica (OD) requerida e comparar esta densidade para o experimentalmente obtida OD. A OD é dada como:

$$OD = -^{10}\log(\text{Transmitância pr. medidor})$$

Para a mama feminina, $\mu_s' \equiv 1\ mm^{-1}$ (coeficiente de espalhamento reduzido) e $K = \sqrt{(3\ \mu_s'\ \mu_a)} \equiv 100\ mm^{-1}$ (K sendo o coeficiente de atenuação, e $\mu_a$ sendo o coeficiente de absorção) a capacidade de transmissão da mama feminina é aproximadamente 1/e em 1 mm, dando uma OD de 430. Tal OD pode ser obtida, e. g. a partir da fumaça gerada queimando certos termoplásticos, tal como LATENE 3 H2W-V0 passível de

obter da LATI Industria Termoplastici (www.lati.com).

Em uma modalidade, o vapor está na forma de um pó de pequenas partículas que são varridas através do suporte usando ondas de som.

Em uma modalidade, o vapor está na forma de uma nuvem de micropartículas pode ser gerada por meio de um "nebulizador", uma vantagem de um nebulizador é que o vapor resultante fica seco e frio, e pode por conseguinte é sentido mais agradável na pele. Um nebulizador pode ser aplicado para gerar uma nuvem de micro-gotículas de líquido, i.e. uma neblina. A nuvem de micropartículas expelida a partir do nebulizador é também referida como uma nebulosa.

Para as várias modalidades, a quantidade de espalhamento e absorção, i.e. as propriedades ópticas, podem ser ajustadas para ajustar o tamanho (tamanho da gotícula, tamanho da partícula), quantidade e composição das gotículas ou das micropartículas. Isto pode ser importante que as (estatísticas) propriedades ópticas eficazes do vapor não mudam durante a medição. Em uma modalidade estas podem ser obtidas dando à matéria de partículas (gotículas, partícula) do vapor um movimento suficientemente rápido e aleatório, assim a localização da matéria de partícula é uma média. Isto pode ser alcançado tornando aleatória a posição das partículas dentro do quadro de tempo de uma medição a ser completada. Isto pode ser no intervalo de 1 ms para 50 ms, tal como 25 ms.

Em uma modalidade, a localização da matéria da partícula de vapor é uma média obtida através da aplicação de oscilações de som de alta freqüência. Movimento suficiente das partículas é obtido sintonizando a freqüência e a amplitude das ondas de som. Som com um período de 25 ms corresponde a uma freqüência de 40 Hz. De modo a assegurar tornar de forma suficiente a aleatoriedade, uns sons de maior freqüência podem ser usados, tal como 400 Hz ou maior. Em uma modalidade, ultra-som pode ser usado. É vantajoso usar ultra-som já que o paciente não vai ouvir o som. É contudo

importante assegurar que padrões de onda permanentes não são formados no suporte, isto pode ser alcançado tocando a freqüência de som, onde a freqüência é mudada constantemente rapidamente. Na figura 2 transdutores de ultra-som 28 são, de forma esquemática, ilustrados e. g. na forma de transdutores de piezo, fornecido no interior do suporte 22.

Como mencionado acima, um nebulizador pode em uma modalidade ser utilizado para gerar o fluido correspondente, i.e. o vapor dentro do suporte. Um nebulizador é também referido como um pulverizador. Nebulizadores são tipicamente usados para dispensar drogas para os pulmões. Diferentes tipos de nebulizadores pode ser aplicados, tal como nebulizadores de ar comprimido, nebulizadores à jato, e nebulizadores à ultra-som. Em um nebulizador à ultra-som, vibrações no intervalo de MHz são usadas para pulverizar o líquido para partículas de tamanho mícron (aerossol) que são ejetados de um bico do nebulizador. Na figura 2 um nebulizador 27 é, de forma esquemática, ilustrado, o nebulizador sendo equipado com um bico que é inserido no suporte através de uma abertura no suporte. Em modalidades alternativas, um nebulizador pode ser incluído no suporte.

Um nebulizador pode ser operado com água pura para gerar uma nuvem de micro-gotículas de líquido, contudo pode ser difícil gerar um vapor que é bastante denso para obter extinção bastante alta.

Um vapor mais denso pode ser fornecido através de um vapor compósito compreendendo pelo menos, dois componentes. O vapor pode compreender um primeiro componente, também referido como um primeiro componente de espalhamento dissolvido em gotículas de um segundo componente. Para este fim, uma solução líquida de $TiO_2$ pode ser aplicada a fim de gerar uma nuvem de micro-gotículas de água com partículas de $TiO_2$ dissolvidas nela, tal como nano ou micro-gotículas de $TiO_2$. Uma vantagem de usar um primeiro componente de espalhamento dissolvido em um segundo, é que as propriedades médias de espalhamento e de absorção da nuvem de

micropartículas gerada pode ser feita para os valores requeridos mudando a concentração do componente de espalhamento, e. g. partículas de $TiO_2$ dentro das gotículas como mencionado acima. Em particular o assim chamado fato anisotrópico ou fator g para espalhamento da luz pode ser feito, e ele pode ser feito para ser muito menor do que 1 para as gotículas.

Figura 3 mostra um gráfico 30 da eficiência de espalhamento Q 31 de partículas de TiO2 em água líquida como uma função do tamanho de parâmetro 32, $x = 2\pi\ r\ n_{med}/\lambda$. O fator de fator de qualidade para a transferência de momento $Q_{pr}$ é mostrado como denotado por 33, assim como o fator de qualidade para espalhamento $Q_{sca}$ como denotado por 34.

Um meio de espalhamento líquido se assemelhando à mama feminina pode ser fornecido por partículas de $TiO_2$ (anatase, n = 2,5) de aproximadamente d = 2r = 250 nm de diâmetro suspenso na água ($n_{med}$ = 1,327). Experimentalmente e, é encontrado que uma concentração de p = 1,2 g/l fornece resultados realísticos em um comprimento de onda de $\lambda$ = 780 nm. Tipicamente, a concentração das partículas de $TiO_2$ nas gotículas de vapor será maior do que no caso de usar um líquido puro em vez de um gás. Por conseguinte, a concentração de $TiO_2$ será maior do que 1,2 g/l (em primeira aproximação através do inverso da fração de volume líquido no vapor).

Usando a densidade de $TiO_2$ específica $p_s$ = 4,2 kg/l, uma fração de volume de $TiO_2$ na água é encontrada como $f = p/ps = 4\pi\ r^3 n_0/3 = 2{,}86 \times 10^{-4}$, dando um parâmetro de tamanho x = 2,67. Da figura 3, um valor para $Q_{pr} = 2$ está marcado (como indicado no gráfico pelo número de referência 35), e o coeficiente de espalhamento reduzido é obtido como: $\mu_s' = l_{tra}^{-1} = n_0\ \sigma_{geo}\ Q_{pr} = 3\ p\ Q_{pr}/(4r\ p_s) = 1{,}72 \times 10^3\ m^{-1}$. O coeficiente de atenuação é calculado para ser $K = \sqrt{(3\ \mu_a\ \mu_s')} = 108{,}7\ m^{-1}$ e é principalmente determinado através da absorção de água com $k = 1{,}44 \times 10^{-7}$, que corresponde a um comprimento de absorção, ou mais propriamente o comprimento inelástico, em água pura de: $l_{in} = \lambda/(4\pi\ k) = \mu a^{-1} = 0{,}437$ m.

Ambos a partícula e o índice de refração do meio são de fato números complexos, $n$ - $ik$, mas no caso de espalhamento difuso, as partes imaginárias de ambos são pequenas comparadas com as partes reais. partes.

O tamanho adequado de partícula de $TiO_2$ para uma mistura de $TiO_2$/água com $Q_{pr}$ = 2,0 tem um parâmetro de tamanho de: $1,5 < x < 3,5$ (como indicado na figura 3 através do número de referência 36). Isto implica em diâmetros de partícula de $0,28 < d < 0,65$ mícron e uma fração de volume de $0,00014 < f < 0,00033$, se o coeficiente de espalhamento reduzido é levado a ser: $\mu_s' = 1.5\ mm^{-1}$.

Figura 4 mostra um gráfico 40 da eficiência de espalhamento Q 41 de gotículas de água no ar como uma função do parâmetro de tamanho parâmetro 42, $x = 2\pi\ r\ n_{med}/\lambda$. Ambos, o fator de qualidade para a transferência de momento $Q_{pr}$ é mostrado como denotado por 43, assim como o fator de qualidade para espalhamento $Q_{sca}$ como denotado por 44.

O melhor tamanho de gotícula para mistura de água/ar (névoa) é de $5 < x < 15$ com $Q_{pr} = 0.6$ (como indicado na figura 4 através do número de referência 45). Isto acarreta em diâmetros de gotículas de $1,24 < d < 3,72$ mícron e uma fração de volume de $0,0021 < f < 0,0062$ se nos usarmos que e que $\mu_s' = 3f\ Q_{pr}/(4r)$ e demanda que o coeficiente de espalhamento reduzido é: $\mu_s' = 1.5\ mm^{-1}$.

Quando comparando gotículas e partículas ($TiO_2$) devido a seu tamanho, para a mesma fração de volume, as gotículas tipicamente têm um comprimento de espalhamento relativamente longo (transporte) comprimento $\mu_s'$. Contudo, quando as gotículas são preenchidas com uma alta concentração de partículas de $TiO_2$ como ilustrado na figura 5 há uma quantidade alta de espalhamento dentro da gotícula, e a luz é principalmente espalhada para trás a partir da gotícula. Para gotículas sozinhas, o espalhamento é anisotrópico na direção à frente. Para as partículas de $TiO_2$ suspensas na água, o espalhamento é quase isotrópico. Com as partículas de $TiO_2$ dentro das gotículas, o espalhamento se torna anisotrópico na direção para trás e isto é uma vantagem

para usar gotículas com partículas de $TiO_2$.

Figura 5 é uma ilustração esquemática de um vapor compósito 53 consistindo de dois componentes. Um primeiro componente de espalhamento 51 dissolvido nas gotículas 50 de um segundo componente.

O tamanho das gotículas pode ser grande comparado com o comprimento de onda da radiação ou da luz 52. O vapor pode em uma modalidade ser uma nuvem de micro-gotículas 50 de água, preenchida com uma alta concentração de partículas de $TiO_2$ 51. Tais gotículas dão surgimento a um mecanismo de espaçamento de dois estágios: a luz é fortemente espalhada pelas gotículas porque as gotículas contêm forte espalhamento entre elas. Em concentração bastante alta de partículas de TiO2 o espalhamento das gotículas será principalmente para trás.

Para gotículas de água que tem partículas de $TiO_2$ de espalhamento dentro, como representado na figura 5, a fração de volume de $TiO_2$ pode ser feita consideravelmente maior do que a correspondente fração de voluma de partículas de $TiO_2$ dissolvidas em água líquida.No caso de tamanho de gotícula ser de 1 mícron, o trajeto médio livre de transporte $l_{tra}$ dentro da gotícula poderia ser feito de uma fração daquele, tal como um quarto de mícron, tal que a gotícula se torna substancialmente opaca e o fator de qualidade para transferência de momento da gotícula $Q_{pr}$ sobe para um valor da ordem de 2 e o trajeto do meio óptico na gotícula será da ordem de 4 $l_{tra}$. Quando usando um nebulizador com partículas de $TiO_2$ dissolvidas em água para gerar um vapor compósito, a fração de volume para gotículas na nebulosa pode ser diminuído de um fator de 3 usando esta abordagem, assumindo que o coeficiente de espalhamento reduzido permanece inalterado.

Em geral pode ser uma vantagem selecionar um componente do vapor compósito com um trajeto médio livre de transporte, $l_{tra}$, abaixo de 3 milímetros ou tal como abaixo de 1 milímetro. Mais ainda, também pode ser vantajoso gerar gotículas, i.e. o segundo componente, com um tamanho tal

que as gotículas em média são maiores do que o trajeto médio livre de transporte do componente de espalhamento do primeiro componente. Assim sendo, gotículas de água podem ser geradas com um maior tamanho do que o trajeto médio livre de transporte das partículas de $TiO_2$ suspensas.

Já que ambos, o componente de espalhamento (partículas dissolvidas) e as gotículas do segundo componente podem ter características de absorção de luz, e já que ambos pode estar dentro de um intervalo de valores, pode ser uma vantagem assegurar que contraste de índice de refração, i.e. a proporção entre o índice de refração do primeiro componente de espalhamento e o segundo componente ($n/n_{med}$), é tão grande como possível, tal como maior do que 1,5. As propriedades de espalhamento do material como um todo, é determinado pelo contraste de índice de refração.

Em geral as propriedades ópticas do vapor podem ser feitas tal que as propriedades de espalhamento e absorção são maiores do que aquelas da água (gotículas).

O coeficiente de atenuação da gotícula pode ser ajustado dissolvendo um corante de absorção nas gotículas. Para obter um valor de $K = 100\ m^{-1}$, usando apenas água e corante, o albedo pode ser calculado usando: $K = \sqrt{(3\ \mu_a\ \mu_s')} = \sqrt{(3\ (1\text{-}a)/(a\ l_{sca}\ l_{tra}))} = \sqrt{(3\ \mu_s'\ (l_{ext}^{-1} - l_{sca}^{-1}))}$. Da figura 4 pode ser visto que $Q_{sca}$ varia entre 1,7 e 4 sobre o intervalo de $5 < x < 15$.

Considere os dois casos, x = 6 ou d = 1,49 mícron com $Q_{sca}$ = 3,9 e $f$ = 0,0025 e também x = 12 ou d = 2,98 mícron com $Q_{sca}$ = 1,8 e $f$ = 0,0050, ambos com $Q_{pr}$ = 0.6, onde é usado que $\mu_s' = 3f\ Q_{pr}/(4r)$ e que o coeficiente de espalhamento reduzido: $\mu_s' = 1{,}5\ mm^{-1}$. Nesta situação $K = \mu_s' \sqrt{(3\ (a^{-1} - 1)\ Q_{sca}/Q_{pr})}$, e então nos encontramos para $K = 100\ m^{-1}$ e x = 6 que o albedo a = 0,999772 e para x = 12 que a = 0.995064. A combinação de absorção interna na gotícula de ambos, a água e o corante, daria surgimento ao albedo calculado aqui. Os valores apropriados para o índice de refração complexo pode ser encontrado iterativamente resolvendo a solução exata para

espalhamento a partir de uma esfera de absorção (teoria de Mie). Dado $n$ = 1,327, o resultado para $x = 6$ é $k = 1.6 \times 10^{-4}$ e $Q_{ext} = 3,882$, $Q_{sca} = 3.881$, $Q_{pr} = 0.582$, e para $x = 12$ é $k = 3,5 \times 10^{-5}$ e $Q_{ext} = 1,660$, $Q_{sca} = 1,651$, $Q_{pr} = 0,5682$. A absorção de água em 780 nm é $k = 1,44 \times 10^{-7}$, e então algum corante de absorção deve refere-se adicionado para obter uma absorção de $\mathbf{k} = 1,6 \times 10^{-4}$, alguém deve observar que uma solução de corante em água com um comprimento de absorção (1/e) de $l_{abs} = \lambda/(4\pi k) = 0,388$ mm.

Figura 4 pode somente ser usado para avaliar $Q_{sca}$ no caso de absorção fraca, mas cálculo rigoroso das propriedades de espalhamento das partículas de absorção forte também é possível.

Figura 6 ilustra um método para formação de imagem de um meio turvo de acordo com a presente invenção, o método pode pelo menos, compreender os passos de arranjar em um suporte 60 o meio turvo e um fluido correspondente; irradiar o meio turvo 61 e o fluido correspondente com um ou mais fontes de radiação; e medir a intensidade da radiação 62 através de um ou mais fotodetectores.

Embora a presente invenção tenha sido descrita em conexão com as modalidades especificadas, não é pretendido ser limitado à forma específica estabelecida aqui. Mais propriamente, o escopo da presente invenção é limitado somente pelas reivindicações anexas. Nas reivindicações, o termo "compreendendo e caracterizado pelo fato de compreender" não exclui a presença de outros elementos ou passos. Adicionalmente, embora recursos individuais possam ser incluídos em diferentes reivindicações, esses podem possivelmente ser vantajosamente combinadas, e a inclusão em diferentes reivindicações não implica que uma combinação de recursos não é factível e/ou vantajosa. Em adição, referências no singular não excluem uma grande quantidade. Assim sendo, referências a "um", "uma", "primeiro", "segundo", etc não exclui uma grande quantidade. Ainda mais, símbolos de referências nas reivindicações não devem ser interpretados como limitando o escopo.

# REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo para formação de imagem em um meio turvo (1, 20), caracterizado pelo fato de compreender:

- um suporte (20) arranjado para receber o meio turvo e um fluido correspondente (7, 21, 53);

- um ou mais fontes de radiação (3, 24) para irradiar o meio turvo e o fluido correspondente;

- um ou mais fotodetectores (4, 25) para medir a intensidade da radiação;

onde o fluido correspondente é um vapor com uma ou mais propriedades ópticas do fluido correspondente substancialmente correspondendo com a correspondente uma ou mais propriedades ópticas do meio turvo; e

e que o dispositivo adicionalmente compreende um nebulizador (27) que é adaptado tal como vapor na forma de uma névoa consistindo de gotículas líquidas ou tal como vapor na forma de nuvem de micropartículas ou partículas pequenas é gerada no suporte (20).

2. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o fluido correspondente (7, 21, 53) é um vapor compósito compreendendo pelo menos, dois componentes (50, 51).

3. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o vapor compreende um primeiro componente de espalhamento (51) dissolvido em gotículas de um segundo componente (50).

4. Dispositivo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o fluido correspondente compreende um componente com um trajeto médio livre de transporte, $l_{tra}$, abaixo de 3 milímetros.

5. Dispositivo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o tamanho das gotículas do segundo componente é maior do que o trajeto médio livre de transporte do componente de espalhamento do

primeiro componente.

6. Dispositivo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a proporção entre o índice de refração do primeiro componente de espalhamento e o segundo componente é maior do que 1,5.

7. Dispositivo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o primeiro componente de espalhamento é dióxido de titânio e o segundo componente é água.

8. Dispositivo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que um corante é adicionado ao segundo componente.

9. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um nebulizador (27) e onde o vapor é gerado pelo nebulizador.

10. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um dispositivo (28) para gerar ondas de som para tornar aleatória a posição das partículas no vapor.

11. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a fonte de radiação irradia o meio turvo em um comprimento de onda selecionado tal que no comprimento de onda selecionado, uma ou mais propriedades ópticas selecionadas do fluido correspondente substancialmente correspondem com as correspondentes propriedades ópticas do meio turvo.

12. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente uma unidade de processamento para derivar uma imagem do meio turvo a partir das intensidades medidas.

13. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a uma ou mais das propriedades ópticas são um ou mais coeficientes de atenuação.

14. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a uma ou mais das propriedades ópticas são tais que as

propriedades de espalhamento e absorção são maiores do que aquelas da água.

15. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o vapor é uma névoa ou uma fumaça.

16. Método para formação de imagem de um meio turvo, caracterizado pelo fato de compreender:

- arranjar (60) em um suporte o meio turvo e um fluido correspondente;

- irradiar (61) o meio turvo e o fluido correspondente com uma ou mais fontes de radiação;

- medir (62) a intensidade a radiação através de um ou mais fotodetectores;

onde o fluido correspondente é selecionado como um vapor com uma ou mais propriedades ópticas do fluido correspondente substancialmente correspondendo com as correspondentes uma ou mais propriedades ópticas do meio turvo, o vapor sendo na forma de um névoa consistindo de gotículas de líquido pequenas ou na forma de uma nuvem de micropartículas ou partículas pequenas.

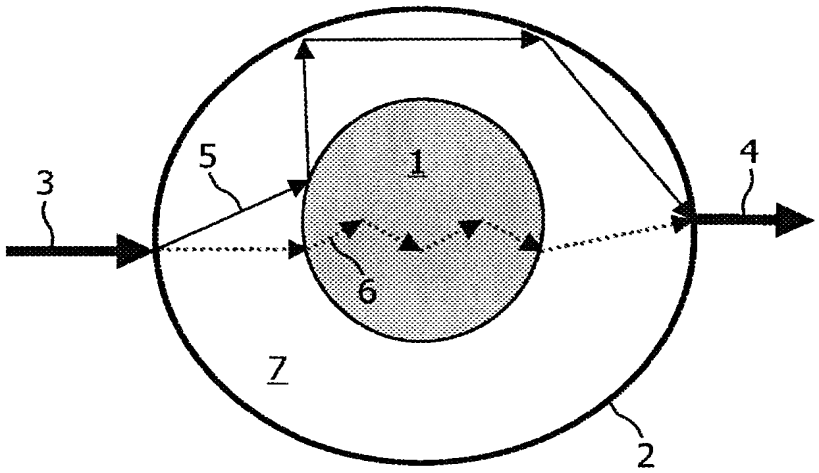


FIG. 1

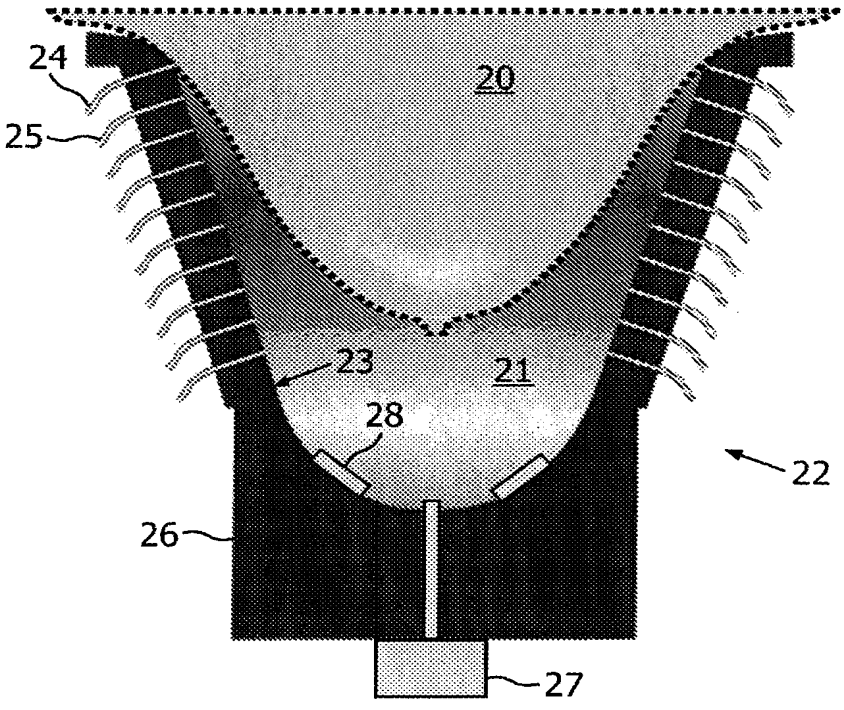


FIG. 2

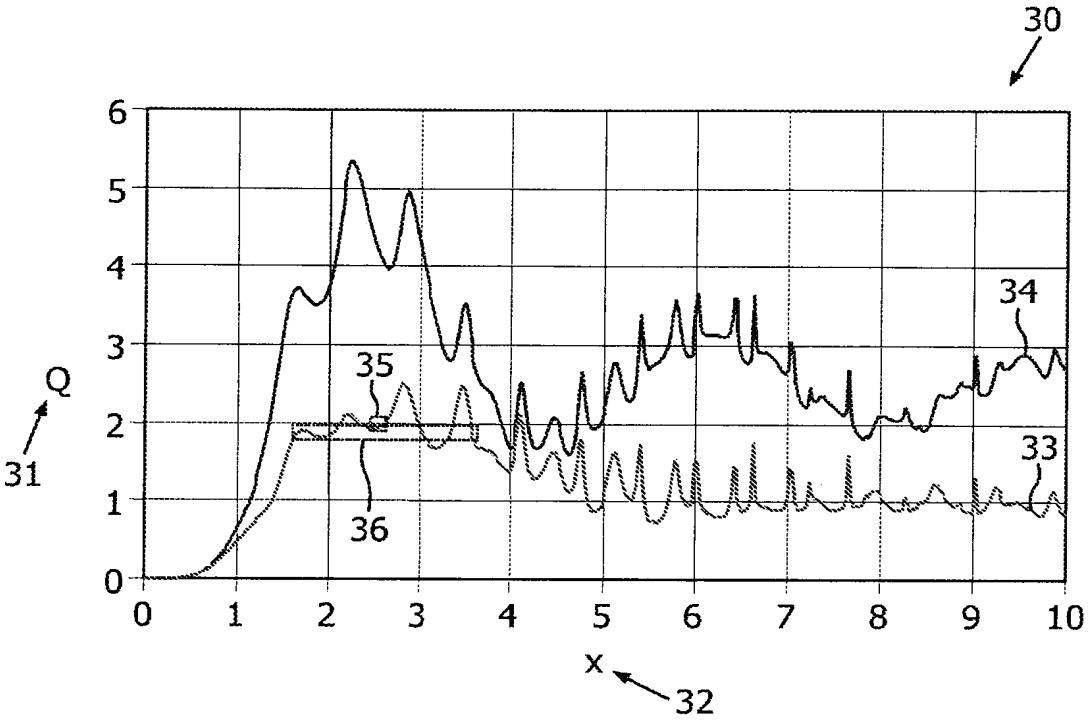
30
6
5
4
3
2
1
0
Q
31
35
36
34
33
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
x
32

FIG. 3

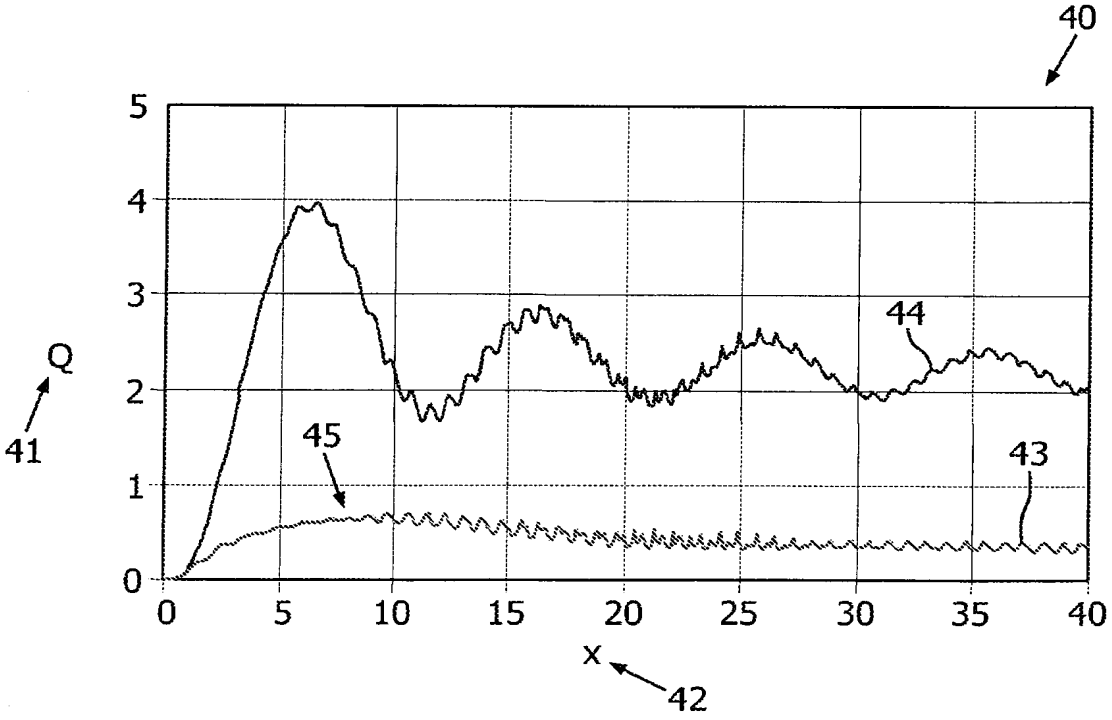
40
5
4
3
2
1
0
Q
41
45
44
43
0
5
10
15
20
25
30
35
40
x
42

FIG. 4

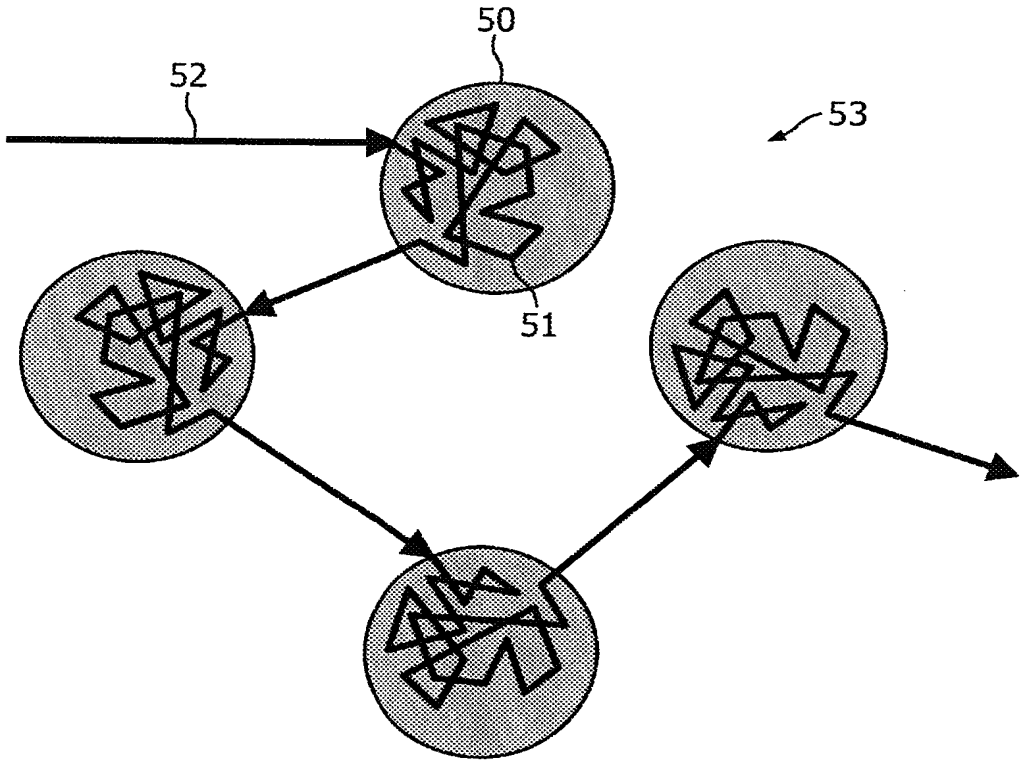


FIG. 5

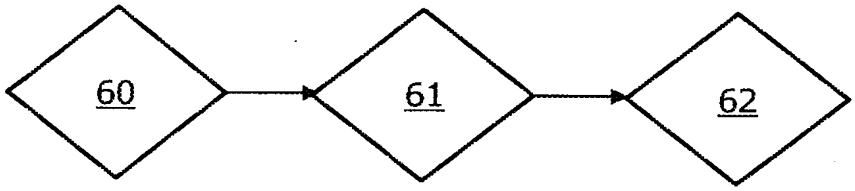


FIG. 6

## RESUMO

"DISPOSITIVO E MÉTODO PARA FORMAÇÃO DE IMAGEM EM UM MEIO TURVO"

A invenção refere-se à formação de imagem de um meio turvo, por exemplo, em conexão com mamografia óptica. Um dispositivo para formação de imagem de um meio turvo (20) é divulgado, o dispositivo compreendendo: um suporte (20) arranjado para receber o meio turvo e um fluido correspondente (21); uma ou mais fontes de radiação (24) e um ou mais fotodetectores (25). O fluido correspondente é um vapor com uma ou mais propriedades ópticas do fluido correspondente substancialmente correspondendo a correspondente uma ou mais propriedades ópticas do meio turvo. Em uma modalidade, o fluido correspondente (21) é um vapor compósito compreendendo pelo menos, dois componentes.