



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0912816-6 B1



(22) Data do Depósito: 20/05/2009

(45) Data de Concessão: 28/04/2020

(54) Título: SISTEMA E MÉTODO DE ESCANEAMENTO PARA ESCANEAR UM OBJETO

(51) Int.Cl.: G01N 23/203; G01V 5/00.

(30) Prioridade Unionista: 20/05/2008 GB 0809107.6.

(73) Titular(es): RAPISCAN SYSTEMS, INC..

(72) Inventor(es): EDWARD JAMES MORTON.

(86) Pedido PCT: PCT GB2009001275 de 20/05/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/141613 de 26/11/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 19/11/2010

(57) Resumo: SISTEMA E MÉTODO DE ESCANEAMENTO PARA ESCANEAR UM OBJETO Essa invenção fornece um sistema de escaneamento de raios-X para escanear um objeto (22) em uma zona de escaneamento. O sistema compreende um acelerador linear de raios-X (20) arranjado para irradiar o objeto com irradiação-X tendo uma energia máxima de pelo menos 900 keV. O sistema compreende também um detector de retrodispersão (26) arranjado para detectar a irradiação retrodispersa a partir do objeto. O feixe de irradiação tem o formato de cone ou o formato de leque e é arranjado para irradiar o objeto sobre uma pluralidade de regiões dentro de um único evento de irradiação. O detector de retrodispersão compreende uma pluralidade de elementos de detecção, cada elemento de detecção sendo arranjado para detectar a irradiação dispersa a partir de uma parte predefinida da zona de escaneamento mediante uso de colimadores tais como chapas de zona. Um processador de sinal (40) é arranjado para calcular a intensidade de dispersão através da pluralidade de elementos de detecção.

SISTEMA E MÉTODO DE ESCANEAMENTO PARA ESCANEAR UM OBJETO

O presente pedido se refere aos sistemas de escaneamento. O mesmo tem aplicação específica em sistemas de escaneamento para carga, mas também podem ser usados em
5 escaneadores para outras aplicações; tal como escaneadores de segurança e escaneadores de uso médico de elevada energia. Existe uma exigência no sentido de triagem de itens de carga para a detecção de materiais e dispositivos ilícitos.

10 Cada vez mais frequentemente, tais sistemas envolvem o uso de equipamento de inspeção de elevada energia com base na geração de imagem de transmissão com irradiação-X gerada por um acelerador linear de raios-X com qualidade de feixe típica de 1 MeV a 9 MeV.

15 Tais sistemas são muito eficazes na sondagem da estrutura e formato de artigos de número atômico relativamente elevado, mas são menos eficazes na localização da presença de materiais de número atômico baixo em configurações semelhantes à folha que são
20 amplamente perpendiculares à trajetória do feixe de raios-X de chegada.

Nessa situação, geração de imagem de retrodispersão de raios-X pode ser uma adição útil ao arsenal de diagnóstico. Sistemas conhecidos tendem a utilizar um feixe de
25 irradiação ajustadamente colimado que é escaneado mecanicamente através da região de interesse com um detector de área grande posicionado para capturar um maior número possível de fótons de raios-X retrodispersos. Uma imagem pode ser formada mediante correlação da taxa de
30 contagem a partir do detector com um ponto de intersecção

conhecido do feixe de raios-X com o item sendo inspecionado.

A Figura 1 é uma representação esquemática do sistema conhecido 2. O sistema 2 conhecido compreende uma fonte de raios-X, de uma fonte de raios-X de disco giratório 4. Um objeto a ser escaneado é mostrado na forma de um caminhão 8. Um detector 6 é disposto no mesmo lado do caminhão que a fonte. A fonte é disposta para irradiar uma única região do objeto em qualquer momento (isto é, em qualquer evento ou rajada de irradiação). A fonte produz um feixe ajustadamente colimado 10 que irradia um ponto sobre o objeto 8. A irradiação dispersa 12 é dispersa em todas as direções e é detectada no detector 6. O detector 6 mede a quantidade de irradiação por evento de irradiação para prover informação sobre o ponto do objeto sendo irradiado durante aquele evento.

A lei do inverso do quadrado indica que a intensidade de um feixe de irradiação reduz em proporção ao quadrado da distância a partir da fonte. Por exemplo, a intensidade da fonte (fótons/área unitária) cai por um fator de 4 ao se deslocar a partir de 10 cm para longe de uma fonte pontual de irradiação até a mesma área 20 cm afastada. Portanto, a intensidade do sinal de retrodispersão cai rapidamente com a distância para dentro da carga e assim a retrodispersão de raios-X é predominantemente uma técnica de inspeção de superfície.

Além disso, pode ser facilmente mostrado que a energia máxima de um fóton de raios-X retrodispersos é de 256 keV. Raios-X de energia relativamente baixa são absorvidos mais propriamente de modo rápido pelos materiais de alta

densidade tal como aço, sugerindo outra vez que a geração de imagem de retrodispersão de raios-X é predominantemente um método de geração de imagem de superfície.

As reivindicações independentes definem aspectos da invenção para os quais se pretende proteção. As reivindicações dependentes definem características inventivas preferíveis. Quaisquer das características das reivindicações dependentes podem ser usadas em combinação com as características de outras reivindicações, mesmo se elas não forem explicitamente dependentes das mesmas - isso será evidente para aqueles versados nesse campo.

Onde uma característica é reivindicada em uma categoria (por exemplo; método; sistema; arranjo de detector; etc.) proteção é pretendida para aquela característica em outras categorias mesmo se não for explicitamente reivindicado.

Modalidades da invenção serão descritas agora, apenas como exemplo, com referência aos desenhos anexos nos quais:

A Figura 1 mostra esquematicamente um sistema de escaneamento da técnica anterior;

As Figuras 2 a 4 mostram esquematicamente partes de um sistema de escaneamento de acordo com uma modalidade dessa invenção;

A Figura 5 mostra esquematicamente um elemento de detecção de acordo com uma modalidade dessa invenção;

A Figura 6 ilustra um circuito para converter a saída do elemento de detecção sensível à posição de acordo com uma modalidade dessa invenção.

A Figura 7 ilustra um circuito para calcular a intensidade de dispersão através dos elementos de detecção;

As Figuras 8 a 10 ilustram graficamente o efeito de diferentes tipos de placa de zona na distribuição de irradiação de retrodispersão; e

5 A Figura 11 é uma representação de uma saída de exibição de acordo com a invenção e visível por um operador do sistema de escaneamento.

Em algumas modalidades da presente invenção, é reconhecido que é vantajoso combinar a geração de imagem de retrodispersão de raios-X com a geração de imagem de transmissão baseada em acelerador linear de alta intensidade para correlacionar espacialmente a geração de imagem de retrodispersão de raios-X de superfície com a geração de imagem de transmissão de objeto a granel como uma investigação adicional na detecção de materiais e
10 objetos ilícitos em itens de carga.

Uma configuração de sistema de acordo com uma modalidade da invenção é delineada nas Figuras 2 a 4. Aqui, um acelerador linear de raios-X 20 é usado para disparar um feixe colimado na forma de leque de irradiação-X de elevada energia (ao menos 900 keV) através de um objeto 22 sendo
20 inspecionado e assim para um conjunto de detectores de raios-X 24 que podem ser usados para formar uma imagem de raios-X de transmissão de elevada resolução do item sob inspeção. O feixe de aceleração linear de raios-X é
25 pulsado, de modo que quando o objeto sendo inspecionado se desloca através do feixe, o conjunto de projeções unidimensionais pode ser adquirido e subsequentemente empilhados juntos para formar uma imagem bidimensional.

Nessa modalidade, um detector de retrodispersão de raios-X 26 é colocado próximo à borda da região de inspeção
30

no mesmo lado que o acelerador linear de raios-X 20, mas deslocado para um lado do feixe de raios-X de modo que ele não atenua o próprio feixe de raios-X de transmissão. Conforme mostrado na Figura 3, é vantajoso utilizar dois detectores de geração de imagem de retrodispersão 26, um em cada lado do feixe principal. Em algumas modalidades os detectores de retrodispersão podem ser arranjados diferentemente. Em algumas modalidades pode haver apenas um detector de retrodispersão. Em outras modalidades pode haver mais do que dois de tais detectores.

Em comparação com os detectores de geração de imagem de retrodispersão, conhecidos, que utilizam a localização do feixe de raios-X incidentes para definir a região de dispersão, o detector de geração de imagem de retrodispersão aqui descrito é capaz de correlacionar espacialmente a intensidade dos sinais de raios-X retrodispersos com os seus pontos de origem independentemente do formato de feixe em leque estendido do feixe de raios-X.

No detector de geração de imagem de retrodispersão 26 dessa modalidade, esse mapeamento espacial é realizado utilizando-se um colimador segmentado 28 na configuração de placa de zona conforme mostrado esquematicamente na Figura 4. Normalmente, uma placa de zona compreenderá uma série de padrões acentuadamente definidos cuja função de resposta de impulso é bem conhecida no plano de um sensor de geração de imagem bidimensional que está localizado atrás do sensor. No presente caso, a energia do feixe de raios-X a ser detectada está tipicamente na faixa de 10 keV a 250 keV e assim as bordas do padrão de placa de zona não serão

acentuadas. Por exemplo, uma placa de zona fabricada utilizando chumbo exigirá material tipicamente de 2 mm a 5 mm de espessura. Além disso, é caro fabricar um sensor de geração de imagem bidimensional de alta resolução do tamanho que é exigido nesse pedido.

Contudo, observa-se que o feixe de irradiação é bem colimado em uma direção (a largura do feixe em leque de irradiação) e, portanto, o problema de geração de imagem é reduzido a um problema unidimensional mais propriamente do que um problema bidimensional. Portanto, um detector de retrodispersão na forma de um sensor de geração de imagem efetivamente unidimensional 30 é provido atrás da placa de zona 28. Para tratar desse problema um detector de retrodispersão elementar é usado nessa modalidade. Conforme mostrado na Figura 4, o detector 30 compreende uma pluralidade de elementos de detecção 32. A Figura 5 ilustra um elemento de detecção 32 adequado para uso nesse exemplo. Aqui, o elemento de detecção 32 compreende uma barra de material de cintilação (aproximadamente 100 mm de comprimento nesse exemplo) e é suprido com um fotodetector 34 em qualquer extremidade. O fotodetector 34 vantajosamente pode ser um fotodiodo de semicondutor ou um tubo fotomultiplicador. Os fótons de raios-X que interagem no material de cintilação emitem fótons de luz e esses se deslocarão para os dois fotodetectores onde eles podem ser detectados. Pode ser mostrado que a intensidade da luz alcançando cada fotodetector está em proporção com a distância do ponto de interação a partir da face do fotodetector. Portanto, mediante medição da intensidade relativa nos dois fotodetectores, o ponto de interação do

fóton de raios-X com o detector pode ser resolvido.

Um circuito adequado para resolver a posição de interação é mostrado na Figura 6. Aqui cada fotodetector 34 é conectado ao seu próprio amplificador 36 cuja saída
5 análoga é alimentada em um bloco lógico de posição 38. Nesse bloco, a magnitude da saída a partir de cada detector é digitalizada e os valores digitais resultantes são comparados para se encontrar o ponto de interação. A soma das duas saídas proporciona energia total depositada no
10 detector durante a interação.

O princípio básico de operação de uma placa de zona 28' é descrito na Figura 8. Considere uma fonte de irradiação no ponto A. A irradiação a partir dessa fonte passará através de aberturas na placa de zona resultando em
15 exposição dos detectores. O efeito de mascaramento da placa de zona 28' é a de causar exposição dos detectores D2 e D4 nesse exemplo com nenhuma exposição dos detectores D1 e D3. Contudo, a irradiação a partir do ponto de origem B resulta em exposição para os detectores D1 e D3 e nenhuma exposição
20 do detector D2 e pouca exposição no detector D4. Um algoritmo pode, portanto, ser determinado o qual analisa o padrão das exposições de detector para alocar cada padrão medido com uma posição de fonte de irradiação específica.

Na modalidade escolhida, as coisas são um pouco mais
25 complexas uma vez que o acelerador linear de raios-X é uma fonte pulsada com uma largura de pulso de tipicamente 5 μ s e um tempo morto entre pulsos de tipicamente 10 ms. Portanto, os dados de dispersão para todos os pontos no objeto sob inspeção serão recebidos simultaneamente e
30 análise padrão dos dados de detector não produzirá um

resultado razoável.

Na presente invenção, é reconhecido que, devido a lei de quadrados inversos, a intensidade do sinal retrodisperso no detector é de primeira ordem combinado pela distribuição
5 de objetos de dispersão imediatamente opostos ao detector. Isso é ilustrado na Figura 9. Portanto, um detector de resolução de posição pode determinar em primeira ordem o perfil de dispersão a partir do objeto sob inspeção mesmo na ausência de qualquer colimação. Quanto mais próximo
10 estiver o objeto de dispersão em relação ao detector, mais nítida é a resolução espacial dos dados e maior é a taxa de contagem no detector.

Se um colimador comum for então adicionado conforme mostrado na Figura 10, informação adicional pode ser
15 determinada para aguçar o sinal de dispersão, mas à custa do sinal detectado global. Nesse diagrama estilizado, o sinal a partir do ponto de origem A é agora mais bem-definido, mas o sinal a partir do ponto de origem B é praticamente atenuado pelo colimador. Na prática, há um
20 equilíbrio entre eficiência de detecção e resolução de imagem e isso é afetado pelos problemas práticos tais como níveis aceitáveis de dose, custo e complexidade.

Nessa modalidade, contudo, um sistema de aquisição de dados é exigido da forma mostrada na Figura 7 onde os dados
25 a partir de cada elemento de detecção (geralmente na forma de posição e intensidade) são interpretados por um processador de sinal 40 para calcular uma distribuição de intensidade de dispersão unidimensional ao longo da extensão do feixe em leque de raios-X que passam através do
30 objeto sob inspeção.

Em um aspecto adicional dessa invenção, os dados de raios-X de transmissão que são coletados simultaneamente com a informação de dispersão podem ser usados para restringir a atividade do processador de sinal mostrado na
5 Figura 7 mediante provisão de uma informação a priori em relação à localização e extensão dos objetos que podem constituir um objeto de dispersão. Essa informação espacial de alta qualidade pode ser usada para preparar os dados de imagem de dispersão para análise pelo operador em uma tela
10 de estação de trabalho, por exemplo.

Um nível básico de dispersão de raios-X será observado através da imagem como um todo e essa informação é ambas, prevista e desinteressante. O que é de relevância para o operador é a resolução de mudanças significativas no sinal
15 de retrodispersão de raios-X que pode denotar a presença de um material ou dispositivo ilícito. Portanto, em um aspecto adicional dessa invenção, o processador de sinal pode ser usado para subtrair um deslocamento de linha base a partir de todos os sinais de retrodispersão de raios-X e tal modo
20 que os dados restantes contenham apenas sinal de dispersão significativo. O processador de sinal deve incluir a capacidade de filtrar os sinais de retrodispersão de raios-X para garantir que apenas informação significativa seja passada para a tela da estação de trabalho do operador
25 conforme mostrado sobreposto à imagem de raios-X de transmissão na Figura 11.

Um algoritmo de filtração de ruído estatisticamente orientado adequado considerará a média e variância no sinal de retrodispersão a partir de todos os elementos de
30 detecção e comparará as mesmas contra os níveis de segundo

plano. Quando uma diferença estatisticamente significativa for vista entre o sinal em um determinado detector e aquele no segundo plano, o sinal é passado para a saída de outro modo o sinal é ajustado para zero. Uma diferença
5 estatisticamente significativa é aquela onde o sinal detectado é maior do que um múltiplo constante do desvio padrão de segundo plano. Uma constante adequada seria um desvio padrão acima do segundo plano.

Em outra modalidade dessa invenção, o processador de
10 sinal proporcionará filtração estatística bidimensional do sinal de retrodispersão de raios-X com um algoritmo de segmentação de imagem baseado em expansão-desgaste para claramente localizar e definir a região de retrodispersão de raios-X.

15 A imagem de retrodispersão de raios-X exibida vantajosamente será codificada em cor para proporcionar uma indicação da intensidade dos dados de retrodispersão que é livremente relacionada à densidade do objeto de dispersão. Os dados devem ser primeiramente normalizados para refletir
20 a distância variável entre a fonte de raios-X e a borda do item de carga de dispersão sob inspeção.

Em algumas modalidades o objeto é irradiado com uma irradiação de energia superior, por exemplo, 1 MeV, 2 MeV, 3 MeV ou superior, etc.

25 Em algumas modalidades diferentes tipos de chapas de zona podem ser usados - aqueles versados na técnica poderão averiguar a partir do ensinamento desse documento a configuração adequada de placa de zona.

Diferentes elementos de detecção podem ser usados -
30 por exemplo, diferentes elementos de detecção sensíveis à

posição.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de escaneamento para escanear um objeto em uma zona de escaneamento, o sistema compreendendo:

uma fonte de irradiação (22) arranjada para irradiar o
5 objeto (20) com irradiação tendo uma energia máxima de pelo menos 900 keV;

um detector de dispersão (30) arranjado para detectar a irradiação dispersa a partir do objeto (20) em que a fonte de irradiação (22) é arranjada para irradiar o objeto
10 (20) com um feixe em leque sobre uma pluralidade de regiões a ser escaneadas dentro de um único evento de irradiação, o detector de dispersão (30) compreendendo uma pluralidade de elementos de detecção (32), cada elemento de detecção (32) arranjado para detectar irradiação dispersa a partir de uma
15 parte predefinida da zona de escaneamento; caracterizado pelo fato de que o sistema compreende ainda:

uma máscara (28) tendo aberturas através dela para permitir que irradiação dispersa passe através da máscara (28) para resultar na exposição dos elementos de detecção
20 (32) em um padrão de exposição; e um processador de sinal (40) arranjado para calcular o padrão de a intensidade de dispersão através da pluralidade de elementos de detecção (32) e alocar o padrão medido com uma posição de fonte de irradiação dispersa específica;

25 em que o detector de dispersão (30) compreende regiões de detecção, cada região de detecção arranjada para detectar irradiação dispersa a partir de uma parte correspondente da zona de escaneamento; e

em que a máscara (28) é arranjada para limitar a
30 irradiação dispersa que não é da parte correspondente da

zona de escaneamento de alcançar a região de detecção correspondente.

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as várias regiões são
5 adjacentes entre si.

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de regiões é
arranjada linearmente.

4. Sistema, de acordo com qualquer uma das
10 reivindicações 1 a 3, caracterizado por compreender meio de movimento arranjado para prover movimento relativo entre o objeto (20) e a fonte de irradiação (22) de tal modo que uma pluralidade de regiões diferentes é escaneada com um evento de irradiação diferente.

15 5. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o meio de movimento é arranjado para prover movimento de tal modo que uma diferente pluralidade de regiões é escaneada com cada evento de irradiação diferente.

20 6. Sistema, de acordo com a reivindicação 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que as diferentes pluralidades de regiões abrangem substancialmente o objeto (22) inteiro ou substancialmente todas as áreas de interesse no objeto.

25 7. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a fonte de irradiação (20) é arranjada para irradiar o objeto (22) em rajadas discretas e um único evento de irradiação compreende uma das rajadas discretas.

30 8. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o

detector de dispersão (30) é arranjado para detectar a irradiação a partir de uma pluralidade de regiões a serem escaneadas substancialmente de forma simultânea.

5 9. Sistema, de acordo com a reivindicação 7 e 8, caracterizado pelo fato de que o detector de dispersão (30) é arranjado para detectar a irradiação a partir da pluralidade de regiões em resposta às rajadas discretas.

10 10. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma região de detecção e sua parte correspondente da zona de escaneamento são arranjadas de tal modo que a distância entre elas é minimizada.

15 11. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que cada elemento de detecção (32) compreende um elemento de detecção sensível à posição.

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o detector sensível à posição ou cada elemento de detecção (32) sensível à posição compreende um cristal de cintilação.

20 13. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a máscara (28) compreende uma chapa arranjada para restringir a irradiação dispersa de modo a não passar através da mesma, a chapa tendo aberturas através dela.

25 14. Sistema, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que as aberturas são arranjadas para corresponder em posição às partes da zona de escaneamento de tal modo que cada abertura está o mais próximo possível de sua parte correspondente da zona de
30 escaneamento.

15. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que o detector de dispersão compreende um detector de retrodispersão (26) disposto no mesmo lado do objeto (22) que a fonte (20).

16. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado por compreender um detector de transmissão arranjado para detectar a irradiação que passa através do objeto (20) e um controlador arranjado para receber e processar a informação a partir do detector de transmissão para identificar regiões do objeto de interesse específico.

17. Sistema, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o controlador é arranjado para sobrepor a informação recebida a partir do detector de transmissão da informação recebida a partir do detector de dispersão.

18. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por compreender meio de geração de imagem arranjado para gerar uma imagem do objeto (20) e de quaisquer regiões de interesse específico, em que o controlador é arranjado para instruir o meio de geração de imagem para criar a imagem utilizando informação sobreposta de tal modo que a informação de detector de dispersão seja ao menos parcialmente limitada às regiões externas que foram identificadas como regiões de interesse específico com base na informação do detector de transmissão.

19. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 18, caracterizado pelo fato de que o controlador é arranjado para controlar a operação do

detector de dispersão com base nas regiões identificadas de interesse específico.

20. Método de escaneamento para escanear um objeto em uma zona de escaneamento usando o sistema conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 19, o método compreende a irradiação do objeto (22) com irradiação em um feixe em leque tendo uma energia máxima de pelo menos 900 keV, detectar a irradiação dispersa a partir do objeto (22), em que a etapa de irradiar compreende irradiar o objeto (22) sobre uma pluralidade de regiões a serem escaneadas dentro de um único evento de irradiação, e a etapa de detecção compreende detectar a irradiação dispersa a partir de uma parte predefinida da zona de escaneamento por intermédio do detector de dispersão (30) compreendendo a pluralidade de elementos de detecção (32), caracterizado ainda pela irradiação tendo passado através das aberturas na máscara (28) para resultar na exposição dos elementos de detecção em um padrão de exposição, e calcular o padrão da intensidade de dispersão através da pluralidade de elementos de detecção (32) e alocar o padrão medido com uma posição de fonte de irradiação dispersa específica.

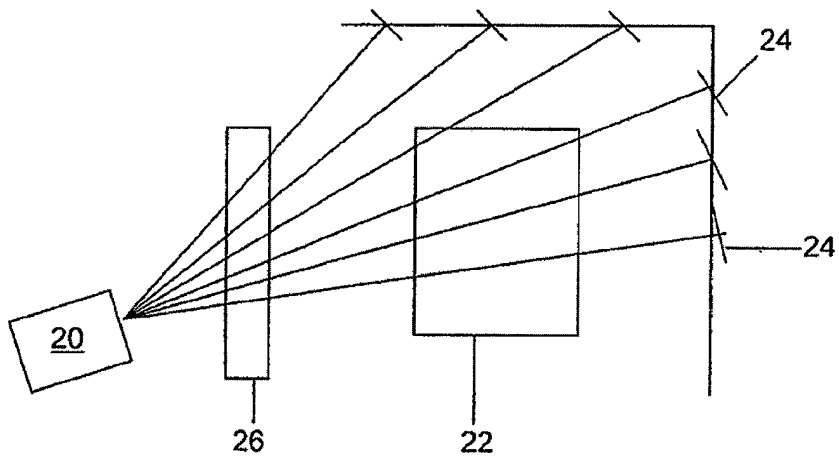


Fig. 2

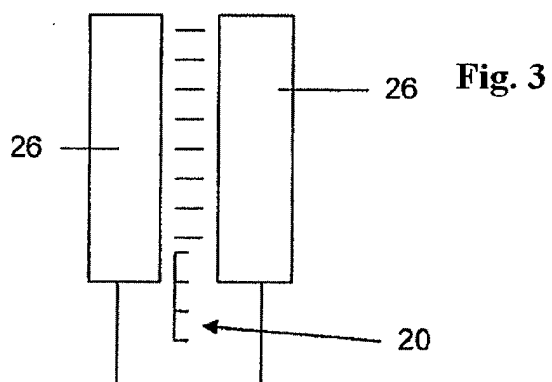


Fig. 3

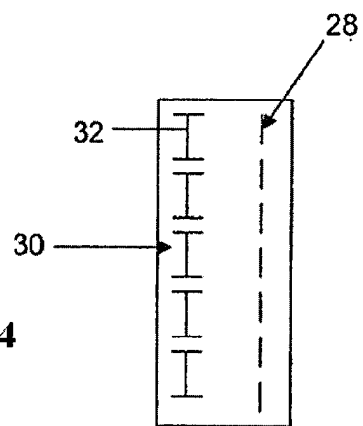


Fig. 4

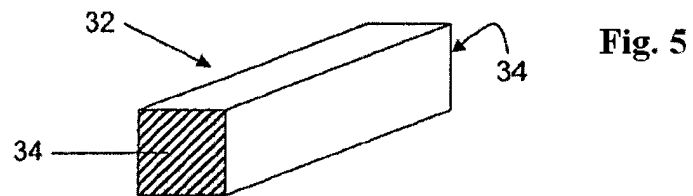
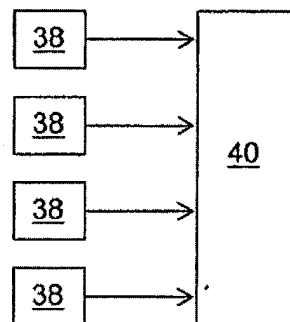
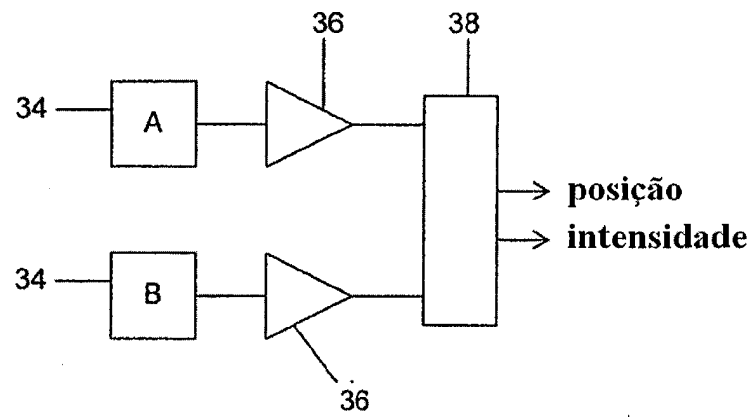


Fig. 6



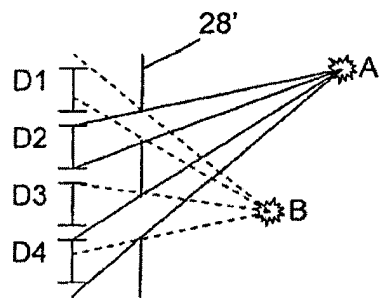


Fig. 8

Fig. 9

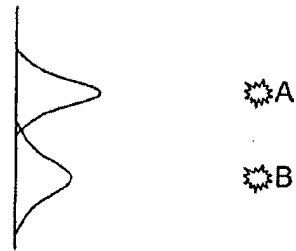


Fig. 10

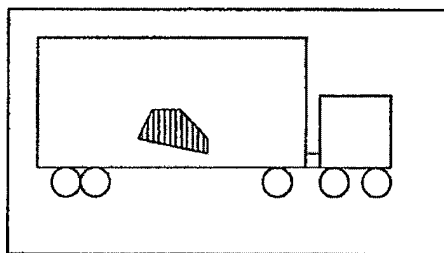
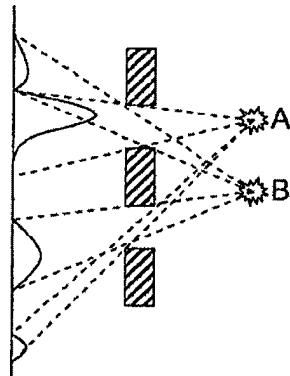


Fig. 11