

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

(21) **PI 0711890-2 A2**

(22) Data de Depósito: 22/05/2007
(43) Data da Publicação: 10/01/2012
(RPI 2140)



(51) *Int.Cl.:*
G01N 21/958
G01B 11/30
G01M 11/00

(54) Título: MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA ENTRE UMA IMAGEM PRIMÁRIA E UMA IMAGEM SECUNDÁRIA GERADA POR UMA VIDRAÇA, PROGRAMA DE COMPUTADOR, E MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE UM ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA ENTRE UMA IMAGEM PRIMÁRIA E UMA IMAGEM SECUNDÁRIA GERADA POR UMA VIDRAÇA

(30) Prioridade Unionista: 23/05/2006 GB 0610148.9

(73) Titular(es): Otto-Seeling-Str, Pilkington Automotive Deutschland GMBH, Pilkington Group Limited

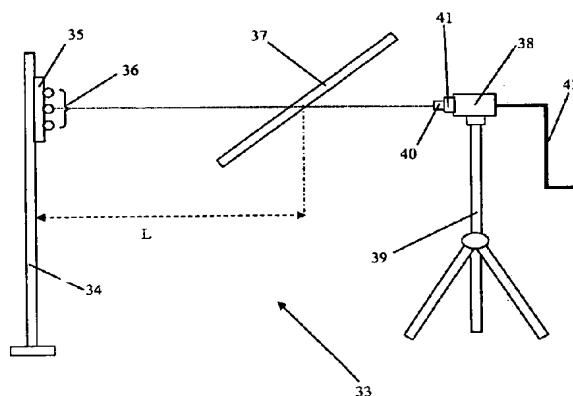
(72) Inventor(es): Ingo Bartsch, Simon Peter Aldred

(74) Procurador(es): Walter de Almeida Martins

(86) Pedido Internacional: PCT GB2007050282 de 22/05/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/135465 de 29/11/2007

(57) Resumo: MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA ENTRE UMA IMAGEM PRIMÁRIA E UMA IMAGEM SECUNDÁRIA GERADA POR UMA VIDRAÇA, PROGRAMA DE COMPUTADOR, E MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE UM ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA ENTRE UMA IMAGEM PRIMÁRIA E UMA IMAGEM SECUNDÁRIA GERADA POR UMA VIDRAÇA São divulgados métodos para determinação do ângulo de divergência entre uma imagem primária e uma imagem secundária gerada por uma vidraça. Em um primeiro método, uma vidraça é iluminada com uma fonte de luz e são capturadas mediante utilização de um dispositivo de captura de imagens uma imagem primária e uma imagem secundária da fonte de luz, gerada pela vidraça. A distância entre a imagem primária e a imagem secundária é determinada, e o ângulo de divergência é determinado com base nesta distância. Em um segundo método, as imagens primária e secundária são visualizadas sobre um alvo marcado com uma escala indicativa do ângulo de divergência. O ângulo de divergência é lido a partir da escala e das posições da imagem primária e da imagem secundária. Neste segundo método, a fonte de luz fica localizada no centro do alvo. Em ambos os métodos, a fonte de luz compreende pelo menos um diodo emissor de luz. Preferencialmente, o método é utilizado para exame das regiões de borda de uma vidraça.



**PI0711890-2**

MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA ENTRE UMA
IMAGEM PRIMÁRIA E UMA IMAGEM SECUNDÁRIA GERADA POR UMA
VIDRAÇA, PROGRAMA DE COMPUTADOR, E MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO
DE UM ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA ENTRE UMA IMAGEM PRIMÁRIA E UMA
5 IMAGEM SECUNDÁRIA GERADA POR UMA VIDRAÇA

A presente invenção refere-se a métodos para
inspeção de vidraças, e refere-se particularmente a métodos
para inspeção de vidraças automotivas.

Durante a produção, o vidro utilizado em vidraças
10 automotivas é inspecionado quanto a diversos defeitos que
podem afetar a qualidade ótica do produto acabado de
vidraça. Por exemplo, o vidro pode conter inclusões ou
falhas, tais como inclusões de sulfeto de níquel ou bolhas.
Alternativamente, o vidro pode ter defeitos adquiridos
15 durante o processamento, por exemplo falhas nas bordas, e
pontos e áreas brilhantes ("brillantatura" e "shiners")
decorrentes dos processos de corte e abrasão utilizados
para corte do vidro sob medida, e distorções, variações de
curvatura e espessura decorrentes dos processos de
20 cozimento e deflexão utilizados para conformação do vidro.

Um problema específico existente no vidro utilizado
para fabricação de pára-brisas e janelas traseiras de
veículos consiste no fato de ser observada uma imagem dupla
ou secundária na visualização de um objeto através do
25 vidro. O efeito é causado por variações de espessura dentro
do vidro, presentes em graus variáveis, e devido ao formato
da tela e possíveis erros de conformação introduzidos

durante a fabricação. A Figura 1 é uma ilustração esquemática da forma de surgimento de uma imagem secundária com um chanfro. Um observador 10 visualiza um objeto distante 11 através de um pára-brisa 12. O pára-brisa 12 varia de espessura na região através da qual o observador 10 está olhando. A tela atua efetivamente como um chanfro localizado que refrata a luz na passagem através do vidro. Na interface interna vidro/ar alguma luz é refletida na direção da interface externa vidro/ar, da qual eventualmente alguma luz é refletida em retorno na direção do motorista, que observa assim uma imagem secundária muito mais fraca deslocada por um ângulo θ relativamente à imagem primária. O ângulo θ indica a divergência da imagem secundária relativamente à imagem primária do objeto e depende da quantidade de chanfro ou curvatura existente no vidro no ponto de visualização.

Níveis excessivos de imagens secundárias perturbam o motorista de um veículo no qual o pára-brisa se encontra montado e causam igualmente preocupações de segurança. De acordo com a norma ECE R43, a quantidade de imagem secundária permissiva em um pára-brisa é medida em termos do ângulo de divergência θ entre a imagem primária e a imagem secundária. O ângulo de divergência máximo aceitável atualmente é de 15 minutos de arco.

A aprovação ou reprovação de uma vidraça de acordo com os critérios de imagem secundária da norma ECE R43 pode ser avaliada de duas maneiras, mediante utilização de um

alvo do tipo "anel-e-ponto" ("ring-and-dot") com iluminação traseira ou com utilização de um arranjo telescópico-colimador.

O teste de alvo de "anel-e-ponto" encontra-se
 5 ilustrado esquematicamente nas Figuras 2a e 2b. Conforme se encontra ilustrado na Figura 2a, o teste envolve a observação, por um observador 13, de um alvo tipo "anel-e-ponto" 14 posicionado sobre uma caixa de luz 15 (contendo uma fonte de luz adequada 16, tal como uma lâmpada de
 10 filamento de tungstênio) através de uma amostra de teste de vidraça 17. A vidraça 17 é colocada a uma distância 1, mais de 7 metros afastada da caixa de luz 15, disposta sobre um suporte (não ilustrado) com um ângulo de inclinação ϕ simulando o ângulo em que será instalada no veículo,
 15 tipicamente um ângulo de 60° . O alvo tipo "anel-e-ponto" 14 é projetado para proporcionar um simples resultado positivo ou negativo. Conforme se encontra ilustrado na Figura 2b, o alvo tipo "anel-e-ponto" 14 compreende um ponto 18 com um diâmetro de 2 mm, posicionado no centro de um anel 19, com
 20 uma espessura de 3 mm. A distância D entre a borda do ponto 18 e o ponto mais próximo no interior 19 do anel sub-tende um ângulo de 15 minutos de arco a um ponto situado a uma distância 1 do observador 13. A medida de D é dada pela fórmula:

$$25 \quad D = 1 \cdot \tan(15')$$

Se a imagem secundária do ponto central parecer tocar a imagem primária do anel externo ou se situar fora da imagem

primária do anel externo, a vidraça é reprovada no teste.

O teste apresenta desvantagens. Em primeiro lugar, ele consiste meramente em uma medição qualitativa de imagem secundária. Muito embora diversas regiões da vidraça possam ser testadas, é difícil visualizar a forma como a imagem secundária varia através da vidraça ou criar um perfil de variações da imagem secundária. Somente poderia ser produzido um perfil ilustrando áreas aprovadas ou reprovadas no teste. Em segundo lugar, a quantidade perceptível de imagem secundária observada pode variar de observador para observador tornando difícil garantir a confiabilidade do teste.

As Figuras 3a e 3b ilustram esquematicamente a configuração do teste de telescópio-colimador. Este teste é vantajoso em comparação com o teste de alvo de anel-e-ponto, já que proporciona medições quantitativas de imagem secundária.

A Figura 3a é um corte transversal esquemático da configuração para o teste de colimação. Um colimador forma uma imagem de um sistema de coordenadas polares, possuindo um ponto brilhante em seu centro (de uma fonte de luz pontual), no infinito. Em um telescópio de observação, um pequeno ponto opaco, com um diâmetro ligeiramente maior que o do ponto brilhante projetado, é disposto no eixo ótico no plano focal. Uma folha de vidro é colocada entre o telescópio de colimação e o telescópio de observação. Se a folha de vidro

apresentar imagem secundária, este fato será detectado com o telescópio de observação e será quantificado mediante utilização de um sistema de coordenadas polares.

A Figura 3b ilustra o sistema de coordenadas polares utilizado para determinação do ângulo entre as imagens primária e secundária. Alternativamente um alvo no telescópio de observação 22 ou uma grade no telescópio de colimação 20 podem ser marcados com as coordenadas. Os eixos principais 25 são marcados em torno do círculo a intervalos de 30° . Cada eixo é marcado radialmente a partir do centro do círculo em minutos de arco. Estas marcações não são ilustradas para maior clareza. Se a folha de vidro 24 apresentar uma imagem secundária, aparece um ponto tênue 27 a uma certa distância do centro de coordenadas polares. Este ponto tênue 27 é a imagem secundária da fonte de luz 21. O ponto escuro 28 representa o centro do campo de visão, e é causado pelo ponto opaco 23 no telescópio de observação. O propósito do ponto opaco consiste em bloquear a imagem primária brilhante, que de outra forma interferiria na localização do ponto secundário tênue. O ângulo de divergência (o grau de separação entre as imagens) é então lido em termos de minutos de arco diretamente da escala de coordenadas polares.

Entretanto, este método também apresenta desvantagens. Muito embora proporcione uma estimativa quantitativa do grau de distorção do vidro, o sistema precisa ser cuidadosamente alinhado e posicionado

manualmente para cada folha de vidro individual a ser inspecionada. Também neste caso é necessário um operador para interpretar a posição da imagem secundária para determinação do ângulo de divergência. Para produção de um
5 perfil indicando o ângulo da imagem secundária através da folha de vidro é necessário realizar manualmente muitas centenas de medições através da superfície inteira do vidro. Este processo é demorado e pouco prático. Além disso, o ponto secundário pode também ser muito difícil de
10 visualizar devido a sua baixa intensidade.

A presente invenção busca solucionar estes problemas mediante provisão, em um primeiro aspecto, de um método para determinação do ângulo de divergência entre a imagem primária e a imagem secundária gerada por uma
15 vidraça, compreendendo a iluminação da vidraça com uma fonte de luz, a captura da imagem primária e da imagem secundária da fonte de luz gerada pela vidraça com utilização de um dispositivo de captura de imagens, a determinação da distância entre a imagem primária e a
20 imagem secundária, e com utilização da distância, o cálculo do ângulo de divergência entre a imagem primária e a imagem secundária.

Mediante a utilização de um dispositivo de captura de imagens, e dessa forma mediante automatização de uma
25 parte do processo de inspeção, é possível eliminar as incertezas associadas à utilização de observadores individuais para medição de um ângulo de divergência

quantificado para uma vidraça específica.

A vidraça pode ser iluminada em transmissão. Preferencialmente, o dispositivo de captura de imagens é uma câmera de semicondutor de óxido metálico combinado
5 ("Combined Metal Oxide Semiconductor" - CMOS). A fonte de luz é preferencialmente um arranjo de diodo emissor de luz ("Light Emitting Diode" - LED). O arranjo pode compreender pelo menos dois LED's. Preferencialmente, o arranjo compreende três LED's. Preferencialmente, uma imagem
10 primária e uma imagem secundária são geradas para cada LED no arranjo. Os LED's no arranjo podem ser alinhados ao longo de uma linha com uma inclinação de 45°.

Preferencialmente, a fonte de luz é um arranjo de LED's compreendendo três LED's alinhados ao longo de uma
15 linha com uma inclinação de 45°.

Preferencialmente, o ângulo de divergência é determinado em uma região de borda da vidraça.

Adicionalmente, o método pode incluir as etapas de cálculo de ângulo de divergência em uma pluralidade de
20 pontos na vidraça; e geração de um perfil de ângulo de divergência da vidraça.

A vidraça pode consistir em uma única camada de vidro. Alternativamente, a vidraça pode ser uma vidraça laminada, compreendendo duas camadas de vidro possuindo uma
25 camada intermediária laminada entre as mesmas.

A presente invenção também proporciona um programa de computador, que quando é executado em um computador faz

o computador executar as etapas de captura de uma imagem compreendendo uma pluralidade de objetos, gerada por uma vidraça iluminada por uma fonte de luz com utilização de um dispositivo de captura de imagens; duplicação dos objetos formando um primeiro e um segundo conjuntos; para o primeiro conjunto: cálculo de séries de valores médios locais da intensidade dos objetos; computação e aplicação de limiares de intensidade locais com base nos valores médios; manutenção de um sub-conjunto dos objetos menos intensos; determinação das posições centrais de dimensões de cada um dos objetos no subconjunto; para o segundo conjunto: aplicação de uma segunda série de limiares de intensidade locais; manutenção de um subconjunto dos objetos mais intensos; determinação das posições centrais e dimensões de cada um dos objetos em cada subconjunto; realização de uma verificação para determinar se todos os objetos no primeiro subconjunto e no segundo subconjunto são provenientes da mesma fonte de luz; quando todos os objetos forem provenientes da mesma fonte de luz: triagem dos objetos em cada subconjunto por posições de coordenadas X e Y; combinação de correspondentes pares de objetos do primeiro e do segundo subconjunto; determinação da distância entre cada objeto em cada par correspondente; e cálculo de um ângulo de divergência utilizando a distância.

25 A verificação para determinar se todos os objetos no primeiro subconjunto e no segundo subconjunto são provenientes da mesma fonte de luz compreende as etapas de

determinação do número de objetos no primeiro subconjunto;
determinação do número de objetos no segundo subconjunto;
cálculo do gradiente de uma linha ligando os objetos no
primeiro subconjunto; rejeição de objetos no segundo
5 subconjunto que se encontrarem em uma linha possuindo um
gradiente diferente e re-determinação do número de objetos
no segundo subconjunto.

A presente invenção também proporciona, em um
segundo aspecto, um método para determinação de um ângulo
10 de divergência entre uma imagem primária e uma imagem
secundária geradas por uma vidraça, compreendendo a
iluminação da vidraça com uma fonte de luz, visualização da
imagem primária e da imagem secundária da fonte de luz
geradas pela vidraça sobre um alvo, em que o alvo é marcado
15 com uma escala indicando o ângulo de divergência entre a
imagem primária e uma imagem secundária, e determinação do
ângulo de divergência a partir da escala no alvo e das
posições das imagens primária e secundária, em que a fonte
de luz fica localizada no centro do alvo.

20 Mediante utilização de um alvo possuindo uma escala
marcada e uma fonte de luz no centro, é possível
proporcionar uma medida quantitativa simples do ângulo de
divergência, sem necessidade dos alinhamentos óticos de
grande precisão da técnica anterior.

25 Preferencialmente, o alvo é circular, e a escala
compreende uma série de anéis concêntricos. Mais
preferencialmente, os anéis concêntricos dispõem-se a

intervalos de 2 minutos de arco. A fonte de luz pode consistir em um diodo emissor de luz.

A vidraça pode consistir em uma camada única de vidro. Alternativamente, a vidraça pode consistir em uma
5 vidraça laminada, compreendendo duas camadas de vidro com uma camada intermediária laminada entre as mesmas.

Preferencialmente, a vidraça inspecionada é uma vidraça automotiva. Mais preferencialmente, a vidraça consiste em um pára-brisa ou uma janela traseira de um
10 veículo.

A presente invenção será agora descrita a título meramente exemplar, e com referência aos desenhos que se encontram em anexo, nos quais:

A Figura 1, referida acima, é uma representação
15 esquemática da geração de imagens secundárias;

a Figura 2a, referida acima, é uma vista esquemática de corte transversal da configuração de teste para um teste de alvo;

a Figura 2b, referida acima, é uma vista frontal
20 esquemática de um alvo;

a Figura 3a, referida acima, é uma vista esquemática de corte transversal da configuração de teste para um teste de colimação;

a Figura 3b, referida acima, ilustra o sistema de
25 coordenadas polares utilizado no teste de colimação;

a Figura 4 é uma ilustração esquemática de um arranjo de LED's e um alvo utilizados em um primeiro

sistema de medição de imagem secundária;

a Figura 5 é uma ilustração esquemática da configuração do primeiro sistema de medição de imagem secundária;

5 a Figura 6 é uma ilustração esquemática da vista da câmera na Figura 5;

a Figura 7 é um diagrama de fluxo de um algoritmo de cálculo utilizado no primeiro sistema de medição de imagem secundária;

10 a Figura 8 é um diagrama de fluxo de um algoritmo de verificação de plausibilidade utilizado no primeiro sistema de medição de imagem secundária;

a Figura 9 é um gráfico ilustrativo de uma comparação de valores medidos e calculados de ângulos de
15 divergência de imagem secundária para um pára-brisa;

a Figura 10 é uma ilustração esquemática de uma configuração para coleta automatizada de dados mediante utilização do primeiro sistema de medição de imagem secundária;

20 a Figura 11 é uma ilustração esquemática do dispositivo de suporte de câmera utilizado na Figura 10;

a Figura 12 é uma ilustração esquemática de um segundo sistema de medição de imagem secundária; e

a Figura 13 é uma ilustração esquemática de um alvo
25 para utilização com o segundo sistema de medição de imagem secundária.

Uma solução para o problema de assegurar uma

medição precisa e confiável de imagens secundárias, particularmente daquelas situadas na região da borda de uma vidraça, consiste na provisão de um sistema de medição quantitativa em que a aquisição e processamento dos dados
5 sejam automatizados. Esta é a abordagem feita em um primeiro aspecto da presente invenção.

A Figura 4 ilustra um alvo 29 para utilização com um sistema quantitativo de medição de imagem secundária. Um arranjo constituído por três diodos emissores de luz
10 (LED's) 30, 31, 32 é posicionado com os LED's afastados por distâncias de 60 mm uns dos outros ao longo de uma linha A-A' com uma inclinação de 45° sobre um alvo 29 com uma dimensão de 250 mm por 250 mm. Os LED's neste exemplo emitem luz verde com uma potência de 3 W. Os LED's são
15 extremamente úteis como fontes de luz em sistemas óticos de medição na medida em que proporcionam uma fonte de luz brilhante praticamente na forma de um ponto. A utilização de um arranjo de três LED's com ângulo de inclinação é vantajosa para realização de medições na proximidade da
20 borda de uma vidraça.

A Figura 5 ilustra a configuração experimental para um primeiro sistema de medição de imagem secundária. O sistema 33 compreende um suporte 34 sobre o qual são montados o alvo 35 e o arranjo de LED's 36. O suporte 34 é
25 posicionado a uma distância L de uma vidraça 37. Preferencialmente, $L = 7,5$ metros. Uma câmara de semicondutor de óxido metálico complementar ("Complementary

Metal Oxide Semiconductor" - CMOS) 38 (disponibilizada com a referência A601f-HDR pela empresa Basler AG, An der Strusbek 60-62, D-22926, Ahrensburg, Alemanha) é montada sobre um tripé 39. Uma lente 40 do tipo "c-mount", com
5 distância focal $f=100$ mm é utilizada para formação da imagem do arranjo de LED's 36 para a câmera CMOS 38. Um polarizador linear 41 é montado entre a lente 40 e a câmera CMOS 38 para reduzir o contraste entre as imagens primária e secundária do arranjo de LED's 36, mediante supressão dos
10 componentes não refletidos da luz incidente. A câmera CMOS 38 é ligada a um computador (não ilustrado) através de uma conexão FireWire™ 42. O computador executa um programa de captura de imagens em tempo real, por exemplo utilizando LabView™, e um algoritmo de processamento, conforme se
15 encontra descrito abaixo.

A câmera CMOS 38 tem uma pluralidade de pixels, cada um dos quais compreende um foto-diodo que converte luz para carga elétrica, um conversor de carga-para-voltagem, um transistor de restauração e seleção e um amplificador. A
20 temporização e sinais de leitura e um arranjo de interconexões de sinal de saída de coluna são providos por uma grade metálica que fica disposta em sobreposição sobre o sensor inteiro. Os componentes eletrônicos de multiplexação são dispostos em uma coluna fora do arranjo
25 de pixels e são ligados às linhas da coluna. Os sinais do arranjo são lidos com utilização de endereçamento X-Y.

A imagem capturada pela câmera CMOS 38 encontra-se

ilustrada na Figura 6. São observados três pontos brilhantes 43, 44, 45, que constituem as imagens primárias do arranjo de LED's 36. São igualmente observados três pontos mais tênues 46, 47, 48, cada um dos mesmos a uma
 5 distância de deflexão constante D relativamente a um ponto mais próximo dos pontos brilhantes 43, 44, 45. Estas são as imagens secundárias do arranjo de LED's 36, e cada uma das mesmas corresponde a um dos pontos brilhantes 43, 44, 45.

Na medida em que a distância entre os LED's no
 10 arranjo 36 é conhecida, é possível calibrar os pixels da câmara em mm/pixel, com base na distribuição das imagens primárias. O valor mm/pixel é então utilizado para determinar a distância de deflexão d de qualquer um dos pontos de imagem secundária relativamente a seu ponto
 15 brilhante correspondente, em milímetros. O ângulo de divergência entre a imagem primária e a imagem secundária é então calculado com a utilização da equação:

$$\theta = \text{arco-tangente}(d/L)$$

em que tanto d quanto L se encontram em milímetros. Para o
 20 exemplo discutido acima, o ângulo de divergência é igual a:

$$\theta = \text{arco-tangente}(d/7500)$$

Para determinação do ângulo de divergência o sistema de medição de imagens secundárias deverá ser capaz de localizar a posição tanto dos pontos brilhantes de
 25 imagem primária quanto dos pontos mais tênues de imagem secundária. A detecção dos pontos mais tênues de imagem secundária poderá tornar-se difícil em certas condições de

iluminação, por exemplo, se existir um excesso de luz residual na sala em que as medições são realizadas, e/ou se o sistema de medição não for adequadamente configurado. É igualmente possível que a câmera CMOS 38 detecte pontos
5 tênuos de outras fontes de luz dentro da sala. Desta forma, uma das principais tarefas do sistema consiste em diferenciar pontos "reais", gerados pelo arranjo de LED's 36, de pontos "falsos", gerados por outras fontes de luz.

O sistema compreende um computador que executa um
10 algoritmo para identificação de objetos na imagem, que são os pontos brilhantes e os pontos escuros, e calcular o ângulo de divergência.

Os pontos brilhantes podem ser encontrados mediante a simples aplicação de um limiar fixo à imagem da câmera e
15 seleção dos três maiores pontos. Os pontos secundários tênues são mais difíceis de detectar confiavelmente devido a possíveis variações de condições de iluminação. Poderá ser utilizada uma técnica semi-automática de estabelecimento de limiar, em que o valor médio de cinza da
20 imagem é combinado com um limiar definido por um usuário. Desta forma, o sistema pode ser facilmente adaptado para trabalhar em diferentes condições de iluminação. Somente os três pontos menores da imagem submetida a processamento de limiar são selecionados e retidos para processamento
25 adicional. O algoritmo utilizado também realiza uma verificação de plausibilidade para determinar se os pontos selecionados são adequados para realização de cálculos de

ângulo de divergência. Entretanto, é preferencial utilizar um sistema de limiares locais, em que para cada área local é calculado um valor médio de iluminação, e é aplicado um valor de limiar relativo a este valor médio, conforme se
5 descreve abaixo.

A Figura 7 é um diagrama de fluxo ilustrativo do algoritmo de cálculo. Na etapa 101, é capturada a imagem dos pontos brilhantes e escuros. Na etapa 102 a imagem é duplicada para utilização em processamento. Considerando-se
10 o processo para determinação dos pontos secundários tênues em primeiro lugar, mediante utilização da primeira imagem, na etapa 103 é calculado o valor médio da intensidade de todos os pixels disponíveis em uma área local. Isto é realizado mediante cálculo de um primeiro valor de média de
15 intensidade de todos os pixels dentro de uma pequena área quadrada, em uma primeira posição, deslocando-se o quadrado para uma segunda posição e calculando-se um segundo valor de média de intensidade. Na etapa 104, um limiar relativo local
20 médio) é calculado e aplicado a cada quadrado. Na etapa 106, todos os pontos exceto dos três pontos menores são removidos. Na etapa 107, as posições centrais e dimensões dos pontos são determinadas. O processo para determinação dos pontos brilhantes é realizado simultaneamente, com
25 utilização de uma segunda imagem. Na etapa 108 é determinado e aplicado um limiar relativo local. Na etapa 109, todos os pontos com exceção dos mais brilhantes são

removidos. Na etapa 110 são determinadas as posições dos centros e as dimensões dos pontos. Os resultados de ambos os processos são combinados, e uma verificação de plausibilidade é aplicada na etapa 111. Esta verificação de plausibilidade é descrita mais detalhadamente com relação à Figura 8. Se a resposta à verificação de plausibilidade for "sim", o algoritmo prossegue com a etapa 112 para triagem dos pontos por posições de coordenadas X e em seguida por posições de coordenadas Y. Na etapa 113 são combinados pares correspondentes de pontos tênues (secundários) e pontos brilhantes (primários). Na etapa 114, a distância entre o ponto brilhante central e um ponto brilhante externo, bem como a distância entre cada ponto brilhante e seu correspondente ponto tênue são medidas. Na etapa 115, o ângulo de divergência é calculado das distâncias entre os pontos. Após este processo ter sido completado, o algoritmo é novamente iniciado, e retorna para a etapa 112. Se a resposta à verificação de plausibilidade na etapa 111 for "não", o algoritmo é novamente iniciado e retorna para a etapa 101.

A Figura 8 é um diagrama de fluxo ilustrativo da verificação de plausibilidade. O algoritmo tem início na etapa 117. Na etapa 118 é realizada uma contagem do número de pontos brilhantes e pontos tênues. Na etapa 119, se o número de pontos brilhantes e o número de pontos tênues for três, o algoritmo prossegue para a etapa 120. Na etapa 120, se as distâncias entre os pontos brilhantes e as distâncias

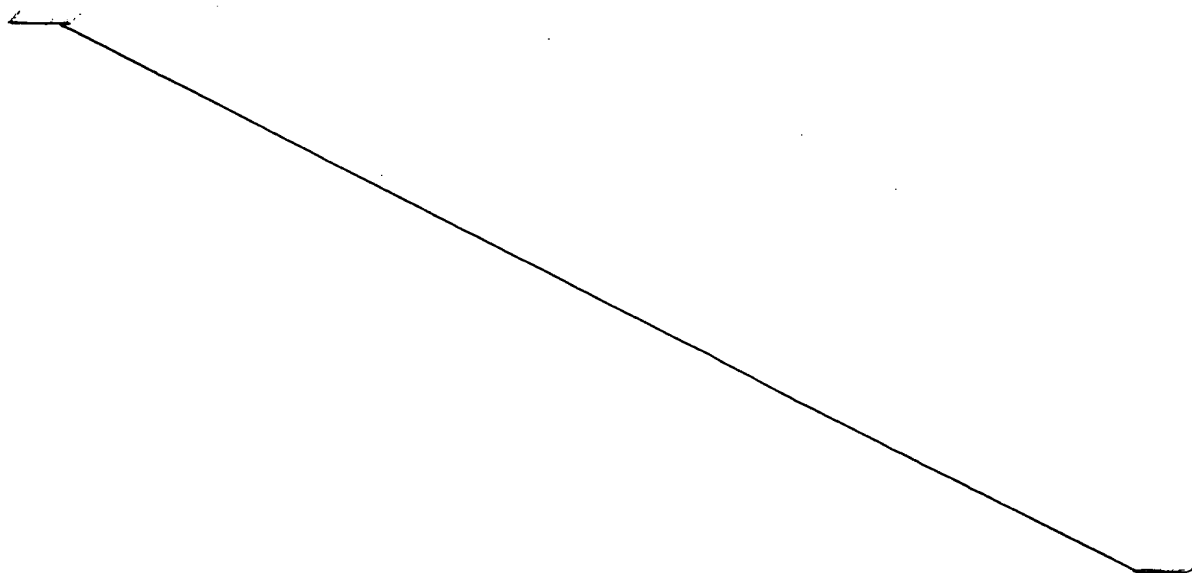
entre os pontos tênues forem aproximadamente iguais, é declarado êxito na etapa 122 e a verificação de plausibilidade 111 responde "sim". Se as distâncias entre os pontos forem diferentes, na etapa 123 é declarado um
5 insucesso e a verificação de plausibilidade responde "não". Entretanto, se a resposta na etapa 119 for não, na etapa 121 se o número de pontos brilhantes for de pelo menos dois e o número de pontos tênues for de pelo menos dois, o algoritmo prossegue para a etapa 124. Na etapa 124, a
10 distância entre os pontos brilhantes é calculada e comparada com a distância entre os pontos tênues para ser determinado se dois dos pontos tênues e dois dos pontos brilhantes são de fato os dois pontos externos do arranjo de três pontos. Se a resposta na etapa 124 for sim, na
15 etapa 126 é declarado êxito, e a verificação de plausibilidade 111 responde "sim". Se a resposta na etapa 124 for não, na etapa 125 é declarado um insucesso e a verificação de plausibilidade 111 responde "não". Se a resposta na etapa 121 for não, na etapa 125 é declarado um
20 insucesso e a verificação de plausibilidade 111 responde "não".

Após o ângulo de divergência ter sido calculado, o mesmo é produzido na forma de saída para um operador através de uma tela de visualização ligada ao computador.

25 Para determinação da precisão do sistema foram realizados dois testes de determinação de precisão do sistema. Em primeiro lugar, uma série de chanfros de

referência ótica, disponibilizados pela empresa Optical Works Limited, Ealing Science Centre, Treloggan Lane, Newquay, Cornwall, TR7 1HX, Reino Unido, foram utilizados para determinação do desvio do sistema. Os chanfros de
5 referência abrangeram uma faixa de 0 até 30 minutos de arco, com a imagem secundária gerada por cada chanfro sendo medida pelo sistema. Foram realizadas duas séries de medições, proporcionando um erro de valor quadrático médio de 0,4 minutos de arco e 0,3 minutos de arco,
10 respectivamente.

Em segundo lugar foram examinadas as variações dos resultados para diferentes operadores. Foram definidas sobre um pára-brisa seis zonas de medição com 40 mm x 40 mm de tamanho. Quatro operadores foram solicitados a
15 realizarem três medições por peça, e os resultados encontram-se registrados na Tabela 1 abaixo. Cada medição encontra-se em minutos de arco.



Número de Amostra	1	2	3	4	5	6
Operador 1	13	9,8	7,1	7,6	9,6	12,9
	13,3	9,7	7,4	7,6	9,6	12,9
	13,1	9,2	7,2	7,6	9,5	13
Faixa	0,3	0,6	0,3	0	0,1	0,1
Operador 2	13,3	9,7	7,4	7,7	9,9	12,9
	13,1	10	7,1	7,6	9,9	13
	12,9	9,8	7,1	8,1	9,9	12,8
Faixa	0,4	0,3	0,3	0,5	0	0,2
Operador 3	13,3	10,2	7,1	8,2	10	12,9
	13,3	9,9	7,2	8	10	12,9
	12,9	10,2	7,4	8	10	12,9
Faixa	0,4	0,3	0,3	0,2	0	0
Operador 4	12,9	9,3	7,3	7,9	9,6	13
	13,6	9,5	7,1	7,8	9,6	13
	13,5	9,5	7,3	7,9	9,8	12,9
Faixa	0,7	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1

Tabela 1 Medições de imagem secundária feitas por quatro operadores e respectivas faixas

O desvio padrão estimado σ_e para repetição, a variação das leituras de cada operador, é dado por

$$\sigma_e = \frac{R_BAR}{d_2} = \frac{0.2575}{1.693} = 0.152$$

5

em que R_BAR é a média da faixa (em que a faixa é a diferença entre as leituras máximas e mínimas para cada operador em cada peça determinada) e d_2 é uma constante, determinada pelo número de itens na amostra, vide por

exemplo "Business Statistics An Introductory Course" [*Curso de Introdução à Estatística Comercial*], de Ken Black, ISBN 0-314-92219-9.

A repetibilidade é dada por

$$5 \quad \text{REPETIBILIDADE} = 5,15 \times \sigma_e = 0,78$$

em que 5,15 é uma constante, e representa 99% dos resultados para uma distribuição normal.

A reproducibilidade, ou variação entre operadores, é determinada encontrando-se a média geral para cada
10 operador e em seguida a faixa de médias dos operadores, R_0 , mediante subtração do menor valor médio do maior valor médio. Dos números dados acima na Tabela 1,

$$R_0 = 10,24 - 10,22 = 0,22$$

O desvio padrão de operador estimado é portanto:

$$15 \quad \frac{R_0}{d_2^*} = \frac{0,22}{2,24} = 0,098$$

e a reproducibilidade

$$5,15 \times \frac{R_0}{d_2^*} = 0,506$$

A reproducibilidade ajustada levando em conta a variação de calibre é dada por:

$$20 \quad = \sqrt{\left[\left(\frac{R_0}{d_2^*}\right)^2 - \left(\frac{5,15 \times \sigma_e}{\sqrt{nr}}\right)^2\right]}$$

$$= \sqrt{[0,506^2 - \left(\frac{5,15 \times 0,152}{\sqrt{6 \times 3}}\right)^2]} = 0,47$$

em que n é o número de peças e r é o número de ensaios. O

desvio padrão de operador ajustado é portanto

$$\sigma_o = \frac{0.47}{5.15} = 0.091$$

e o desvio padrão do sistema de medição, σ_m é

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma_o^2 + \sigma_e^2} = 0.178$$

5 e a variação de calibre do sistema, é

$$5,15 \times \sigma_m = 0,91.$$

A variação de calibre do sistema é portanto dominada pelo instrumento propriamente dito, e não pelos operadores. Desta forma, diferentemente dos sistemas da
10 técnica anterior, a precisão do ângulo de divergência medido é virtualmente não afetada pelo operador que realiza as medições.

As medições obtidas com utilização do sistema de medição de imagem secundária do primeiro aspecto da
15 presente invenção foram igualmente comparadas com previsões modeladas em computador, com base em medições CNC. A Figura 9 é um gráfico ilustrativo da comparação entre duas medições obtidas com utilização do sistema de medição de imagem secundária ("SIMA 1" e "SIMA 2") e dois cálculos
20 ("CNC 1" e "CNC 2") realizados ao longo de um eixo geométrico vertical de um pára-brisa. A escala do eixo de ordenadas x é ilustrada com 0 mm no topo do pára-brisa. Pode ser observado que as medições realizadas com o sistema de medição de imagem secundária são passíveis de repetição
25 e são precisas, e concordam em termos de magnitude com os

cálculos de modelagem baseados em medições CNC. Uma possível causa de diferenças entre as medições e os cálculos seria uma leitura feita pelo sistema de medição de imagem secundária em pontos com espaçamentos muito mais
5 apertados que o sistema de medição CNC. Isto produz como resultado uma certa suavização dos dados de imagem secundária pelo modelo, que é detectada utilizando-se o sistema de medição de imagem secundária.

É possível utilizar o sistema para provisão de uma
10 única medição, ou realizar uma série de medições para produção de um perfil. Um tal perfil pode ser produzido mediante realização de medições em uma série de pontos através de uma vidraça mediante reposicionamento da vidraça e/ou da câmara e alvo manualmente, ou mediante
15 automatização da coleta de dados. Tanto as folhas únicas de vidro, por exemplo, vidro endurecido, e as vidraças laminadas, estas compreendendo tipicamente duas camadas de vidro recozido possuindo uma camada intermediária laminada entre as mesmas, podem ser inspecionadas com utilização do
20 sistema. Em vidraças laminadas, o ângulo de divergência poderá ser decorrente de variações de espessura de uma camada de vidro ou do laminado.

A Figura 10 é uma ilustração esquemática de um sistema de medição de imagem secundária para coleta
25 automática de dados. O sistema 49 compreende um arranjo de LED's 50 montado sobre um alvo 51 suportado sobre um suporte 52. Uma vidraça 53 é montada sobre um suporte 54,

que permite que o posicionamento da mesma seja feito variar em ambas as direções X e Y, e que a vidraça seja inclinada com um ângulo de inclinação ϕ . Uma câmera CMOS 55 (possuindo um polarizador e uma lente associados, não 5 ilustrados) é montada sobre um suporte 56. O suporte 56 permite que a câmera 55 seja movimentada em ambas as direções X e Y. A câmera 55 é ligada a um computador (não ilustrado) por meio de uma conexão FireWire™ 57.

A Figura 11 é uma vista esquemática frontal do 10 suporte 56. O suporte compreende uma moldura externa 58 e um elemento de suporte 59. A câmera 55 é montada sobre o elemento de suporte por meio de um pivô de esfera e soquete 60. O pivô 60 permite que a câmera seja inclinada para assegurar um alinhamento preciso entre a câmera 55, a 15 vidraça 53, e o conjunto de LED's 50. Dois ponteiros de laser 61, 62 são acoplados à câmera 55. Os ponteiros de laser 61, 62 são utilizados para identificação do ponto de medição, e também para auxiliarem o alinhamento da câmera 55. O elemento de suporte 59 tem a forma de um dispositivo 20 deslizando vertical, de tal forma que a câmera 55 pode ser deslocada para qualquer posição sobre o elemento 59 e travada na posição. O elemento de suporte 59 é móvel lateralmente sobre trilhos no quadro de suporte 58, para permitir medições de varredura raster através da área 25 inteira da vidraça. Uma imagem 2-D da vidraça, com pontos de medição espaçados a distâncias aproximadas de 100 mm pode ser obtida em menos de 30 minutos. O computador

executa o algoritmo e permite que o operador posicione a câmera. Este posicionamento pode ser resultante de comandos informados manualmente ou de um programa executado pelo computador.

5 Muito embora no sistema referido acima seja utilizado um alvo compreendendo três LED's, o sistema é igualmente capaz de trabalhar com um alvo de dois LED's, e um ajuste adequado dos diversos algoritmos de processamento. Nos exemplos acima foi utilizada uma câmera
10 CMOS como dispositivo de captura de imagens. Entretanto, é igualmente possível utilizar uma câmera do tipo de dispositivo de acoplamento de carga ("Charge Coupled Device" - CCD) como dispositivo de captura de imagens.

 Este primeiro sistema de medição de imagem
15 secundária proporciona muitas vantagens relativamente aos testes de colimação e alvo da técnica anterior. É possível obter-se uma medição quantitativa precisa de ângulo de divergência, bem como um perfil completo da vidraça sendo inspecionada. O processo de medição pode ser automatizado.
20 Adicionalmente, o posicionamento da vidraça pode ser automatizado, por exemplo, mediante utilização de um robô para posicionamento de vidraças sobre um suporte para fins de teste. Isto permite que o sistema seja incluído em uma linha de produção.

25 Um segundo aspecto da presente invenção proporciona uma solução adicional para o problema de quantificação do ângulo de divergência, particularmente na região da borda

de uma vidraça, conforme se encontra ilustrado nas Figuras 12 e 13. A Figura 12 ilustra a configuração esquemática de um segundo sistema de imagem secundária. A configuração em geral é semelhante àquela ilustrada na Figura 2a. Um observador 63 visualiza um alvo 64 através de uma vidraça 65, disposta a uma distância S de afastamento do alvo 64. O alvo 64 é iluminado centralmente por um LED 66, por exemplo, um LED verde. S é preferencialmente maior que ou igual a 7 metros. A Figura 13 ilustra o alvo para utilização no segundo sistema de medição de imagem secundária. O alvo 64 compreende uma série de anéis concêntricos 67, posicionados a intervalos de 2 minutos de arco. Os anéis para 10 minutos de arco 68 e para 20 minutos de arco 69 encontram-se ilustrados com uma cor diferente. Isto pode ser obtido colorindo-se ou iluminando-se o alvo de forma apropriada. Quando é feita a visualização através de uma vidraça na qual se encontra presente uma distorção, é observada uma imagem secundária 70 do LED 66, deslocada em vários anéis 67 relativamente ao centro do alvo 64. O ângulo de divergência é determinado pelo anel 67 relativamente ao qual a imagem secundária 70 se encontra em sobreposição ou proximidade, possibilitando a obtenção de uma precisão de ± 1 minuto de arco. O sistema pode ser utilizado por um operador, por exemplo, realizando medições manuais através de um par de binóculos ou outro dispositivo de formação de imagens. Este segundo sistema de medição de imagem secundária é vantajoso relativamente tanto ao teste

de alvo quanto ao teste de colimação, já que proporciona uma medição quantitativa simples do ângulo de divergência sem requerer uma configuração ótica complexa. O sistema pode ser utilizado ao invés de ou em seqüência com o

5 primeiro sistema de medição de imagem secundária descrito acima, para triagem de vidraças para testes adicionais. Tanto as folhas únicas de vidro, por exemplo, vidro endurecido, e as vidraças laminadas, estas compreendendo tipicamente duas camadas de vidro recozido possuindo uma

10 camada intermediária laminada entre as mesmas, podem ser inspecionadas com utilização do sistema. Em vidraças laminadas, o ângulo de divergência poderá ser decorrente de variações de espessura de uma camada de vidro ou do laminado.

15 Preferencialmente, as vidraças inspecionadas com utilização de qualquer um ou ambos os sistemas são pára-brisas. Entretanto, o sistema pode ser utilizado para detecção de distorções e defeitos causadores de geração de imagens secundárias em outras vidraças automotivas, tais

20 como janelas traseiras, janelas laterais e tetos solares, ou outras vidraças, tais como vidraças utilizadas em arquitetura.

- REIVINDICAÇÕES -

1. MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA ENTRE UMA IMAGEM PRIMÁRIA E UMA IMAGEM SECUNDÁRIA GERADA POR UMA VIDRAÇA, caracterizado por
5 compreender:

iluminação da vidraça com uma fonte de luz;

captura da imagem primária e da imagem secundária da fonte de luz gerada pela vidraça com utilização de um dispositivo de captura de imagens;

10 determinação da distância entre a imagem primária e a imagem secundária; e

utilização da distância, calculando-se o ângulo de divergência entre a imagem primária e a imagem secundária.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a vidraça ser iluminada em transmissão.
15

3. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 e 2, caracterizado por o dispositivo de captura de imagens ser uma câmera do tipo de semicondutor de óxido metálico combinado ("Combined Metal Oxide
20 Semiconductor" - CMOS).

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 e 2, caracterizado por o dispositivo de captura de imagens ser uma câmera do tipo de dispositivo de acoplamento de carga ("Charge Coupled Device" - CCD).

25 5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado por a fonte de luz consistir em um arranjo de diodos emissores de luz ("Light

Emitting Diodes" - LED's).

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o arranjo compreender pelo menos dois LED's.

5 7. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por o arranjo compreender três LED's.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 e 7, caracterizado por serem geradas uma imagem primária e uma imagem secundária de cada LED
10 existente no arranjo.

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 e 7, ou com a reivindicação 8, caracterizado por os LED's do arranjo serem alinhados ao longo de uma linha com uma inclinação de 45°.

15 10. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a fonte de luz ser um arranjo de LED's compreendendo três LED's alinhados ao longo de uma linha com uma inclinação de 45°.

11. Método, de acordo com qualquer uma das
20 reivindicações 1 a 10, caracterizado por o ângulo de divergência ser determinado em uma região de borda da vidraça.

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado por compreender as
25 etapas de:

cálculo do ângulo de divergência em uma pluralidade de pontos sobre a vidraça; e

geração de um perfil de ângulo de divergência da vidraça.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado por a vidraça
5 consistir em uma única camada de vidro.

14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado por a vidraça ser uma vidraça laminada, compreendendo duas camadas de vidro possuindo uma camada intermediária laminada entre as
10 mesmas.

15. PROGRAMA DE COMPUTADOR, caracterizado pelo fato de que ao ser executado em um computador, o programa fazer o computador executar as etapas de:

captura de uma imagem compreendendo uma pluralidade
15 de objetos gerada por uma vidraça iluminada por uma fonte de luz com utilização de um dispositivo de captura de imagens;

duplicação dos objetos formando um primeiro e um segundo conjuntos;

20 para o primeiro conjunto:

cálculo de uma série de valores médios locais da intensidade dos objetos;

computação e aplicação de limiares de intensidade local aos valores médios;

25 manutenção de um subconjunto dos objetos menos intensos;

determinação das posições centrais e dimensões

de cada um dos objetos no subconjunto;
para o segundo conjunto:
aplicação de uma segunda série de limiares de
intensidade média local;
5 manutenção de um subconjunto dos objetos mais
intensos;
determinação das posições centrais e dimensões
de cada um dos objetos em cada subconjunto;
realização de uma verificação para determinar se
10 todos os objetos no primeiro subconjunto e no segundo
subconjunto são provenientes da mesma fonte de luz;
quando todos os objetos forem provenientes da mesma
fonte de luz:
triagem dos objetos em cada subconjunto por
15 posições de coordenadas X e Y;
combinação de pares correspondentes de objetos do
primeiro e do segundo subconjuntos;
determinação da distância entre cada objeto em cada
par correspondente; e
20 cálculo de um ângulo de divergência com utilização
da distância.

16. MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE UM ÂNGULO DE
DIVERGÊNCIA ENTRE UMA IMAGEM PRIMÁRIA E UMA IMAGEM
SECUNDÁRIA GERADA POR UMA VIDRAÇA, caracterizado por
25 compreender:
iluminação da vidraça com uma fonte de luz;
visualização da imagem primária e da imagem

secundária da fonte de luz geradas pela vidraça sobre um alvo, em que o alvo é marcado com uma escala indicativa do ângulo de divergência entre a imagem primária e a imagem secundária; e

5 determinação do ângulo de divergência da escala no alvo e das posições da imagem primária e da imagem secundária;

em que a fonte de luz fica localizada no centro do alvo.

10 17. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por o alvo ser circular, e a escala compreender uma série de anéis concêntricos.

15 18. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por os anéis concêntricos ficarem situados a intervalos de 2 minutos de arco.

19. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 e 17, caracterizado por a fonte de luz ser um diodo emissor de luz.

20 20. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 19, caracterizado por a vidraça consistir em uma camada única de vidro.

25 21. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 19, caracterizado por a vidraça ser uma vidraça laminada, compreendendo duas camadas de vidro possuindo uma camada intermediária laminada entre as mesmas.

22. Método, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 13 ou das reivindicações 16 até 21, caracterizado por a vidraça ser uma vidraça automotiva.

23. Método, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado por a vidraça consistir em um pára-brisa ou
5 uma janela traseira de um veículo.

24. MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE UM ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA ENTRE UMA IMAGEM PRIMÁRIA E UMA IMAGEM SECUNDÁRIA GERADA POR UMA VIDRAÇA, caracterizado por ser substancialmente conforme aqui descrito, e com referência
10 às Figuras 4 até 13 dos desenhos em anexo.

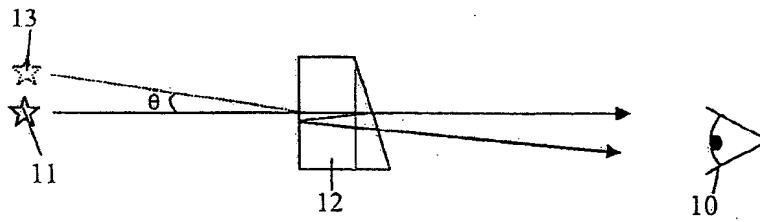


Fig. 1

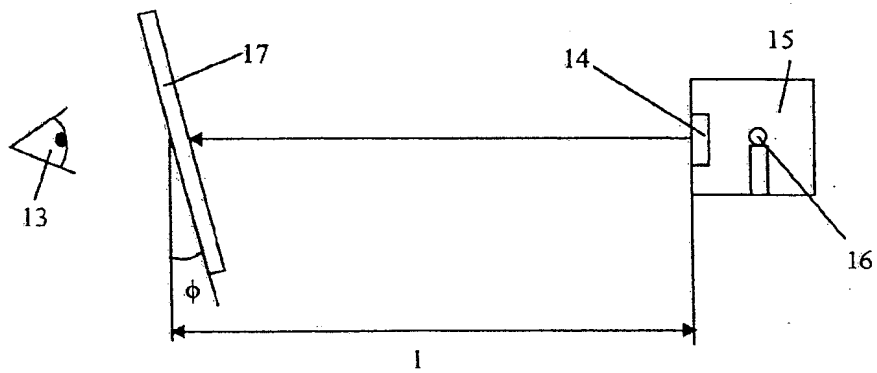


Fig. 2a

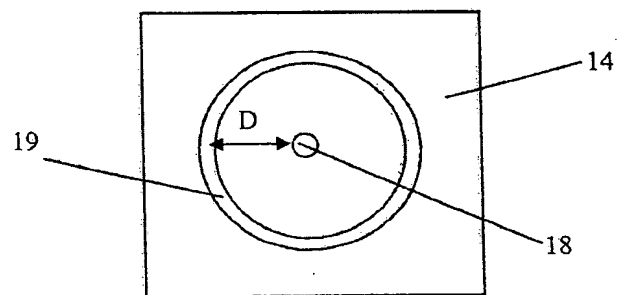


Fig. 2b

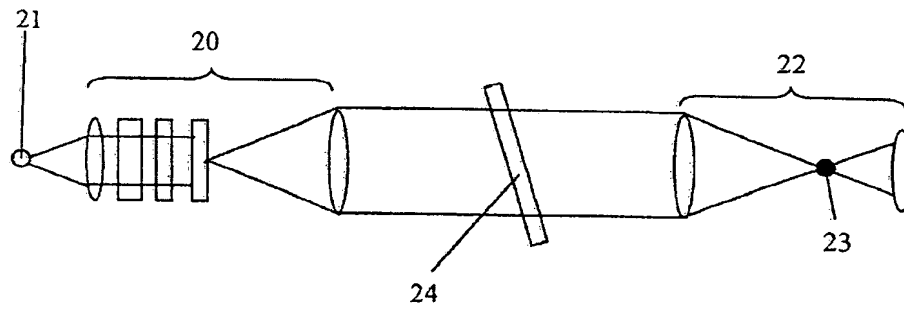


Fig. 3a

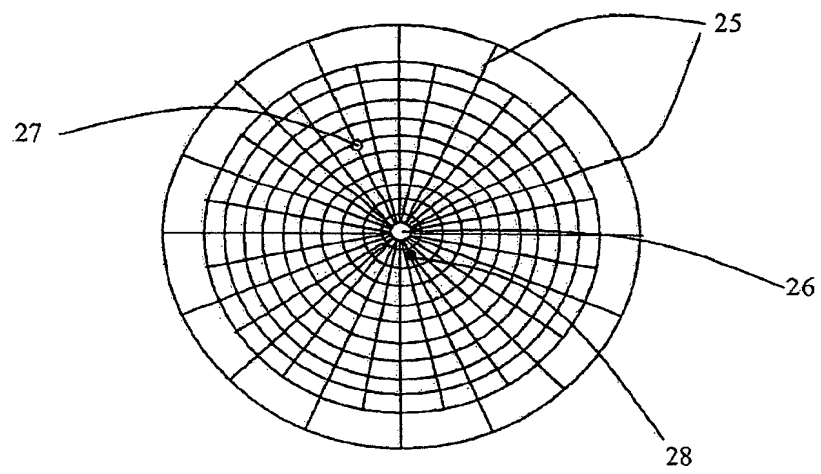


Fig. 3b

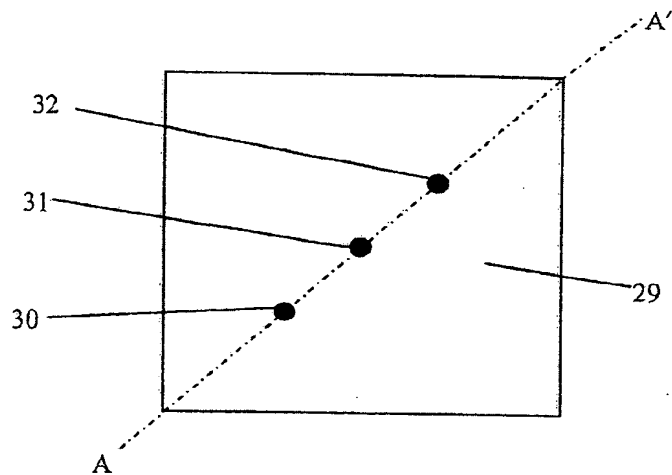


Fig. 4

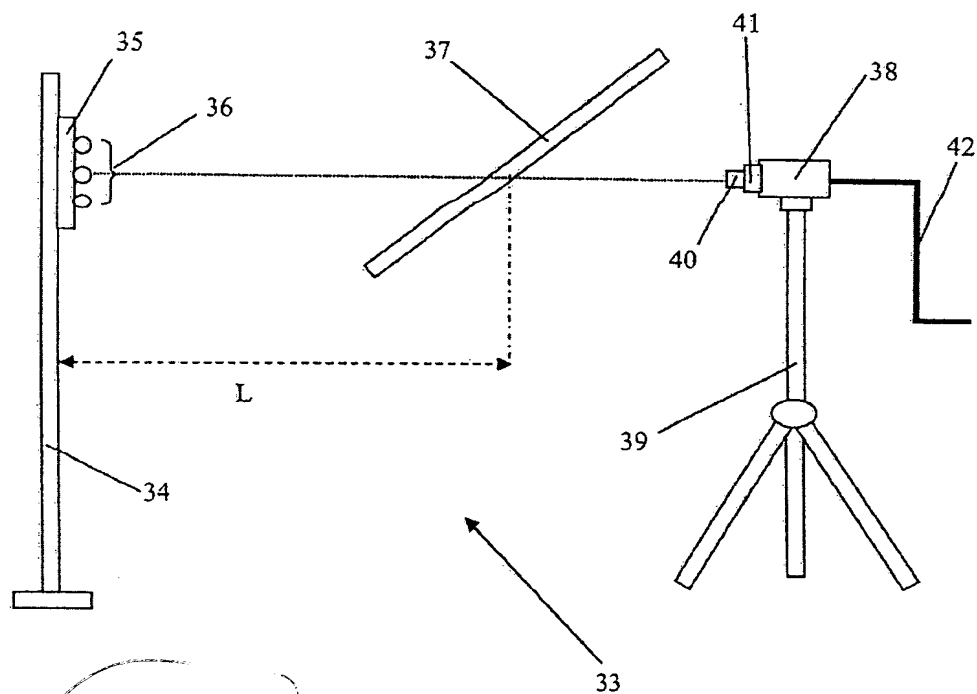


Fig. 5

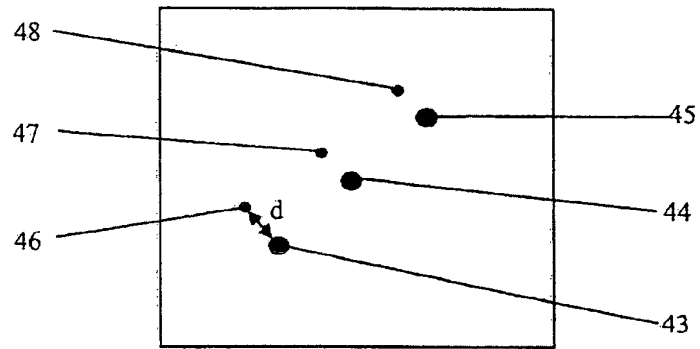


Fig. 6

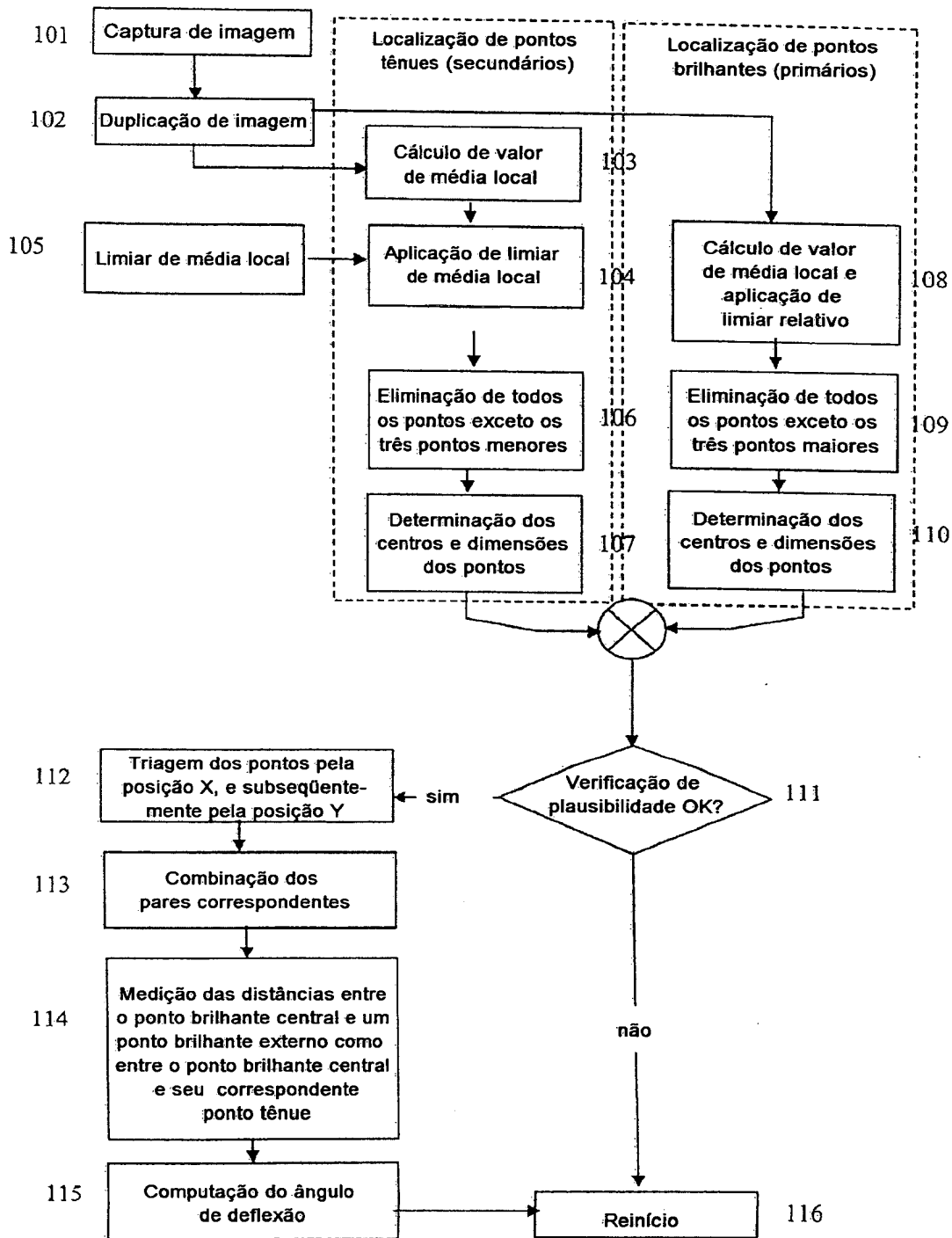
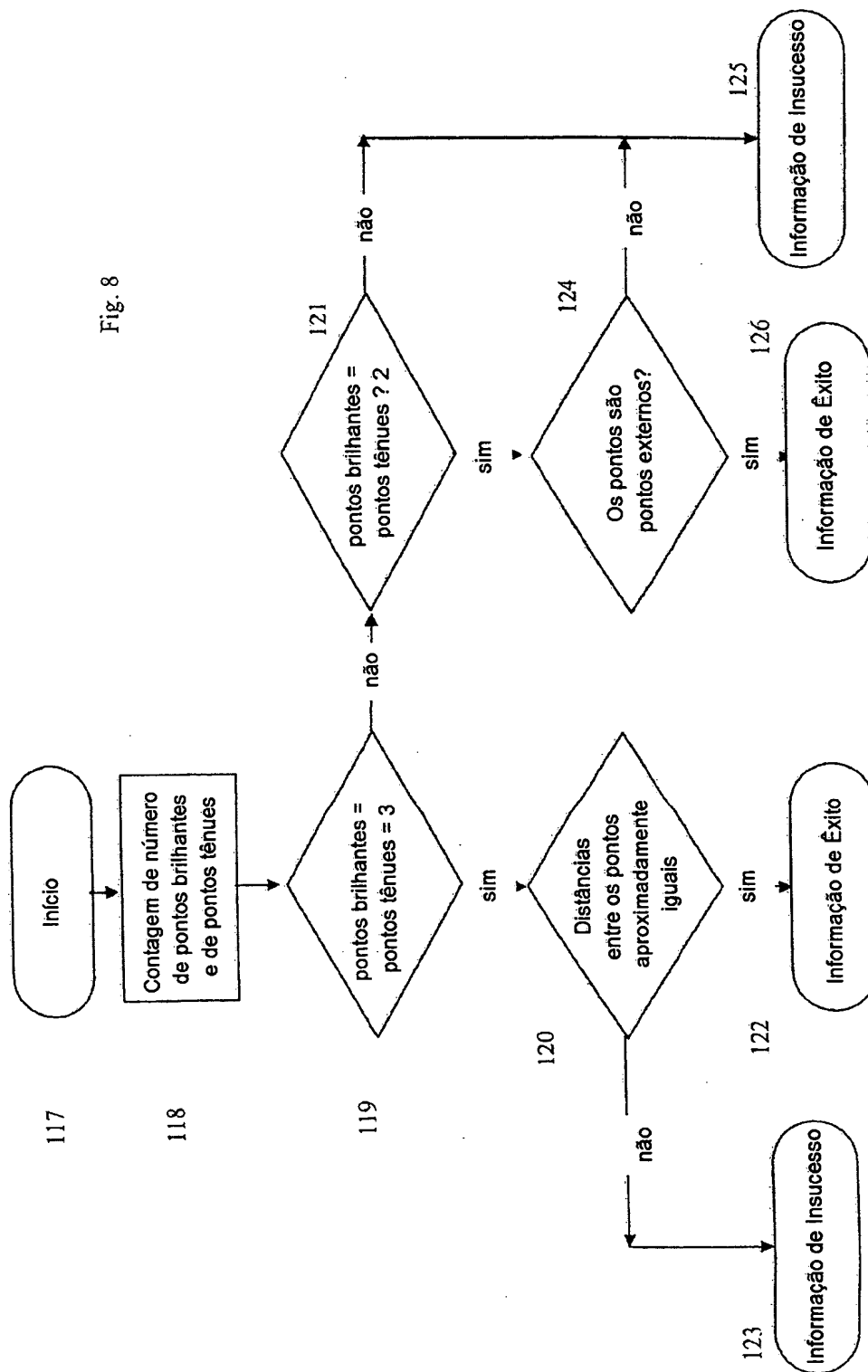


Fig.: 7



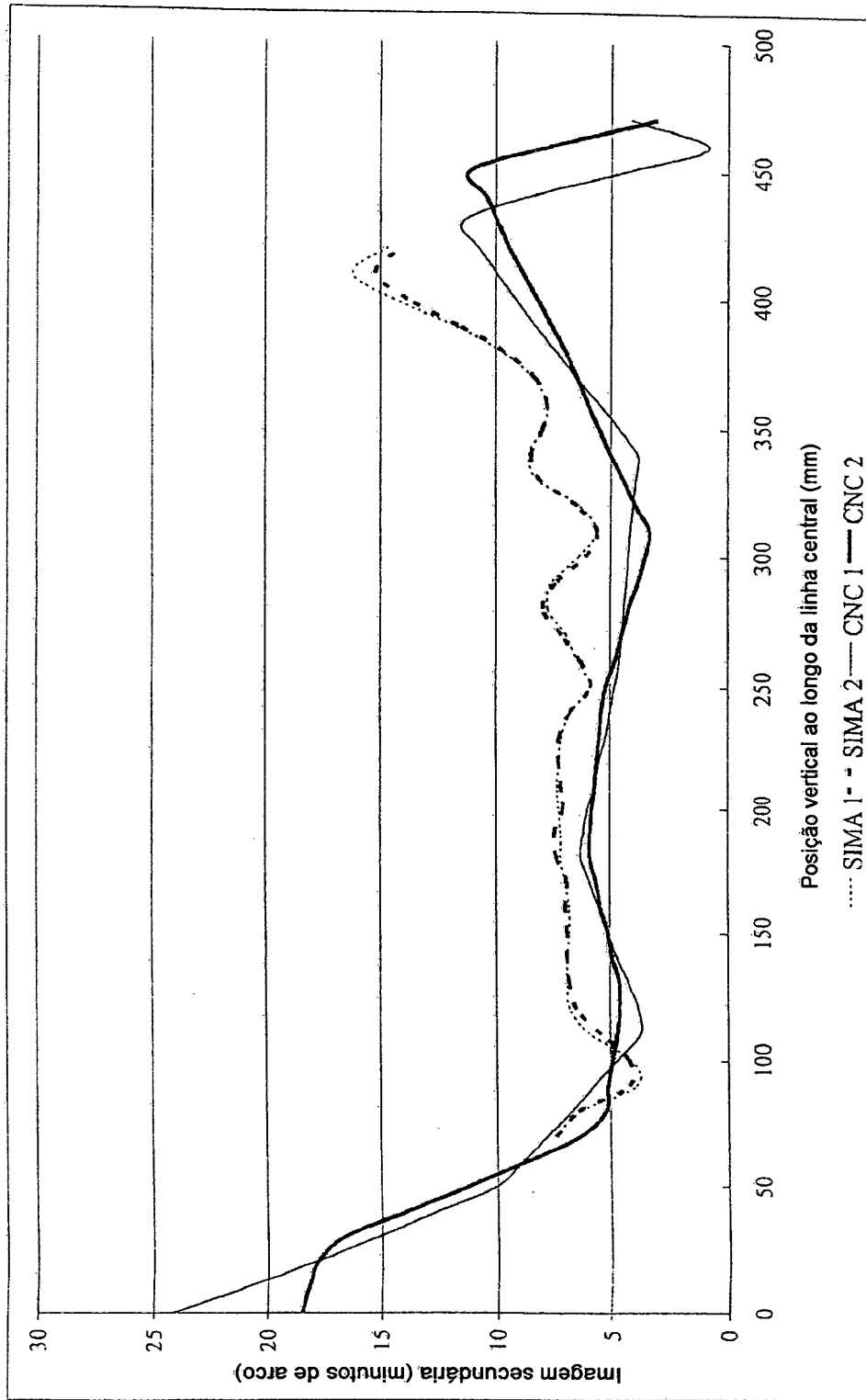


Fig. 9

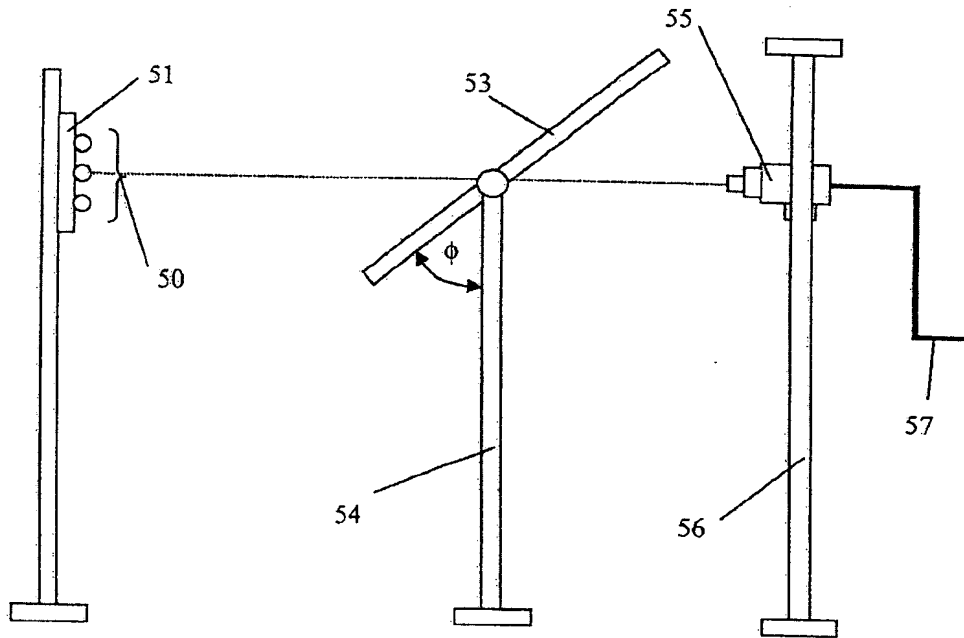


Fig. 10

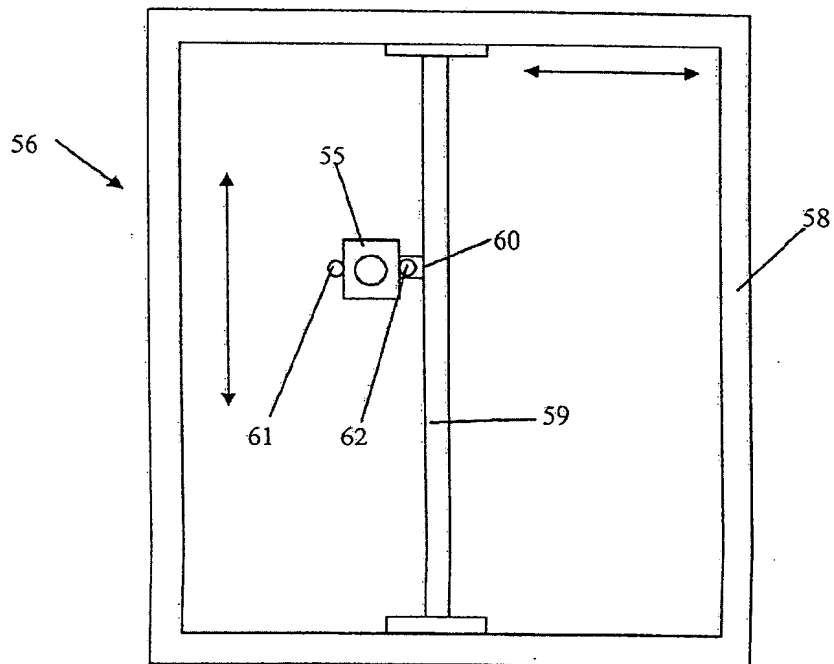


Fig. 11

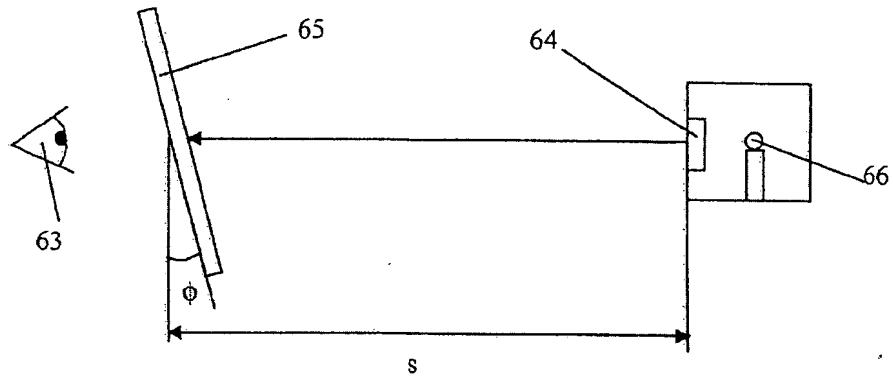


Fig. 12

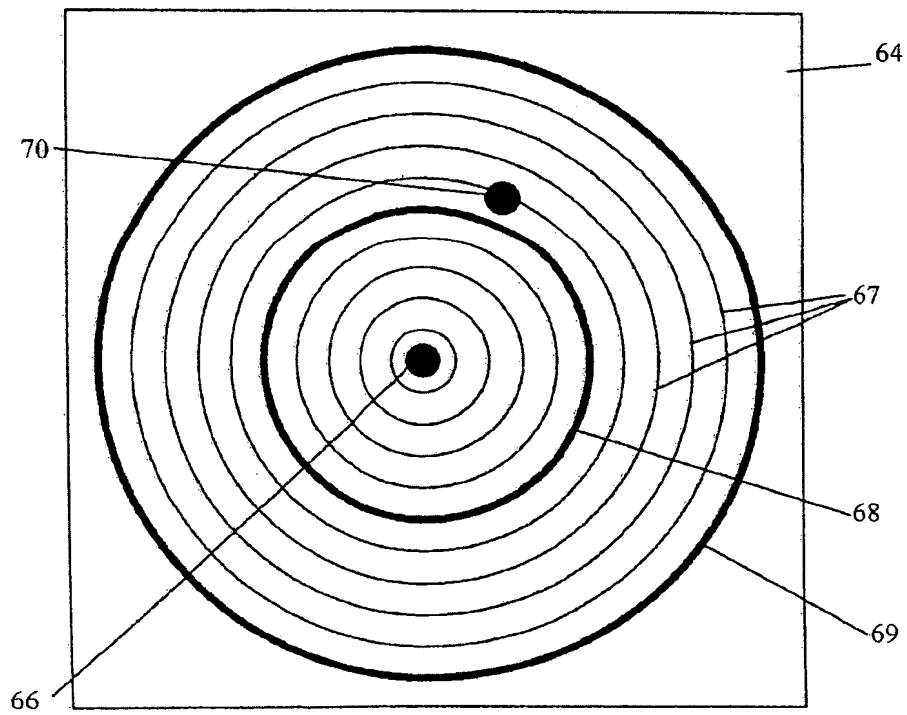


Fig. 13

- RESUMO -

MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA ENTRE UMA
IMAGEM PRIMÁRIA E UMA IMAGEM SECUNDÁRIA GERADA POR UMA
VIDRAÇA, PROGRAMA DE COMPUTADOR, E MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO
5 DE UM ÂNGULO DE DIVERGÊNCIA ENTRE UMA IMAGEM PRIMÁRIA E UMA
IMAGEM SECUNDÁRIA GERADA POR UMA VIDRAÇA

São divulgados métodos para determinação do ângulo
de divergência entre uma imagem primária e uma imagem
secundária gerada por uma vidraça. Em um primeiro método,
10 uma vidraça é iluminada com uma fonte de luz e são
capturadas mediante utilização de um dispositivo de captura
de imagens uma imagem primária e uma imagem secundária da
fonte de luz, gerada pela vidraça. A distância entre a
imagem primária e a imagem secundária é determinada, e o
15 ângulo de divergência é determinado com base nesta
distância. Em um segundo método, as imagens primária e
secundária são visualizadas sobre um alvo marcado com uma
escala indicativa do ângulo de divergência. O ângulo de
divergência é lido a partir da escala e das posições da
20 imagem primária e da imagem secundária. Neste segundo
método, a fonte de luz fica localizada no centro do alvo.
Em ambos os métodos, a fonte de luz compreende pelo menos
um diodo emissor de luz. Preferencialmente, o método é
utilizado para exame das regiões de borda de uma vidraça.