



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

(21) PI 1105000-4 A2



* B R P I 1 1 0 5 0 0 0 A 2 *

(22) Data de Depósito: 21/11/2011
(43) Data da Publicação: 15/10/2013
(RPI 2232)

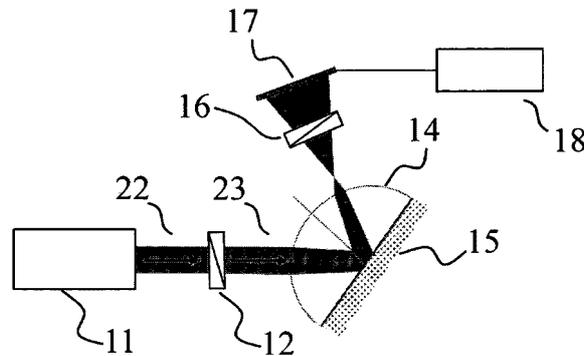
(51) Int.Cl.:
G01N 21/41

(54) **Título:** REFRAATÔMETRO DIFERENCIAL PARA MEDIR O ÍNDICE DE REFRAÇÃO E COEFICIENTE DE ATENUAÇÃO DE UM LÍQUIDO EM TEMPO REAL

(73) **Titular(es):** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

(72) **Inventor(es):** SERGIO CARLOS ZÍLIO

(57) **Resumo:** REFRAATÔMETRO DIFERENCIAL PARA MEDIR O ÍNDICE DE REFRAÇÃO E COEFICIENTE DE ATENUAÇÃO DE UM LÍQUIDO EM TEMPO REAL. A presente invenção refere-se a um refratômetro diferencial para a medida em tempo real do índice de refração e coeficiente de atenuação de substâncias líquidas, podendo estas serem transparentes, absorventes e/ou turvas. O refratômetro da presente invenção compreende: uma fonte de luz com largura de banda espectral estreita; um polarizador que define a direção de polarização da luz a 45° com o plano de incidência; uma lente semi-cilíndrica feita com vidro de alto índice de refração; um polarizador, denominado analisador, que seleciona a polarização da luz refletida na base da lente semi-cilíndrica em contato com a substância em análise; um sensor de luz pixelado, uni ou bidimensional, para aquisição do perfil espacial da luz refletida na base da lente semi-cilíndrica em contato com a substância em análise; um computador para analisar o perfil espacial da luz refletida na base da lente semi-cilíndrica em contato com a substância em análise e mostrar os resultados da medição.



**REFRATÔMETRO DIFERENCIAL PARA MEDIR O ÍNDICE DE REFRAÇÃO E
COEFICIENTE DE ATENUAÇÃO DE UM LÍQUIDO EM TEMPO REAL**

Campo da invenção

A presente invenção refere-se a um refratômetro
5 diferencial para a medida em tempo real do índice de
refração e coeficiente de atenuação de substâncias
líquidas, podendo estas serem transparentes, absorventes
e/ou turvas.

Fundamentos da Invenção

10 O refratômetro diferencial é definido como um
instrumento que mede pequenas variações do índice de
refração e coeficiente de atenuação em torno de índice de
refração e coeficiente de atenuação conhecidos, de uma
amostra padrão. Dentre as várias aplicações reportadas na
15 literatura, o refratômetro diferencial permite o estudo de
pequenas variações de composição de substâncias.

O índice de refração é uma das propriedades ópticas
mais importantes de uma substância e sua medida pode ser
utilizada para a caracterização de suas propriedades
20 físicas e químicas. A medida do índice de refração é feita
tradicionalmente com refratômetros, sendo a maioria deles
baseados no método da reflexão total interna. Em
refratômetros projetados para analisar amostras sólidas
e/ou líquidas, o ângulo crítico de reflexão total, definido
25 como $\text{sen}\theta_c = n$, é medido incidindo-se um feixe de luz
convergente na interface entre um prisma de alto índice de
refração e a amostra e, em seguida, observando-se a luz
refletida devido à reflexão total na interface entre o
prisma e a amostra. Observa-se que a luz refletida possui
30 uma região clara e uma região adjacente escura no plano de

observação e detecção. A localização da borda entre estas duas regiões, correspondente ao ângulo crítico da reflexão interna, permite que o índice de refração da amostra seja deduzido geometricamente. Na maioria dos refratômetros portáteis utilizados na indústria, um retículo com escala é sobreposto no campo de visão e o usuário olha através de uma ocular para observar a localização da borda com relação à escala do retículo, que é marcado de forma a proporcionar a informação desejada, tal como a concentração percentual de sólidos na amostra.

Numa amostra transparente, a borda de separação entre as regiões clara e escura é bem definida e a única dificuldade de medida relaciona-se à interpretação visual da localização da borda com relação ao retículo com escala. Assim, refratômetros automáticos foram introduzidos procurando evitar tais erros de interpretação visual, melhorando a acurácia (proximidade com o verdadeiro valor) e a precisão (repetibilidade, independentemente da acurácia) das leituras de medição. Os refratômetros automáticos utilizam uma sequência linear de elementos fotossensíveis próximos com o objetivo de substituir a interpretação visual.

O documento US 4.640.616, divulga um refratômetro automático com sensor linear para detectar a luz refletida na interface prisma/amostra. Nos modelos comerciais, os elementos discretos do sensor linear, chamados de pixel, são feitos de dispositivos acoplados por carga (em inglês: charge-coupled device - CCD) que são verificados eletronicamente e fornecem uma série de valores de voltagem, cada um com uma amplitude proporcional à

quantidade de luz recebida. O referido documento apresenta uma abordagem para determinar o pixel onde se localiza a borda de separação claro/escuro. Nesta abordagem, armazena-se o perfil da luz refletida sem a amostra (ou seja, com
5 relação ao ar), I_i , coletado pelo conjunto de detectores linear para estabelecer uma curva de iluminação de referência. Esta curva, em seguida, é dimensionada por um fator de escala fixo pré-determinado, por exemplo, de 94%, para fornecer uma curva de limiar. O pixel onde o perfil da
10 luz refletida com a amostra, I_r , intercepta a curva de limiar corresponde à borda de separação claro/escuro.

O documento US 6.396.576, refere-se a um método para determinar um número de um cruzamento de célula de uma linha de sombra (shadowline) entre regiões iluminadas e
15 escuras de uma matriz linear digitalizada de células fotossensíveis, e a um refratômetro automático usando o referido método. A matriz é digitalizada para extrair um sinal de resposta de cada uma das células fotossensíveis, e os sinais de resposta são convertidos da forma analógica
20 para pixels digitais, gerando, assim, um conjunto de pontos de dados que representam coletivamente uma curva de distribuição de iluminação sobre a matriz. Um intervalo de células dentro do qual a linha de sombra reside é estabelecida através da análise dos dados da curva de
25 iluminação. A segunda derivada da curva de distribuição de iluminação ao longo da faixa estabelecida de células é calculada e a maior área positiva delimitada pela segunda derivada é identificada. O centróide da maior área positiva é encontrado e sua coordenada do número de células é
30 considerada o número de células de cruzamento da linha de

sombra.

O referido documento introduz uma modificação na maneira em que a linha de transição claro/escuro é detectada. Novamente, mede-se o perfil da luz refletida sem a amostra (com relação ao ar), I_i , e o perfil da luz refletida com a amostra, I_r . A razão entre estas duas grandezas é conhecida como refletividade de Fresnel e para meios transparentes tem uma inclinação máxima no ângulo crítico. Assim, são calculadas as derivadas de primeira e segunda ordens a partir das quais consegue-se determinar o ângulo crítico.

O documento PI 0305389-0 descreve um aparelho monitorador para medida direta e multi-angular do índice de refração durante a evolução temporal e/ou espacial no processo de fabricação de uma amostra, o aparelho compreendendo um módulo constituído de uma base (1) com parte articulada sobre a qual são montados pelo menos uma fonte luminosa (7), que emite luz que é polarizada ao passar por pelo menos um polarizador de luz (8), a luz sendo expandida e colimada ao passar por lentes (3) e (4) convergentes, por uma fenda (9) e por uma lente (5) convergente, o cone de luz apresentando variação angular adequada ao intervalo varrido, dito cone sendo então focalizado sobre a amostra (11) adaptada a um suporte (10) dotado de sistema de determinação angular, o cone de luz sendo coletado e colimado por uma lente (6) convergente na direção de um detector (12), sendo que para cada ângulo de incidência da luz, o cone de luz é coletado e colimado por uma lente (6) convergente na direção de um detector (12), sendo que para cada ângulo de incidência da luz, o detector

(12) detecta a refletância, os valores de refletância nos diversos ângulos sendo comparados como padrão de referência de refletância, pelo que é possível detectar a evolução temporal da refletância da amostra (11). É igualmente descrito o método de determinação do índice de refração de uma amostra resultante de um processo utilizando o aparelho da invenção, bem como os usos do referido aparelho em processos industriais. O refratômetro revelado no documento acima se diferencia do proposto na presente invenção nos seguintes aspectos: 1) só permite a medida de filmes, 2) não usa o conceito de reflexão interna nem ângulo crítico, 3) não usa duas polarizações simultaneamente, 4) possui baixa precisão (3 partes em 10^3), enquanto que na presente invenção é fornecida uma precisão bem melhor (1 parte em 10^5) e 5) não mede absorção e/ou espalhamento.

O documento US 4.952.055 descreve um refratômetro diferencial capaz de medir a mudança do índice de refração, dn , de um fluido transparente que corresponde a uma mudança de dc da concentração de um soluto no dito líquido. O fluido é restrito a um capilar fino de um material transparente tal como o vidro. Incidente sobre o capilar em um ângulo próximo ao ângulo crítico é um feixe incidente fino e leve do dito material transparente. Os eixos do feixe de luz e capilar se cruzam em um ponto dentro do capilar, assim, definindo um plano no qual ocorre a refração. Um dispositivo sensor de posição é colocado para medir o deslocamento do feixe refratado duas vezes durante a sua passagem através do capilar, a referida medida é usada para gerar um valor numérico da relação de dn/dc . O refratômetro diferencial do documento acima citado destina-

se à análise de líquidos transparentes, onde usa o desvio de um feixe fino de luz, numa condição próxima ao ângulo crítico. Conceitualmente, difere completamente da presente invenção uma vez que não usa reflexão interna, apenas
5 analisa o desvio da luz.

Numa amostra turva como o leite ou absorvente como o corante, a borda de separação entre as regiões clara e escura não é bem definida, indo de uma condição à outra de forma gradual. Neste caso, a determinação do ângulo crítico
10 é mais difícil e imprecisa. As abordagens usuais para sua determinação são através do cálculo das derivadas ou fazendo um ajuste da razão I_r/I_i com a fórmula teórica da refletividade de Fresnel em meios turvos. De qualquer forma, todos os métodos desenvolvidos até o momento, que
15 visam a determinação do ângulo crítico em meios transparentes ou turvos/absorventes através de medidas automatizadas, se baseiam em processos indiretos, ou seja, é necessário obter um padrão de reflexão de referência (I_i), normalizar o padrão obtido com a amostra (I_r) pelo da
20 referência, calcular a derivada ou fazer um ajuste teórico com a fórmula da refletividade de Fresnel. Além da necessidade destes processos indiretos, os métodos utilizados até hoje são sensíveis à potência da fonte de luz. Em outras palavras, flutuações na potência da fonte
25 acarretam erros de medida, e diminuem a precisão.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

É um objetivo da presente invenção propiciar um refratômetro diferencial automatizado que seja capaz de realizar em tempo real a medida simultânea do índice de
30 refração e do coeficiente de atenuação ligado ao

espalhamento e/ou absorção em substâncias, independente destas serem transparentes, absorventes e/ou turvas.

De acordo com um aspecto da presente invenção, é provido um refratômetro diferencial automatizado contendo
5 uma lente semi-cilíndrica feita com vidro denso de alto índice de refração, do tipo flint ou similar, que substitui o prisma utilizado nos refratômetros convencionais.

De acordo com outro aspecto da presente invenção, é provido um refratômetro diferencial automatizado contendo
10 dois polarizadores, um deles chamado analisador, que permite o estabelecimento de uma faixa escura, bem definida, na posição do ângulo crítico.

De acordo com aspecto adicional da presente invenção, é provido um refratômetro diferencial automatizado livre
15 dos erros de medição proporcionados pela variação da potência da fonte de luz.

De acordo com outro aspecto da presente invenção, é provido um refratômetro diferencial automatizado que permite a leitura direta e em tempo real do índice de
20 refração e coeficiente de atenuação sem ajustes teóricos ou cálculos de derivadas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 mostra uma representação esquemática do refratômetro diferencial da presente invenção.

25 A Figura 2 mostra o padrão da luz que atinge a câmara e é adquirida pelo microcomputador, onde se observa claramente a faixa escura que determina o ângulo crítico.

A Figura 3 apresenta gráficos teóricos da distribuição de intensidade ao longo de uma linha
30 horizontal do padrão da luz, similar ao da Figura 2,

refletido pelo refratômetro diferencial da presente invenção. Os respectivos coeficientes de atenuação são: curva (a) 0 cm^{-1} , curva (b) 1000 cm^{-1} e curva (c) 2000 cm^{-1} .

5 A Figura 4 mostra um exemplo ilustrativo de como o refratômetro diferencial da presente invenção pode ser usado para quantificar pequenas concentrações de aditivos a substâncias líquidas transparentes.

10 A Figura 5 mostra um exemplo ilustrativo dos padrões da luz que atingem a câmara no caso em que leite é utilizado como meio turvo. Foram usadas amostras comerciais de leite com teor de gordura de 0% (a), 1% (b) e 3% (c).

A Figura 6 mostra os valores dos índices de refração e coeficientes de atenuação para as amostras de leite apresentadas na Figura 5.

15 DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção provê um refratômetro diferencial para medir o índice de refração e coeficiente de atenuação de um líquido em tempo real que compreende:

20 uma fonte de luz (11) com largura de banda espectral estreita, por exemplo, um laser, um diodo emissor de luz (LED) ou uma lâmpada seguida de um monocromador ou filtro óptico de banda passante estreita;

25 opcionalmente, um polarizador (12) que define a direção de polarização da luz a 45° com o plano de incidência, utilizado sempre que o feixe de luz emitido pela fonte de luz (11) não seja polarizado;

uma lente semi-cilíndrica (14) feita com vidro denso de alto índice de refração, por exemplo, do tipo flint ou similar;

30 um analisador (16), que seleciona a polarização da

luz refletida na base da lente semi-cilíndrica (14) em contato com a amostra da substância para análise (15);

um sensor de luz pixelado (17), uni ou bidimensional, para aquisição do perfil espacial da luz refletida na base da lente semi-cilíndrica (14) em contato com a amostra da substância para análise (15);

um microcomputador (18) para analisar a imagem do perfil espacial da luz refletida na base da lente semi-cilíndrica (14) em contato com a amostra da substância para análise (15) e mostrar os resultados da medição.

Conforme mostrado na Figura 1, o refratômetro diferencial da presente invenção utiliza uma fonte de luz (11), que em uma concretização da invenção pode ser um apontador laser verde, operando no comprimento de onda de 532 nm. Outros tipos de lasers e fontes de luz de banda espectral estreita também podem ser utilizados com o mesmo propósito. O feixe emitido (22) atravessa um polarizador (12) que polariza a radiação de maneira a formar 45° com a direção perpendicular ao plano da Figura e 90° com a direção de propagação da luz. Com esta configuração, as componentes do campo elétrico com polarizações paralela e perpendicular ao plano de incidência, que no caso coincide com o plano da Figura, possuem mesma amplitude. O uso do polarizador (12) não será necessário caso o laser já seja polarizado corretamente. A seguir, o feixe polarizado (23) atravessa a superfície curva da lente semi-cilíndrica (14), cujo foco se localiza no exterior da dita lente. Independentemente de quão bem o feixe de entrada é colimado, a lente automaticamente dá acesso simultâneo a muitos ângulos de incidência diferentes.

A amostra da substância para análise (15) encontra-se em contato com a base da lente semi-cilíndrica (14). O feixe de luz convergente refletido na interface entre a lente e a amostra da substância atravessa novamente a superfície curva da lente semi-cilíndrica (14) e passa pelo analisador (16), cujo eixo de transmissão é orientado paralelamente ao do polarizador (12). O perfil da luz refletida que passa pelo analisador (16) é detectado por um sensor de luz pixelado (17), que pode ser linear ou plano. Uuma concretização da invenção pode ser uma câmera barata do tipo Web contendo um detector CCD. A imagem adquirida é transferida para um microcomputador e analisada por um software comercial, tipo LabVIEW (National Instruments), ou outro similar.

A Figura 2 apresenta o padrão da luz que atinge a câmara e é adquirida pelo microcomputador (18), onde se observa claramente uma faixa escura que determina o ângulo crítico. Nesta concretização da presente invenção, a amostra em questão é água destilada. O software que analisa a imagem fornece a intensidade da luz que alcança cada pixel do CCD e gera um perfil para uma dada linha horizontal da imagem. Para melhorar a relação sinal-ruído, registram-se os perfis de várias linhas horizontais próximas do centro da imagem que são usados para fazer uma média. O software determina a posição do mínimo e seu valor de amplitude.

Para que se possa compreender a origem da linha escura na posição do ângulo crítico, vamos primeiro considerar um meio transparente. Neste caso, o coeficiente de atenuação é nulo. É bem conhecido que os coeficientes de

reflexão Fresnel para luz polarizada paralela (polarização p) e perpendicular (polarização s) ao plano de incidência são dados por:

$$r_s = \frac{\cos\theta - \sqrt{n^2 - \sin^2\theta}}{\cos\theta + \sqrt{n^2 - \sin^2\theta}} \quad (1),$$

$$r_p = \frac{-n^2 \cos\theta + \sqrt{n^2 - \sin^2\theta}}{n^2 \cos\theta + \sqrt{n^2 - \sin^2\theta}} \quad (2),$$

Onde θ é o ângulo de incidência que a direção da luz faz com a normal à base do prisma e $n = n_{\text{amostra}}/n_{\text{lente}} < 1$ é chamado de índice de refração relativo. Acima do ângulo de Brewster, definido pela expressão $\text{tg}\theta_B = n$, a componente com polarização paralela ao plano de incidência (polarização p) adquire uma fase de 180° e muda seu sinal, girando assim a polarização por um ângulo 2α , onde $\text{tg}\alpha = |r_s|/|r_p|$. Portanto, uma fração da luz refletida passa através do analisador. Quando o ângulo de incidência se aproxima do ângulo crítico, $|r_s|$ e $|r_p|$ tendem a 1, mas como o campo elétrico da luz com polarização p ganhou uma fase de 180° , a polarização da luz refletida é girada de 90° . Como consequência, a luz é bloqueada pelo analisador, dando origem à faixa escura da Figura 2. Acima do ângulo crítico, as amplitudes são sempre as mesmas ($|r_s| = |r_p| = 1$), mas há uma diferença de fase que ocorre durante a reflexão interna total, dada por:

$$\delta = \theta_\sigma - \theta_\pi = \pi - 2 \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{\sin^2\theta - n^2}}{\cos\theta} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{\sin^2\theta - n^2}}{n^2 \cos\theta} \right) \right\} \quad (3),$$

de tal forma que a intensidade transmitida pelo analisador é proporcional a $(1 + \cos\delta)$. Como consequência, a luz refletida passa novamente pelo analisador, deixando uma

faixa escura na posição do ângulo crítico, como visto no padrão experimental da Figura 2.

A situação é mais complexa se o meio for turvo ou absorvente. Neste caso, o índice de refração relativo das equações (1) e (2) deve ser substituído pelo índice de refração relativo complexo $\tilde{n} = n + ik$, onde k é o coeficiente de atenuação da amostra, dividido pelo índice de refração do vidro. Realizando-se uma análise teórica nos moldes de M. H. Chiu *et al.*, estas equações tornam-se:

$$r_s = \frac{\cos\theta - \sqrt{\tilde{n}^2 - \sin^2\theta}}{\cos\theta + \sqrt{\tilde{n}^2 - \sin^2\theta}} = \frac{\cos\theta - (u + iv)}{\cos\theta + (u + iv)} = |r_s| \exp(i\delta_s) \quad (4),$$

$$r_p = \frac{-\tilde{n}^2 \cos\theta + \sqrt{\tilde{n}^2 - \sin^2\theta}}{\tilde{n}^2 \cos\theta + \sqrt{\tilde{n}^2 - \sin^2\theta}} = \frac{-\tilde{n}^2 \cos\theta + (u + iv)}{\tilde{n}^2 \cos\theta + (u + iv)} = |r_p| \exp(i\delta_p) \quad (5),$$

onde:

$$u^2 = \frac{1}{2} \left\{ (n^2 - k^2 - \sin^2\theta) + \sqrt{(n^2 - k^2 - \sin^2\theta)^2 + 4n^2k^2} \right\} \quad (6),$$

$$v^2 = \frac{1}{2} \left\{ -(n^2 - k^2 - \sin^2\theta) + \sqrt{(n^2 - k^2 - \sin^2\theta)^2 + 4n^2k^2} \right\} \quad (7).$$

Depois de alguma álgebra, o conjunto de equações acima fornece as amplitudes e fases dos coeficientes de reflexão. A intensidade atingindo o detector é proporcional a $|r_s|^2 + |r_p|^2 + 2|r_s||r_p|\cos(\delta_s - \delta_p)$. A Figura 3 apresenta gráficos teóricos para um meio transparente e para dois meios turvos, com coeficientes de dispersão/absorção: curva (a) 0 cm^{-1} , curva (b) 1000 cm^{-1} e curva (c) 2000 cm^{-1} , onde o valor do coeficiente de atenuação (dispersão/absorção) é definido como $\alpha = (4\lambda/\pi) kn_{\text{lente}}$. Portanto, medindo-se os valores da posição e amplitude do mínimo podemos encontrar diretamente o índice de refração complexo. Para fins

práticos, foram analisadas várias curvas como as da Figura 3 e concluiu-se que, para $\alpha < 1000 \text{ cm}^{-1}$, o mínimo é caracterizado por:

$$\theta_{\min} = \sin^{-1} n - k(1 - n^2) \approx \sin^{-1} n \quad (8),$$

5

$$V_{\min} \propto k(1 - n^2) \quad (9),$$

θ_{\min} depende mais fortemente de n (primeiro termo na equação (8)) para k pequeno. No entanto, tanto θ_{\min} e V_{\min} têm que ser calibrados contra alguma amostra de referência com valores conhecidos de n e k . Assim, a determinação da posição do mínimo permite o conhecimento de n e a determinação do valor do mínimo permite o conhecimento de k , uma vez que n já foi determinado.

Como exemplo ilustrativo, a Figura 4 mostra como o refratômetro automático propiciado pode ser usado para quantificar pequenas concentrações de aditivos a substâncias líquidas transparentes. No exemplo particular, etanol foi adicionado à água destilada, numa concentração máxima em volume de 1%. O valor do índice de refração da água destilada é bem conhecido e pode ser usado para calibrar o número do pixel em que ocorre a faixa escura. Como se pode ver no exemplo, o refratômetro automático propiciado permite uma precisão de pelo menos 1 parte em 10^5 , sendo portanto equivalente aos melhores refratômetros comerciais.

Como segundo exemplo ilustrativo, a Figura 5 mostra como o refratômetro automático propiciado pode ser usado para analisar substâncias líquidas turvas. No exemplo particular, foram medidas amostras comerciais de leite com teor de gordura de 0% (desnatado), 1% (semi-desnatado) e 3%

30

(integral). Foram usadas duas misturas etanol/água destilada para calibrar o número do pixel em que ocorre a faixa escura em termos do índice de refração e medidas de transmissão do feixe incidente por uma amostra fina para
5 calibrar V_{\min} em termos de k . A Figura 6 mostra os resultados obtidos para n e k , que podem ser utilizados para quantificar uma amostra de leite com teor de gordura desconhecido.

O refratômetro diferencial da presente invenção
10 fornece os efeitos a seguir.

(1) Permite que o ângulo crítico seja encontrado diretamente da faixa escura que aparece no padrão da luz refletida.

(2) Permite que a medição seja realizada sem os erros
15 decorrentes das flutuações da potência da fonte de luz.

(3) Elimina a lente divergente ou elemento difusor, pois a lente semi-cilíndrica que substitui o prisma usado na técnica convencional permite a geração de uma variedade de diferentes ângulos.

(4) Permite que as componentes real e imaginária do
20 índice de refração complexo sejam encontradas diretamente da faixa escura que aparece no padrão da luz refletida.

(5) Possui um número menor de componentes que o refratômetro convencional.

(6) Pode ser facilmente montado.
25

Embora a invenção tenha sido descrita com base em concretizações exemplificativas específicas, fica entendido que modificações poderão ser feitas por técnicos no assunto, permanecendo dentro do âmbito do conceito
30 inventivo original. Assim, por exemplo, a lente semi-

cilíndrica pode ser substituída por um prisma ou lente semi-esférica, o computador pode ser substituído por aparelho eletrônico dedicado, pode-se usar uma diversidade de porta-amostras, etc.. Também, os exemplos aqui
5 apresentados não restringem as aplicações do dispositivo, que pode ser utilizado para a medida de qualquer substância líquida ou gasosa.

REIVINDICAÇÕES

1. Refratômetro diferencial para medir o índice de refração e coeficiente de atenuação de um líquido em tempo real caracterizado por compreender:

- 5 uma fonte de luz (11);
 uma lente semi-cilíndrica (14);
 um analisador (16);
 um sensor de luz pixelado (17);
 um microcomputador (18).

10 2. Refratômetro diferencial, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a fonte de luz (11) possui largura de banda espectral estreita.

15 3. Refratômetro diferencial, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a fonte de luz (11) é selecionado do grupo consistindo de: um laser, um diodo emissor de luz (LED) ou uma lâmpada seguida de um monocromador ou filtro óptico de banda passante estreita.

20 4. Refratômetro diferencial, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a lente semi-cilíndrica (14) é feita com vidro denso de alto índice de refração.

 5. Refratômetro diferencial, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sensor de luz pixelado (17) é uni ou bidimensional.

25 6. Refratômetro diferencial, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente um polarizador (12), quando o feixe de luz emitido pela fonte de luz (11) não for polarizado.

FIG. 1

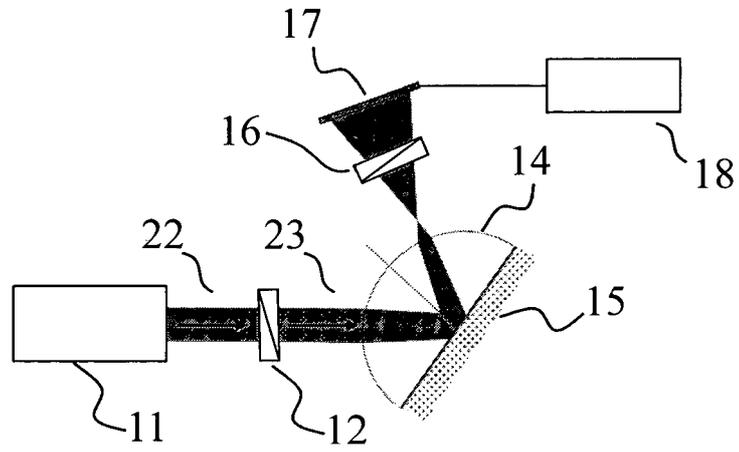


FIG. 2

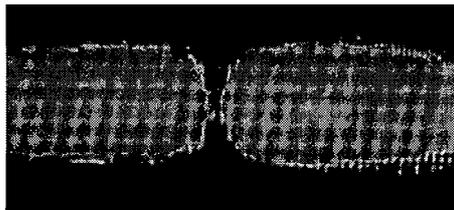


FIG. 3

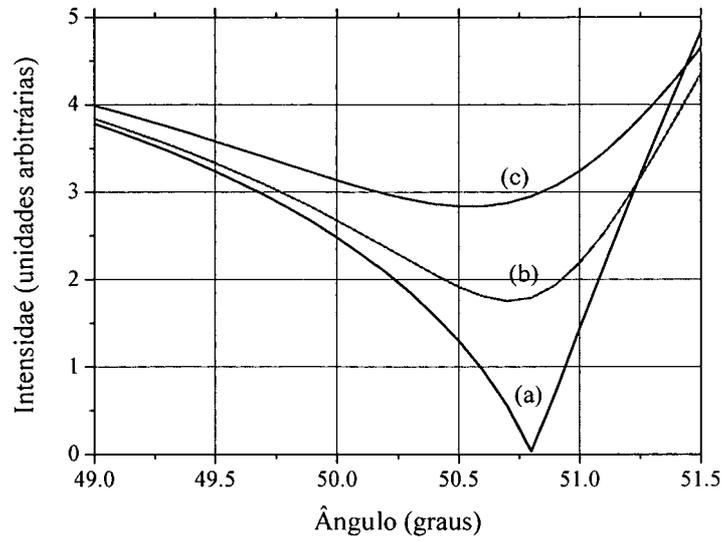


FIG. 4

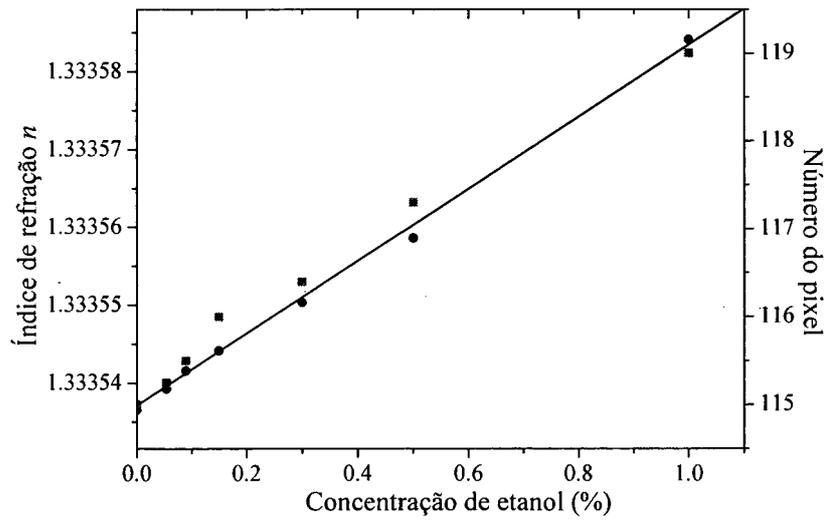


FIG. 5

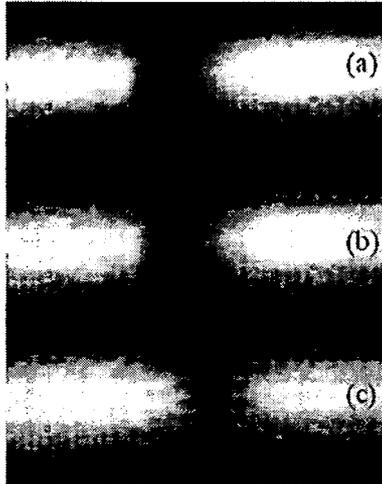
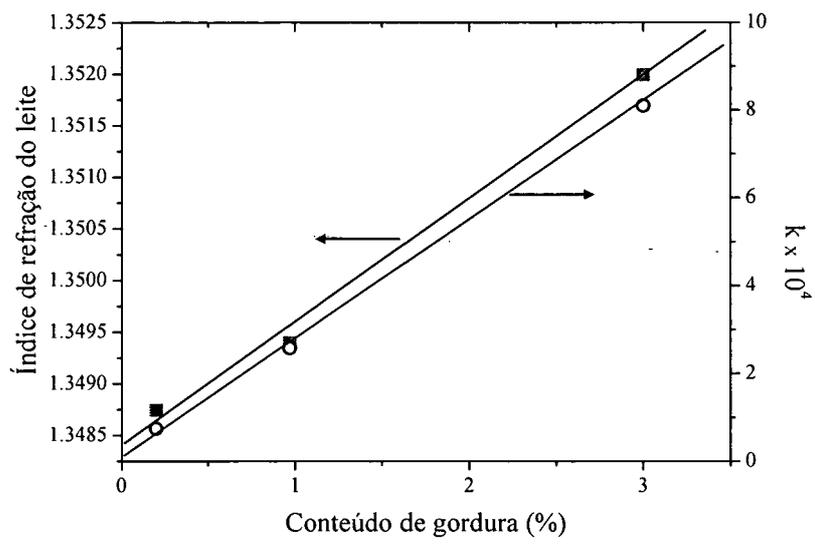


FIG. 6



Resumo**REFRATÔMETRO DIFERENCIAL PARA MEDIR O ÍNDICE DE REFRAÇÃO E
COEFICIENTE DE ATENUAÇÃO DE UM LÍQUIDO EM TEMPO REAL**

A presente invenção refere-se a um refratômetro
5 diferencial para a medida em tempo real do índice de
refração e coeficiente de atenuação de substâncias
líquidas, podendo estas serem transparentes, absorventes
e/ou turvas. O refratômetro da presente invenção
compreende: uma fonte de luz com largura de banda espectral
10 estreita; um polarizador que define a direção de
polarização da luz a 45° com o plano de incidência; uma
lente semi-cilíndrica feita com vidro de alto índice de
refração; um polarizador, denominado analisador, que
seleciona a polarização da luz refletida na base da lente
15 semi-cilíndrica em contato com a substância em análise; um
sensor de luz pixelado, uni ou bidimensional, para
aquisicionar o perfil espacial da luz refletida na base da
lente semi-cilíndrica em contato com a substância em
análise; um computador para analisar o perfil espacial da
20 luz refletida na base da lente semi-cilíndrica em contato
com a substância em análise e mostrar os resultados da
medição.