

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2007.02.06**

(30) Prioridade(s): **2006.02.06 GB 0602320**

(43) Data de publicação do pedido: **2008.11.05**

(45) Data e BPI da concessão: **2010.08.11**  
**222/2010**

(73) Titular(es):

**GAS SENSING SOLUTIONS LIMITED**  
**60 GRAYSHILL ROAD WESTFIELD NORTH**  
**COURTYARD CUMBERNAULD GLASGOW CITY**  
**G68 9HQ GB**

(72) Inventor(es):  
**MICHAEL J. SMITH**

**GB**

(74) Mandatário:

**MARIA SILVINA VIEIRA PEREIRA FERREIRA**  
**RUA CASTILHO, N.º 50, 5º - ANDAR 1269-163 LISBOA PT**

(54) Epígrafe: **SENSOR DE GÁS EM FORMA DE CÚPULA**

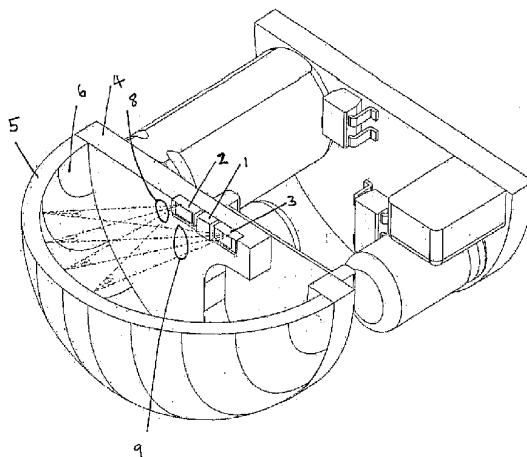
(57) Resumo:

UM SENSOR DE GÁS NDIR (INFRATERMELHO NÃO DISPERSIVO) TEM A FONTE DE RADIAÇÃO DO LED (2) E O DETECTOR DE FOTODÍODOS (3) LADO A LADO NUMA CÂMARA DE GÁS EM FORMA DE CÚPULA (5). A SUPERFÍCIE INTERIOR REVESTIDA A ESPELHO (6) DA CÚPULA (5) REFLECTE A LUZ DO LED (2) NO FOTODÍODO (3). A SUPERFÍCIE REFLECTORA NUMA FORMA DE REALIZAÇÃO TEM DIVERSAS SUPERFÍCIES INFERIORES SEMITOROIDAIS (51 A 59), DE MODO A QUE A RADIAÇÃO PROVENIENTE DE UM PONTO NO LED SE ESPALHE À MEDIDA QUE CONVERGE NO FOTODÍODO. O LED E O FOTODÍODO (3) PODEM SER MONTADOS NUMA PONTE PCI (PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO) (4), QUE SE PROJECTA AO LONGO DO DIÂMETRO DO COMPARTIMENTO EM FORMA DE CÚPULA. A ALTURA DA PONTE É AJUSTÁVEL DURANTE A MONTAGEM PARA OPTIMIZAR A INCIDÊNCIA DA RADIAÇÃO NO FOTODÍODO.

## RESUMO

### "SENSOR DE GÁS EM FORMA DE CÚPULA"

Um sensor de gás NDIR (Infravermelho Não Dispersivo) tem a fonte de radiação do LED (2) e o detector de fotodíodos (3) lado a lado numa câmara de gás em forma de cúpula (5). A superfície interior revestida a espelho (6) da cúpula (5) reflecte a luz do LED (2) no fotodíodo (3). A superfície reflectora numa forma de realização tem diversas superfícies inferiores semitoroidais (51 a 59), de modo a que a radiação proveniente de um ponto no LED se espalhe à medida que converge no fotodíodo. O LED e o fotodíodo (3) podem ser montados numa ponte PCI (placa de circuito impresso) (4), que se projecta ao longo do diâmetro do compartimento em forma de cúpula. A altura da ponte é ajustável durante a montagem para otimizar a incidência da radiação no fotodíodo.



**DESCRIÇÃO**  
**"SENSOR DE GÁS EM FORMA DE CÚPULA"**

A presente invenção refere-se a detecção de gás, em particular a sensores de gás, tais como sensores de gás de infravermelho não dispersivo (NDIR) com uma fonte de radiação, um detector de radiação e um reflector disposto de modo a reflectir a radiação da fonte de radiação no detector de radiação.

No campo da detecção de gás existe um requisito de sensores de gás pequenos e de baixo custo que funcionem numa vasta gama de condições ambientais. Isto é imposto pela legislação que tem como objectivo o aumento da segurança e a redução das emissões em várias aplicações. Por exemplo, na indústria automóvel, a detecção da existência de CO<sub>2</sub> e gases de escape automóvel nos habitáculos dos veículos e nos sistemas de gestão do motor é uma aplicação em que são desejáveis um pequeno factor de forma, bem como baixo custo e eficiência. A necessidade de detecção de CO<sub>2</sub> nos habitáculos dos veículos provém do avanço relativamente aos sistemas de ar condicionado baseados em líquidos de refrigeração de CO<sub>2</sub>, evitando a utilização de líquidos de refrigeração baseados em fluorocarboneto mais prejudiciais para o ambiente, tais como P134a. Ao fornecer sistemas de ar condicionado baseados em CO<sub>2</sub>, os fabricantes de automóveis poderão evitar multas de emissão aplicadas ao tratamento e reciclagem de hidrofluorocarbonetos. Contudo, os sensores de gás convencionais apropriados para a detecção de gás CO e CO<sub>2</sub> são demasiado grandes e dispendiosos para serem utilizados nessas aplicações

automóveis. Além disso, nesse tipo de aplicações, o sensor de gás tem de funcionar numa vasta gama de temperaturas.

Tal como na indústria automóvel, os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) industriais baseados em líquidos de refrigeração de CO<sub>2</sub> necessitam de sensores de gás CO<sub>2</sub> de baixo custo que funcionem em vários ambientes. Os produtos de segurança que detectam fugas de gás solvente ou de combustão em muitas aplicações, desde soldagem a gás a processos de produção automática e produtos de limpeza solventes, necessitam igualmente de sensores de gás de baixo custo e eficazes.

No campo do aquecimento doméstico, os sensores de gás são utilizados para fornecer segurança contra a intoxicação com monóxido de carbono. Além disso, a detecção de gás de combustão fornece segurança contra o risco de explosão.

Na detecção de gás, os sensores de gás de infravermelhos têm vantagens em comparação com outras tecnologias, incluindo um tempo de vida longo e resistência à intoxicação. Contudo, muitos detectores de infravermelhos utilizam componentes térmicos, tais como fontes incandescentes (por exemplo, lâmpadas) e detectores piroeléctricos ou tipo termopilha, que têm várias desvantagens. Por exemplo, podem ter uma resposta lenta ou uma gama de comprimento de onda limitada e necessitar de um compartimento à prova de explosão para impedir que a lâmpada funcione como uma fonte de ignição.

A substituição de fontes incandescentes e detectores térmicos por fotodíodos e LEDs (Díodos Emissores de Luz) de alto desempenho oferece vantagens, tais como baixa

potência, resposta rápida e segurança intrínseca, para uma gama mais vasta de gases.

Os sensores de gás podem ser feitos utilizando um LED e um fotodíodo fabricados em frequências correspondentes, de modo a terem larguras de banda óptica coincidentes muito estreitas e estáveis em funcionamento.

Num sensor de gás NDIR, a luz é emitida a partir de uma fonte de luz, passada por um gás e, em seguida, medida por um detector de luz. Para uma detecção eficaz de um gás, é importante existir uma grande interacção entre a luz e o gás e isso é influenciado pelo comprimento e volume do percurso óptico de interacção e o transporte do gás para dentro e para fora do percurso óptico de interacção. Os problemas relativos à simples disposição de um detector em frente de um emissor são que, quando a luz diverge da fonte, apenas uma pequena percentagem da luz incide no detector e o comprimento do percurso óptico é meramente a distância em torno do emissor e do detector. Por conseguinte, existe um volume e comprimento relativamente pequenos para o gás interagir com a luz. As abordagens conhecidas para melhorar esta disposição são o revestimento das paredes internas do compartimento do sensor com material reflector e a cobertura do percurso óptico com espelhos. Contudo, apesar do percurso linear coberto e da segunda abordagem poder aumentar o comprimento do percurso óptico, mantém-se o problema de o percurso apenas deslocar parte do volume disponível entre a fonte de luz e o detector de luz, mesmo utilizando espelhos curvos. Desta forma, com um percurso óptico coberto, é utilizada apenas uma fracção do volume disponível do compartimento do sensor para o percurso óptico de interacção. Além disso, um

percurso óptico coberto de várias formas, por exemplo num formato em ziguezague, necessita de vários reflectores bem alinhados.

A patente GB2391310 A divulga um sensor de gás utilizando o princípio de absorção de infravermelhos (IV) no qual a fonte óptica emite radiação IV para dentro de uma célula de gás. A radiação IV reflecte-se e foca-se, de modo a que a referida radiação IV passe várias vezes pela célula de gás antes de chegar ao detector. Outros aspectos divulgados incluem vários reflectores de focagem, redes de difracção e compartimento à prova de fogo para todo o sensor ou parte do mesmo.

A patente WO0007411 A1 divulga um dispositivo de radiação de corpo negro que inclui um elemento de emissão de filamento planar e um detector planar para produzir e detectar respectivamente a radiação; um reflector; uma janela; um controlo eléctrico; e um elemento de saída de dados.

A patente EP0704691 A2 divulga um sensor espectrométrico que tem um único bloco moldado formando um corpo de microestrutura com uma chapa de base, uma grelha de espelhos, uma ranhura de entrada para recepção de um feixe IV polifrequência e uma ranhura de saída para um feixe IV monofrequência. O gás de amostra encontra-se no espaço livre entre as ranhuras de entrada e saída e a grelha de espelhos, rodeado de chapas de cobertura em cada extremidade com orifícios de entrada e saída de gás. A grelha de espelhos é fornecida por uma grelha de reflexo côncava, com a grelha de espelhos e as ranhuras de entrada e saída para a radiação IV posicionadas num círculo de

Rowland, ou ao longo de uma curva perto do círculo de Rowland.

A patente DE10200797 A1 divulga um sensor de gás de absorção de infravermelhos (IV) para determinar a concentração de gases de IV activos em misturas que compreendem uma fonte de radiação e um detector que se deslocam em relação ao eixo óptico. O espelho utilizado para a imagem tem uma superfície esférica e o espelho compreende plástico com um revestimento reflector de IV.

A patente DE10200908 A1 divulga um sensor de gás de infravermelhos que compreende um radiador de infravermelhos, um detector de infravermelhos e um elemento selectivo no comprimento de onda. Os eixos ópticos do radiador e do detector estão na mesma direcção. A radiação infravermelha desvia-se 90 graus, através de uma lente formadora de imagens, como um conjunto de luzes paralelas na direcção do eixo óptico do detector e foca-se no detector através de outra lente formadora de imagens durante um percurso. A lente formadora de imagens consiste numa superfície esférica ou parabólica com um ponto focal contendo o radiador de infravermelhos. O sensor tem um suporte e uma tampa feitos de plástico. Todas as superfícies em contacto com a radiação e as lentes estão revestidas com uma camada reflectora de infravermelhos.

Um objectivo da presente invenção é fornecer um sensor de gás compacto e de alta eficiência no qual a cúpula funciona de modo a reflectir a radiação do emissor através de um único reflexo no detector, independentemente do ângulo de saída de radiação do emissor.

De acordo com a presente invenção, é fornecido um sensor de gás compreendendo:

uma fonte de radiação;  
um detector de radiação; e  
um meio reflector disposto de modo a reflectir a radiação da fonte de radiação no detector de radiação ao longo de um percurso óptico,  
em que a fonte de radiação e o detector de radiação estão dispostos lado a lado e  
o meio reflector está disposto de modo a reflectir a radiação divergente da fonte de radiação e a concentrar a radiação reflectida no detector de radiação, e em que o meio reflector compreende uma superfície que compreende diversas superfícies inferiores, cada uma definida por um arco com um raio e um ponto central, as superfícies inferiores deslocando-se dos arcos mediante rotação em torno de um eixo, e cada superfície inferior sendo tangente a uma superfície inferior adjacente e tendo um raio e um ponto central diferentes da superfície inferior adjacente.

De preferência, o eixo está alinhado com a fonte de radiação e o detector de radiação.

De preferência, o comprimento do arco tende para zero.

De preferência, as superfícies inferiores são semitoroidais.

De preferência, a superfície está configurada para reflectir a radiação da fonte de radiação numa localização correspondente no detector de radiação, independentemente do ângulo de saída de radiação da fonte de radiação.



De preferência, a superfície está configurada para reflectir a radiação que sai do centro da fonte de radiação no centro do detector de radiação, a radiação que sai do lado exterior da fonte de radiação no lado exterior do detector de radiação e a radiação que sai do lado interior da fonte de radiação no lado interior do detector de radiação.

De preferência, a superfície está configurada para reflectir a radiação, de modo a que o comprimento do percurso óptico seja, em média, igual para cada superfície inferior.

De preferência, o meio reflector compreende uma superfície reflectora de um compartimento.

De preferência, o compartimento tem, pelo menos, uma abertura para permitir o transporte de gás para dentro e para fora do sensor de gás.

De preferência, a fonte de radiação e o detector de radiação estão montados num substrato comum configurado para posicionar a fonte de radiação e o detector de radiação em relação ao compartimento.

De preferência, o substrato está configurado como um membro alongado que se projecta ao longo de um diâmetro do compartimento.

De preferência, o membro alongado é ajustável, de modo a otimizar a localização de uma acumulação de radiação reflectida no detector de radiação.

De preferência, o membro alongado é ajustável mediante deslizamento dos pinos.

De preferência, os pinos são cabos eléctricos.

De preferência, o membro alongado ajustável é bloqueável em relação ao meio reflector.

De preferência, o membro alongado ajustável é bloqueável mediante colagem dos pinos ao meio reflector.

De preferência, o membro alongado ajustável é bloqueável mediante soldagem dos pinos.

De preferência, o meio reflector está disposto, de modo a que o percurso óptico seja definido, pelo menos em parte, por uma cavidade que se projecta em torno da fonte de radiação e do detector de radiação.

De preferência, a cavidade está limitada por um plano paralelo às superfícies da fonte de radiação e do detector de radiação.

De preferência, a superfície está configurada, de modo a que a radiação proveniente de um ponto na fonte de radiação se espalhe à medida que converge no detector de radiação.

A presente invenção será agora descrita como exemplo apenas relativamente às figuras, nas quais:

A Figura 1 ilustra, de forma esquemática, um corte transversal de uma primeira forma de realização de um sensor de gás;

A Figura 2 ilustra, de forma esquemática, um corte transversal da unidade da fonte de radiação e do detector de radiação;

A Figura 3 ilustra, de forma esquemática, um corte transversal de uma segunda forma de realização de um sensor de gás;

A Figura 4 ilustra, de forma esquemática, uma vista em perspectiva da segunda forma de realização de um sensor de gás;

A Figura 5 ilustra, de forma esquemática, um semicorte transversal do reflector em forma de cúpula;

A Figura 6 ilustra, de forma esquemática, raios de luz a serem reflectidos entre as partes centrais e os lados exteriores da fonte de radiação e do detector de radiação;

A Figura 7 ilustra, de forma esquemática, raios de luz a serem reflectidos entre as partes centrais e os lados interiores da fonte de radiação e do detector de radiação; e

A Figura 8 ilustra, de forma esquemática, um corte transversal de uma forma de realização do sensor de gás com uma ponte ajustável.

Relativamente à Figura 1, é ilustrado um corte transversal parcial de um sensor de gás de acordo com uma primeira forma de realização da presente invenção. O sensor de gás tem um ecrã 1 entre uma fonte de radiação do LED 2 e um

detector de radiação de fotodíodos 3 num substrato 4 montado no sensor de gás. Por conseguinte, o LED e o fotodíodo estão lado a lado, com o ecrã alinhado e entre ambos. Apenas metade de um compartimento 5 e o percurso da radiação são ilustrados na Figura 1. O compartimento tem uma simetria radial centrada na unidade do LED/ecrã/fotodíodo. A superfície interior 6 do compartimento é reflectora. Isto pode ser realizado mediante a aplicação de um revestimento reflector num compartimento de plástico moldado. Os raios de luz 8 que divergem do LED reflectem-se a partir da superfície interior do compartimento. O compartimento tem um formato de modo a permitir que a luz emitida pelo LED se reflecta através da cavidade que se projecta em torno do LED e do fotodíodo e que os raios de luz reflectidos 9 se concentrem no fotodíodo. A cavidade está limitada pelo plano paralelo às superfícies de absorção e emissão principais do LED e do fotodíodo, respectivamente. Os raios reflectidos a partir da superfície 6 podem ou não focar-se. O formato curvo do compartimento está disposto de modo a fornecer uma propagação uniforme e ampla da luz em toda a cavidade. A superfície pode ser hemisférica ou semielipsoidal. Geralmente, a propagação uniforme da luz na cavidade caracteriza-se pela acção de evitar o foco onde os raios de luz provenientes de um ponto na fonte não convergem num determinado ponto focal, mas convergem no fotodíodo. A geometria lado a lado tem a vantagem de permitir um pequeno compartimento com uma propagação máxima do percurso de luz de interacção em todo o volume disponível do compartimento. Isto fornece uma boa eficiência de absorção óptica e minimiza o risco de saturação da interacção do gás com a luz, tudo no compartimento compacto. A configuração óptica compacta permite que o sensor de gás se encaixe num factor

de forma de 20 mm de diâmetro e 17 mm de comprimento. Estas características melhoram a sensibilidade do sensor de gás no que respeita à resposta e detecção de gás e o tamanho compacto torna-o apropriado para a utilização numa vasta gama de aplicações sensíveis ao espaço, onde não são admissíveis grandes compartimentos.

O LED tem uma largura de banda de emissão estreita e, por conseguinte, ao utilizar um LED e um fotodíodo, a largura de banda óptica estreita necessária para a detecção de gás pode ser alcançada sem filtros ópticos, como é necessário para as fontes incandescentes e outras. Contudo, a fonte de radiação pode ser um LED que utilize um filtro passa-banda óptico para reduzir o perfil de emissão óptica, mas que remova todas as outras frequências de luz que possam causar um erro no processo de detecção de gás. Um filtro passa-banda óptico desse tipo não pode remover mais de 25% da luz emitida a partir do LED, ao passo que, no caso do estado da técnica de uma fonte incandescente, a grande maioria da luz irradiada seria removida pelo filtro. Por conseguinte, o LED irradia uma largura de banda precisa e estreita que só é transmitida ou previamente filtrada de forma óptica mediante redução de largura de banda simples.

A Figura 2 ilustra um corte transversal da fonte de radiação, o ecrã e o detector de radiação. Relativamente à Figura 2, a fonte de radiação do LED 2 e o detector de radiação de fotodíodos 3 estão montados lado a lado num substrato de interligação 4, com o ecrã 1 no meio. O ecrã pode ser formado como parte do substrato e o LED e/ou fotodíodo podem ser adjacentes ao ecrã. O ecrã pode estar a reflectir. As superfícies do LED e/ou fotodíodo voltadas para o ecrã podem estar a reflectir. Em alternativa, o ecrã

pode ser um revestimento reflector numa ou mais das superfícies do LED ou fotodíodo voltadas umas para as outras.

Tanto a fonte de radiação como o detector nesta forma de realização baseiam-se no material III-V de índio-alumínio-antimónio ( $\text{In}_{(1-x)}\text{Al}_x\text{Sb}$ ) da banda proibida estreita, desenvolvido num substrato de gálio-arsenieto (GaAs), a banda proibida de cada um podendo ser ajustada para uma largura muito estreita, de modo a fornecer emissão de luz e detecção específicas do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e monóxido de carbono (gases CO) ou outros gases seleccionados sem a utilização de filtros ópticos dispendiosos e circuitos diferenciadores complicados. O LED e o fotodíodo podem ser fabricados a partir do mesmo substrato semiconductor. O LED e o fotodíodo também podem ser fabricados a partir de substratos muito semelhantes, variando apenas nas espessuras da camada epitaxial, que podem ser ajustadas para melhorar o desempenho da emissão de luz, no caso do LED, ou a acumulação, no caso do fotodíodo. Noutras formas de realização, a fonte de radiação e o detector de radiação podem compreender um ou mais elementos de LED ou fotodíodo discretos, respectivamente.

A invenção não está limitada a este tipo de fonte de radiação e detector de radiação. Por exemplo, os compostos de cádmio-mercúrio-telureto são úteis com frequências ultravioletas. Embora os detectores e as fontes de radiação no estado sólido sejam convenientes para aplicação miniaturizada, a presente invenção também pode ser implementada utilizando fontes incandescentes e detectores piroeléctricos ou tipo termopilha.

O substrato de interligação 4 e/ou ecrã são condutores térmicos e fornecem comunicação térmica entre o LED e o fotodíodo. A comunicação térmica permite a transferência de calor do LED para o fotodíodo. Isto fornece a vantagem de reduzir a diferença de temperatura entre o LED e o fotodíodo, simplificando assim a compensação de quaisquer efeitos dependentes da temperatura no funcionamento do LED e/ou fotodíodo. Esta abordagem contrasta com as aplicações eléctricas mais comuns de camadas condutoras em que o calor é transferido para longe dos semicondutores. O efeito de aquecimento pode ser utilizado para manter o fotodíodo numa temperatura elevada em comparação com o meio, mantendo-o assim no lado positivo do ponto de condensação da atmosfera e, por conseguinte, reduzindo o risco de formação de condensação no fotodíodo.

O substrato pode ter, integrado ou montado, um meio de controlo de temperatura 12, tal como um aquecedor ou refrigerador (dispositivo Peltier ou semelhante), que possa ser controlado e alimentado de modo a afectar a temperatura do LED e do fotodíodo em simultâneo.

A detecção de temperatura pode ser realizada mediante a utilização de um dispositivo adicional (não ilustrado), tal como um termistor, que pode estar dentro do substrato ou sobre o mesmo, ou pode ser realizada através da medição das características do emissor ou do detector. Por exemplo, a tensão directa do LED irá variar consoante a temperatura.

O substrato fornece uma instalação estrutural para o LED e fotodíodo no sensor de gás. O substrato pode ter um formato que ajude no posicionamento do detector ou da fonte de radiação para a instalação no substrato. O substrato também

pode fornecer componentes mecânicos que sirvam para posicionar de forma precisa o par óptico no compartimento óptico, evitando a necessidade de ajuste ou afinação durante o processo de montagem.

O LED e o fotodíodo estão munidos de camadas opticamente reflectoras 10, 11 nas respectivas superfícies. Estas camadas reflectoras podem ser incluídas no LED ou no fotodíodo, ou não serem incluídas de todo. As camadas reflectoras podem fazer parte do substrato ou ser aplicadas como um revestimento na parte posterior e/ou partes laterais do LED e/ou fotodíodo. O reflexo óptico melhora a eficiência tanto do LED como do fotodíodo. Uma percentagem da luz gerada ou detectada pode passar directamente por um dos dispositivos sem ser absorvida, contudo, a incorporação das camadas reflectoras funciona de modo a devolver a luz ao LED, melhorando a eficiência da emissão, ou, no caso do fotodíodo, pode aumentar significativamente a absorção, reduzindo a perda de luz da parte posterior ou partes laterais do fotodíodo.

Relativamente à Figura 3, é ilustrado um corte transversal de uma segunda forma de realização de um sensor de gás. Os elementos estão numerados como na Figura 1. Em comparação com a primeira forma de realização ilustrada na Figura 1, o reflector em forma de cúpula foi invertido. Nesta forma de realização, o substrato é uma placa de circuito impresso alongada que se projecta ao longo de um diâmetro do compartimento reflector em forma de cúpula, que tem uma simetria radial. Este substrato permite a instalação de outros componentes (não ilustrados). Estes componentes podem incluir um sensor de temperatura (12 na Figura 2) que, devido à instalação lado a lado do LED e do fotodíodo,



permite a medição em simultâneo, através de um sensor de temperatura, do LED e do fotodíodo. Isto tem a vantagem de reduzir o total de componentes. Outros componentes ou conjunto de componentes que podem ser incorporados de modo adjacente ao LED e ao fotodíodo são os elementos de processamento de sinais, incluindo um pré-amplificador. Por exemplo, o pré-amplificador pode ser instalado no substrato junto ao par LED/fotodíodo com os restantes componentes de processamento e electrónica sendo posicionados na próxima posição disponível no substrato longe do par LED/fotodíodo. Nesse caso, existe uma vantagem no facto de o pré-amplificador e do processador estarem posicionados de modo adjacente ao LED e ao fotodíodo. Todos os sinais de modulação eléctricos podem ser transmitidos ao LED com uma captação de ruído minimizada. Além disso, os mesmos componentes podem detectar o sinal a partir do fotodíodo, que pode estar no alcance nA. Estes sinais de baixo nível são igualmente sensíveis aos efeitos da captação de ruído e a localização dos elementos de processamento adjacentes ao detector reduz o efeito dessa captação de ruído. Outra vantagem da existência de componentes de processamento e amplificação de sinais no compartimento de um sensor de gás é a blindagem fornecida pelo compartimento metálico. As aberturas no compartimento podem reduzir essa blindagem, mas os circuitos que contêm os componentes podem ser concebidos de modo a compensar qualquer efeito de antena do compartimento para alcançar um sistema tendencialmente nulo.

Relativamente à Figura 4, é ilustrada uma vista em perspectiva da segunda forma de realização de um sensor de gás. São ilustrados dois filtros de gás 13, 14 com a placa de circuito impresso (PCI) 4 muito estreita posicionada no

meio de ambos. Em alternativa ao posicionamento dos componentes de controlo de temperatura e processamento de sinais 15 no emissor/colector PCI conforme referido acima, os mesmos são posicionados numa segunda PCI 16. Assim, é possível ter o pré-amplificador separado do par LED/fotodíodo devido à utilização de uma ligação de tomada central no centro de uma série de elementos de fotodíodo discretos que ligam o detector de radiação juntamente com os outros dois terminais do LED através dos pinos 17 a:

- a) dois amplificadores de transimpedância independentes e às saídas diferencialmente amplificadas para combinar os sinais e anular todos os ruídos comuns; ou
- b) um amplificador de transimpedância diferencial.

Um compartimento externo tubular (não ilustrado) pode ser colocado em torno da unidade, o que forma uma gaiola de Faraday entre o reflector metálico, o tubo externo e uma camada de blindagem incorporada na segunda PCI, melhorando assim o isolamento eléctrico dos componentes, bem como constituindo um suporte estrutural.

A Figura 5 ilustra um corte transversal de metade da superfície interna 6 da cúpula noutra forma de realização da presente invenção. A cúpula tem uma superfície interna que compreende diversas superfícies inferiores 51 a 59, ilustradas na secção como arcos, cada uma definida por um raio R9.3711 a R9.0104 respectivamente e um ponto central 60, cada superfície inferior sendo tangente a uma superfície inferior adjacente e tendo um raio e uma localização central diferentes da superfície inferior adjacente. Os desvios dos pontos centrais 61, 62 das linhas de referência perpendiculares 63 e 64 respectivamente são

igualmente ilustrados. O emissor e o detector situam-se na linha de referência 64. A superfície é definida pelos arcos identificados por 51 a 59 (e respectivo reflexo em torno da linha de referência 63) que se deslocam 180 graus mediante rotação em torno da linha de referência 64. Outra forma de realização pode ter o comprimento do arco a tender para zero, fornecendo assim uma curva continuamente variável da linha de referência 63 à linha de referência 64.

As superfícies inferiores internas desta forma de realização são semitoroidais. Por conseguinte, a superfície interna não forma um reflector focado.

A cúpula funciona para reflectir, o mais perto possível, a radiação do emissor 2 através de um único reflexo na localização espelhada idêntica do detector 3, independentemente do ângulo de saída de radiação do emissor. Isto é ilustrado nas Figuras 6 e 7.

Relativamente à Figura 6, os raios de luz 65, 66 que saem do centro 67 do emissor 2 reflectem-se através da superfície interior 6 como raios 68, 69 no centro do detector 70. Os raios de luz 71, 72 que saem do lado exterior 73 do emissor 2 reflectem-se como raios 74, 75 no lado exterior do detector 76.

Relativamente à Figura 7, em relação à Figura 6, os raios de luz 65, 66 que saem do centro 67 do emissor 2 reflectem-se através da superfície interior 6 como raios 68, 69 no centro do detector 70. Os raios de luz 77, 78 que saem do lado interior 79 do emissor 2 reflectem-se como raios 80, 81 no lado interior do detector 82.

O emissor e o detector estão posicionados numa instalação comum ligeiramente afastados, normalmente 3 mm entre os centros. Os raios mutuamente tangentes que formam o perfil deslocado da superfície toroidal foram criados de modo a que o comprimento do percurso do emissor e do detector seja, em média, igual. O número de raios tangentes utilizados para criar o perfil deslocado da superfície toroidal determina a variação no comprimento do percurso para cada ângulo do raio entre o emissor e o detector e, portanto, a afirmação de que o comprimento do percurso para cada raio específico é, em média, igual refere-se ao comprimento do percurso médio de cada raio, que geralmente ocorre no ponto médio do raio. Por isso, para além de um ponto específico em cada raio, o comprimento do percurso varia continuamente na face de cada raio e, por conseguinte, na face da curva deslocada toroidal, dentro dos limites estabelecidos pelo número de raios seleccionados na criação da curva deslocada.

Esta cúpula efectua a transferência da imagem do emissor para o detector, sem nenhum foco. A imagem pode ser concentrada em direcção ao centro do detector quando os componentes saem do alinhamento. Isto aumenta a tolerância de fabrico da unidade.

A superfície é formada mediante o revestimento de prata de um componente moldado por injeção que faz parte do compartimento do sensor e não fornece uma instalação para o emissor e o detector.

Relativamente à Figura 8, o emissor 2 e o detector 3 estão ligados a uma ponte PCI (placa de circuito impresso) 4 que serve para fornecer uma ligação eléctrica, um percurso

térmico e um meio de instalação ajustável na montagem para otimizar a localização da acumulação de radiação reflectida no detector. Outros componentes são identificados como nas figuras anteriores. Um LED emissor em superfície normal pode ter uma superfície de emissão com uma área de  $1 \text{ mm}^2$ , e a localização da ponte que instala o emissor e o detector é ajustada para fornecer, o mais perto possível, uma acumulação de radiação (quase idêntica à irradiada) que atinja o fotodíodo do detector (uma vez que a iluminação não focada fornece uma maior eficiência) que é do mesmo tamanho. Se a ponte PCI for mal ajustada numa direcção, a radiação emitida total nunca irá focar-se num único ponto. O ajuste é efectuado quando a ponte PCI é elevada ou baixada na direcção ilustrada 83 em resposta à realimentação, de modo a que o detector receba a intensidade do sinal. Quando o ajuste é o ideal, a localização da ponte 4 em relação à cúpula 5 é bloqueada, por exemplo mediante colagem dos pinos de interligação da PCI na cúpula 5. A soldagem também pode ser utilizada, por exemplo soldando os pinos para os bloquear na posição devida na ponte PCI 4 ou na base PCI 16. É possível utilizar outras formas de efectuar o ajuste para uma posição ideal, por exemplo o ajuste pode mover a ponte 4 em relação aos pinos 17 e a posição pode ser bloqueada fixando a ponte aos pinos após o ajuste. A soldagem também pode ser utilizada para bloquear, por exemplo soldando os pinos na posição devida na ponte PCI 4 ou na base PCI 16. O bloqueador da ponte PCI 84 funciona como um limite para o ajuste durante a montagem e impede que a unidade se quebre no caso de o meio de bloqueio falhar durante a utilização.

Não existe qualquer limite para a gama de ângulos que a luz emitida a partir do LED pode reflectir no interior do

compartimento, com a excepção da reflectividade óptica natural das superfícies do emissor e do detector. Por conseguinte, normalmente a radiação até cerca de 80 graus de semiângulo pode encontrar o seu trajecto do emissor até uma localização semelhante no detector.

Se for necessário detectar vários gases com o compartimento único ou forem necessários vários elementos do emissor ou detector, estes serão agrupados conforme descrito anteriormente para o fotodíodo ou LED único, mas, se forem necessários vários LEDs de frequência, serão agrupados numa área igual ou menor do que a área do detector. Nesta configuração, a radiação dos vários emissores irá atingir o detector numa localização correspondente semelhante à da emissão a partir do LED. Se forem necessários vários detectores, aplicar-se-á o mesmo princípio. Será igualmente aplicado o mesmo princípio para qualquer combinação de números de emissor e/ou detector.

Podem ser efectuadas outras modificações e melhoramentos sem ser necessário o afastamento do âmbito da invenção aqui descrita pelas reivindicações.

Lisboa, 10 de Novembro de 2010

## REIVINDICAÇÕES

1. Um sensor de gás compreendendo:

uma fonte de radiação (2);

um detector de radiação (3); e

um meio reflector (6) disposto de modo a reflectir a radiação da fonte de radiação (2) no

detector de radiação (3) ao longo de um percurso óptico, em que a fonte de radiação (2) e o detector de radiação (3) estão dispostos lado a lado e o meio reflector (6) está disposto de modo a reflectir a radiação (65, 66, 71, 72, 77, 78) divergente da fonte radiação (2) e a concentrar a radiação reflectida (68, 69, 74, 75, 80, 81) no detector de radiação (3), e

em que o meio reflector (6) compreende uma superfície que compreende diversas superfícies inferiores (51 a 59), cada uma definida por um arco com um raio e um ponto central (60),

### **caracterizado por**

as superfícies inferiores se deslocarem dos arcos mediante rotação em torno de um eixo (64), e cada superfície inferior (51 a 59) ser tangente a uma superfície inferior adjacente (51 a 59) e ter um raio e um ponto central (60) diferentes da superfície inferior adjacente (51 a 59).

2. O sensor de gás de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o eixo (64) estar alinhado com a fonte de radiação (2) e o detector de radiação (3).

3. O sensor de gás de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado por o comprimento do arco tender para zero.

4. O sensor de gás de acordo com qualquer uma das anteriores reivindicações, caracterizado por as superfícies inferiores (51 a 59) serem semitoroidais.

5. O sensor de gás de acordo com qualquer uma das anteriores reivindicações, caracterizado por a superfície (6) estar configurada para reflectir a radiação da fonte de radiação (73, 79) numa localização correspondente (76, 82) no detector de radiação, independentemente do ângulo de saída de radiação da fonte de radiação.

6. O sensor de gás de acordo com qualquer uma das anteriores reivindicações, caracterizado por a superfície (6) estar configurada para reflectir a radiação que sai do centro da fonte de radiação (67) no centro do detector de radiação (70), a radiação que sai do lado exterior da fonte de radiação (73) no lado exterior do detector de radiação (76) e a radiação que sai do lado interior da fonte de radiação (79) no lado interior do detector de radiação (82).

7. O sensor de gás de acordo com qualquer uma das anteriores reivindicações, caracterizado por a superfície (6) estar configurada para reflectir a radiação, de modo a que o comprimento do percurso óptico seja, em média, igual para cada superfície inferior.

8. O sensor de gás de acordo com qualquer uma das anteriores reivindicações, caracterizado por o meio reflector (6) compreender uma superfície reflectora de um compartimento (5).



9. O sensor de gás de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por o compartimento (5) ter, pelo menos, uma abertura (13, 14) para permitir o transporte de gás para dentro e para fora do sensor de gás.

10. O sensor de gás de acordo com qualquer uma das anteriores reivindicações, caracterizado por a fonte de radiação (2) e o detector de radiação (3) estarem montados num substrato comum (4) configurado para posicionar a fonte de radiação (2) e o detector de radiação (3) em relação ao compartimento (5).

11. O sensor de gás de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por o substrato estar configurado como um membro alongado (4) que se projecta ao longo de um diâmetro do compartimento (5).

12. O sensor de gás de acordo com qualquer uma das anteriores reivindicações, caracterizado por o membro alongado (4) ser ajustável, de modo a otimizar a localização de uma acumulação de radiação reflectida no detector de radiação (3).

13. O sensor de gás de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por o membro alongado (4) ser ajustável mediante deslizamento dos pinos (17).

14. O sensor de gás de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por os pinos (17) serem cabos eléctricos.

15. O sensor de gás de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 e 14, caracterizado por o membro alongado

ajustável (4) ser bloqueável em relação ao meio reflector (6).

16. O sensor de gás de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por o membro alongado ajustável (4) ser bloqueável mediante colagem dos pinos (17) ao meio reflector (6).

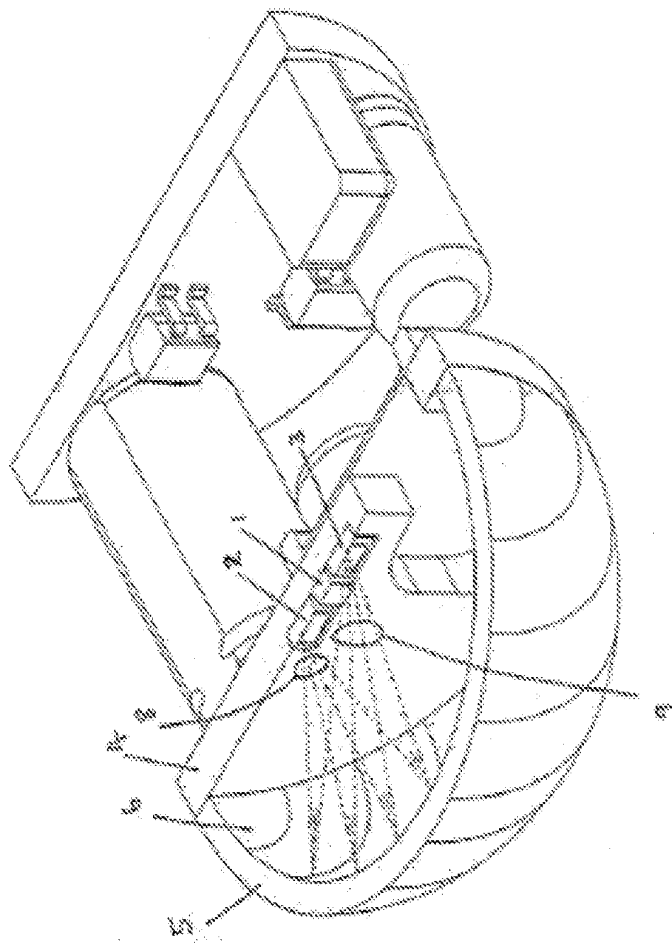
17. O sensor de gás de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por o membro alongado ajustável (4) ser bloqueável mediante soldagem dos pinos (17).

18. O sensor de gás de acordo com qualquer uma das anteriores reivindicações, caracterizado por o meio reflector (6) estar disposto, de modo a que o percurso óptico seja definido, pelo menos em parte, por uma cavidade que se projecta em torno da fonte de radiação (2) e do detector de radiação (3).

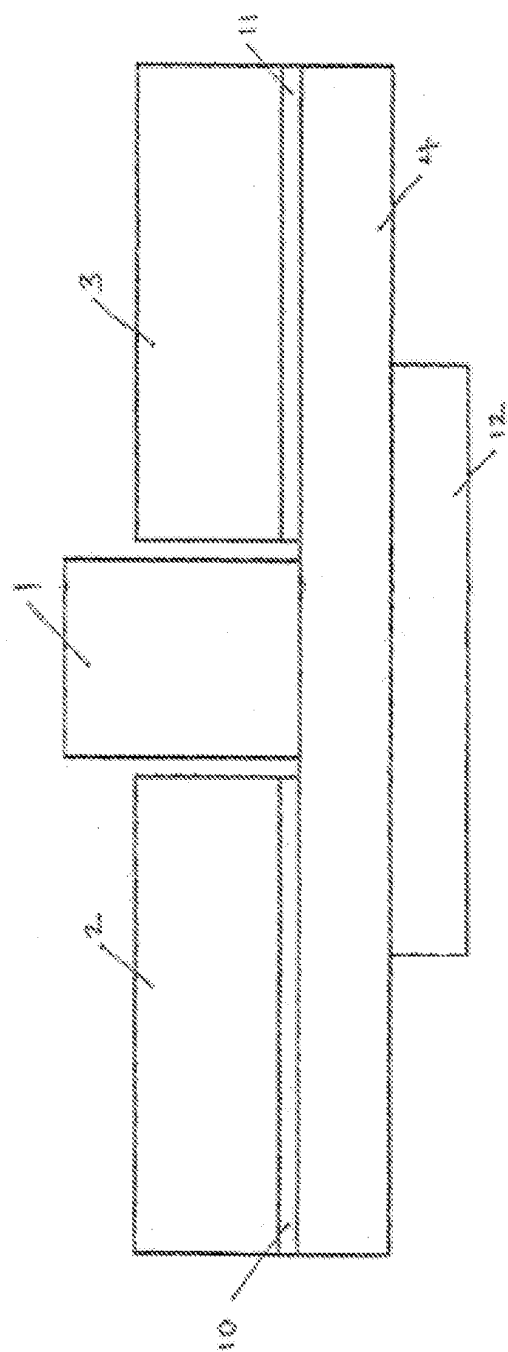
19. O sensor de gás de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por a cavidade estar limitada por um plano paralelo às superfícies da fonte de radiação (2) e do detector de radiação (3).

20. O sensor de gás de acordo com qualquer uma das anteriores reivindicações, caracterizado por a superfície (6) estar configurada, de modo a que a radiação proveniente de um ponto na fonte de radiação (2) se espalhe à medida que converge no detector de radiação (3).

Lisboa, 10 de Novembro de 2010



**Fig. 1**



**Fig. 2**

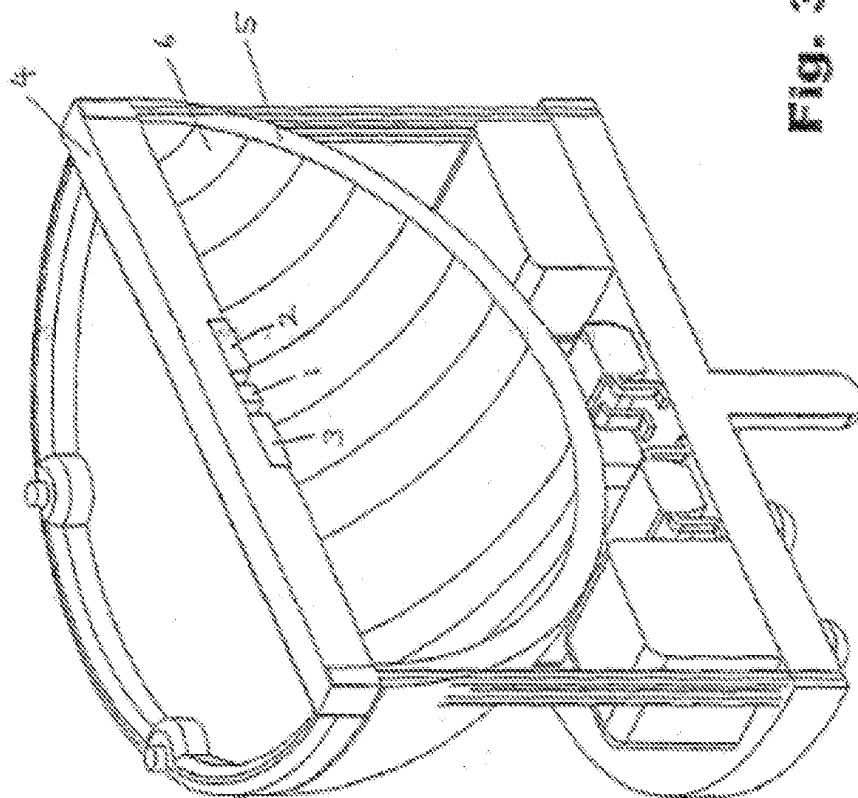
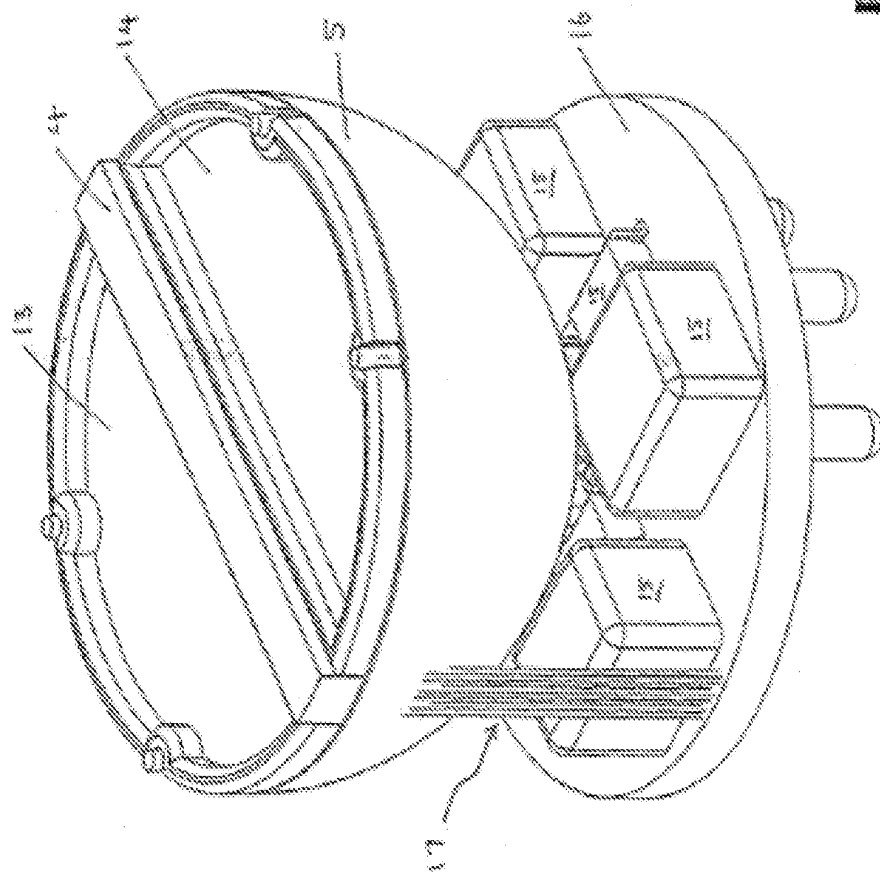
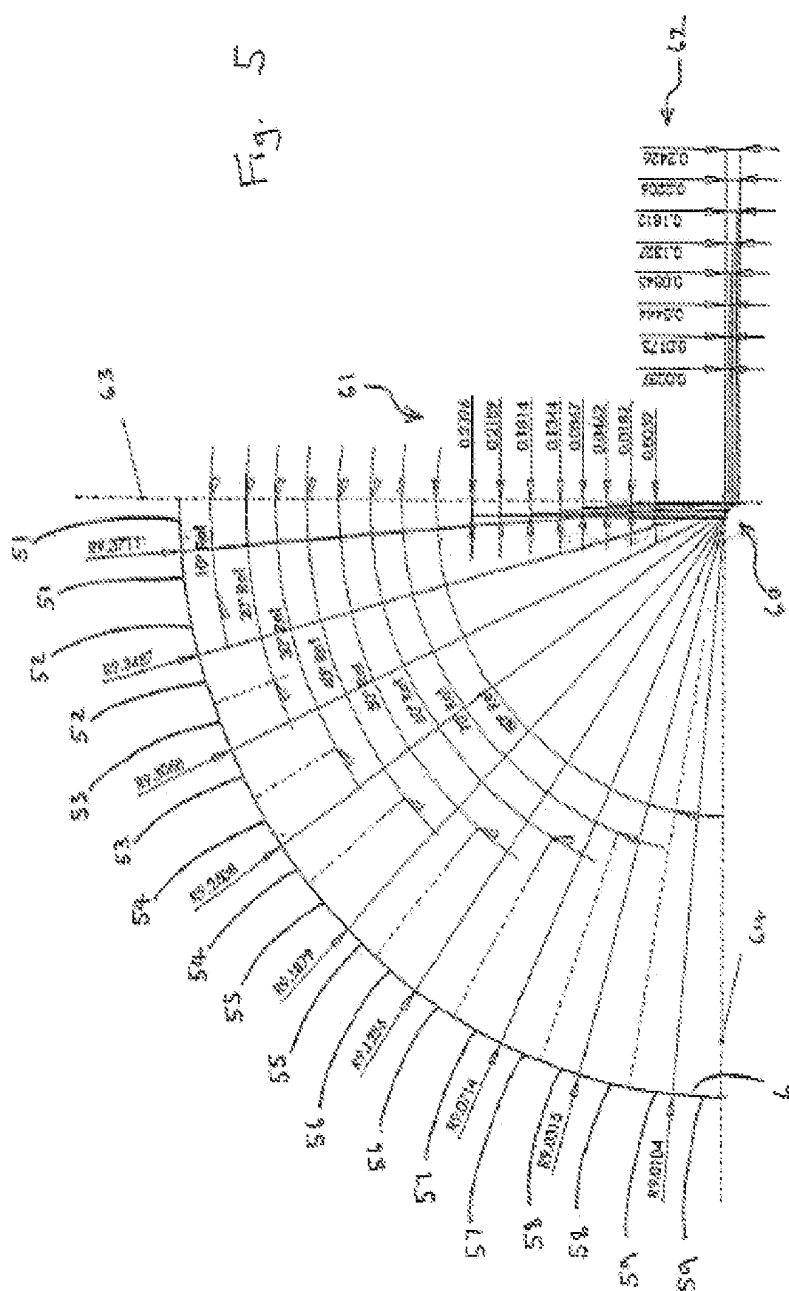


Fig. 3

**Fig. 4**



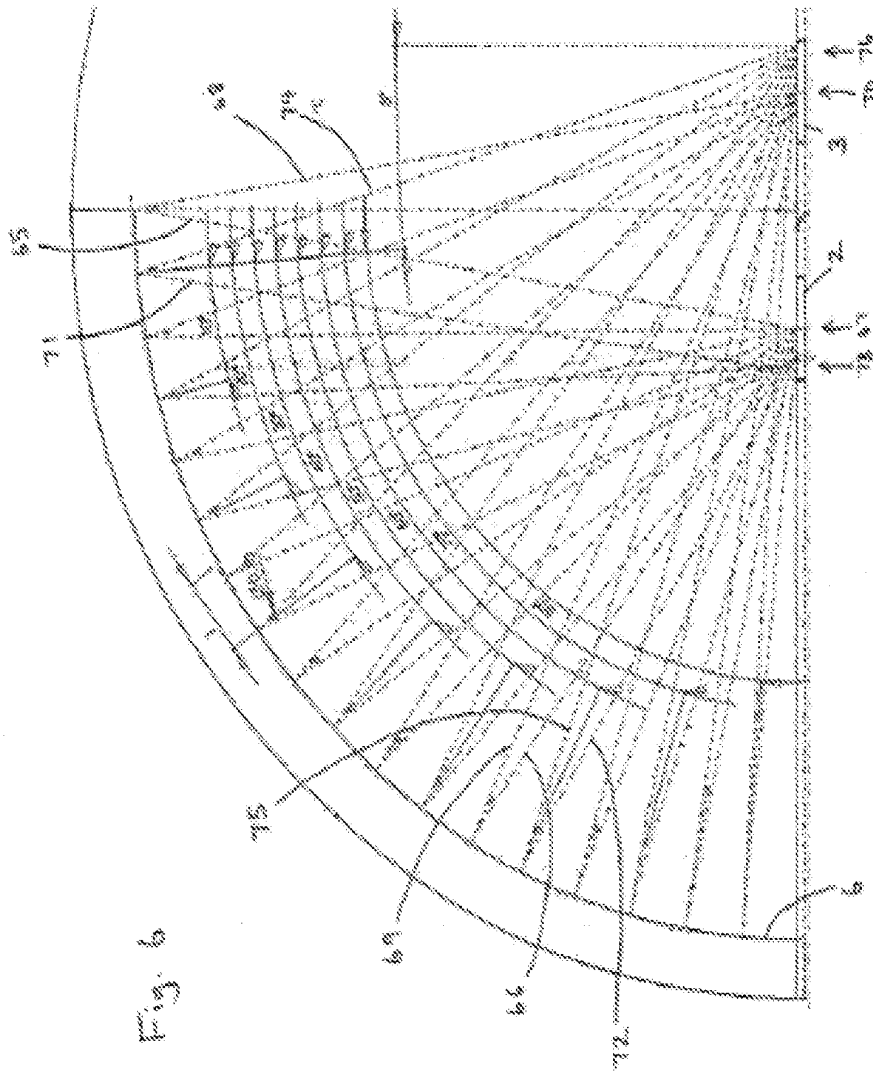


Fig. 6



