



PI0708807-8

“MODELO ÓTICO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE PARTICULADO”
ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

5 A qualidade ou pureza do produto (meio onde se dá a suspensão de partículas) em
linha de fabricação seja ele líquido, gás, produto farmacêutico, ou algo similar é do interesse
do especialista em processo, engenheiro, cientista, e outros. Uma medida da qualidade do
produto compreende de um ensaio da matéria particulada ou da concentração da matéria
10 particulada contida no produto final ou durante os vários estágios de produção do produto de
forma a se garantir que a matéria particulada na forma de um constituinte do processo ou
sob a forma de um produto do processo, exista em uma quantidade prescrita ou então den-
tro de uma tolerância adequada. Quando as partículas em suspensão são desconhecidas,
as partículas podem diferir em composição, tamanho, e formato. É bem sabido que a maté-
ria interage em uma variedade de maneiras, como exemplo temos através de absorção, re-
flexão ou espalhamento, e fluorescência para nominarmos umas poucas. Vários mecanis-
mos óticos têm sido projetados para a medição da matéria particulada contida em uma sus-
15 pensão, tal como o turbidômetro ou nefelômetro, contador de partículas, e densitômetro,
mas todos utilizam fundamentalmente configurações óticas, cada uma das quais designadas
para a medição de um atributo específico ou faixa de concentração das partículas suspen-
sas por meio de transmitância, reflexão, ou re-emitância da luz.

20 Uma outra restrição na configuração para medição ótica é a imposta por agencias
regulatórias ou através de métodos padronizados, como exemplo temos o Método Norte-
Americano EPA 180,1, o Método de Teste Padrão ASTM para determinação da Turvação da
Água D 1889-00, e o Padrão Internacional ISO 7027 para a determinação da turvação junto
a um ensaio de qualidade da água. Esses métodos e normas regulam a relação geométrica
quanto à emissão junto ao detector com o ângulo sólido do conjunto ótico de modo a garan-
25 tir que o instrumento com função similar desempenhe dentro dos mesmos parâmetros proje-
tados para fins de monitoração.

Outras limitações dos dispositivos no que tange a medição nefelométrica projetada
para determinação da presença de partículas em uma suspensão é a habilidade do disposi-
tivo em operar para uma vasta faixa de tamanhos de partículas e concentrações sem impe-
30 dimentos. Os contadores de partículas desempenham bem para baixas concentrações de
partículas, mas são propensos a bloqueios quando a concentração ou o tamanho das partí-
culas tornam-se maiores do que a habilidade do vapor em escoamento fazer-se passar atra-
vés de uma restrição, orifício ou capilaridade estreitos do interruptor de medição. Dispositi-
vos, tais como um turbidômetro, com trajetos de escoamento irrestritos são insensíveis para
35 pequenas concentrações de partículas devido que a técnica de medição primária baseia-se
no fato da energia da luz espalhada atingindo o mecanismo detector ser maior do que aque-
la do ruído auto-gerado pelo detector.

Ainda uma outra deficiência dos dispositivos utilizados na medição de partículas em suspensão compreende uma carência de mecanismos que possam avaliar falhas operacionais referentes ao estado do instrumento sem a interrupção do escoamento de partículas devido à introdução de um dispositivo de calibragem ou um procedimento de calibração, necessitando da interação entre um operador especialista ou um técnico da área e o dispositivo nefelométrico.

A invenção deste relatório descritivo elimina a necessidade por múltiplos dispositivos de medição nefelométricos e também de dispositivos de verificação do sistema de modo a se poder realizar o ensaio das partículas presentes ou ausentes ou o número delas em suspensão em um meio, bem como, a verificação quanto à habilidade de medição dos sistemas em acordo com os atributos de desempenho esperados.

ASPECTOS

Um aspecto da invenção inclui um sistema de medição compreendendo:

uma fonte luminosa configurada para fornecer luz ao longo de um primeiro eixo;

uma lente de reflexão alinhada ao longo de um segundo eixo aonde a lente de reflexão apresenta um primeiro foco no segundo eixo e um segundo foco no segundo eixo aonde o segundo foco encontra-se entre o primeiro foco e a lente de reflexão e aonde o segundo foco encontra-se posicionado próximo ao primeiro eixo;

uma lente de campo localizada no segundo eixo e posicionada de modo que o segundo foco da lente de reflexão ocorre no interior da lente de campo;

um sistema de lentes para retransmissão alinhado junto ao segundo eixo aonde o sistema de lentes para retransmissão forma um primeiro foco no segundo foco da lente de reflexão;

um sensor localizado no segundo eixo em um segundo foco do sistema de lente para retransmissão e configurado para detectar a luz espalhada próxima ao segundo foco da lente de reflexão.

Preferencialmente, o primeiro eixo é perpendicular ao segundo eixo.

Preferencialmente, a lente de campo é feita a partir de um material apresentando um índice de refração semelhante aquele para um meio de suspensão escoando através do sistema de medição.

Preferencialmente, a lente de reflexão é uma lente côncavo-convexa apresentando uma primeira superfície de refração e uma segunda superfície de reflexão.

Preferencialmente, a primeira superfície de refração e a segunda superfície de reflexão da lente côncavo-convexa são esféricas.

Preferencialmente, a primeira superfície de refração e a segunda superfície de reflexão da lente côncavo-convexa não são concêntricas.

Preferencialmente, a lente côncavo-convexa é feita de um material apresentando

um índice de refração maior do que aquele de um meio de suspensão escoando através do sistema de medição.

5 Preferencialmente, uma interrupção com abertura localizada no sistema de lentes para retransmissão aonde a lente de campo é configurada para focar uma imagem da interrupção com abertura na lente de reflexão.

Preferencialmente, o sensor apresenta uma pluralidade de áreas ativas aonde cada área ativa converte luz em carga.

10 Preferencialmente, um processador acoplado junto ao sensor e configurado para determinar pelo menos um dos seguintes itens: um contador de partículas por unidade de volume, turvação, uma taxa de escoamento de um meio de suspensão.

Preferencialmente, o sistema de medição compreende ainda:

uma esfera de integração apresentando um acesso de admissão e um acesso de escape aonde a esfera de integração apresenta-se no primeiro eixo oposto à fonte luminosa e o acesso de admissão encontra-se alinhado com o primeiro eixo;

15 um detector alinhado com o acesso de escape e configurado para detectar a intensidade da luz na esfera de integração.

Preferencialmente, o acesso de admissão encontra-se posicionado substancialmente a 90 graus com respeito ao acesso de escape.

20 Um outro aspecto da invenção compreende de um método para a medição da luz espalhada, compreendendo:

iluminação de um volume de amostra ao longo de um primeiro eixo aonde o volume de amostra contém particulados suspensos em um meio;

25 focagem da luz espalhada a partir dos particulados suspensos no meio ao longo de um segundo eixo junto a uma imagem intermediária utilizando uma superfície de reflexão aonde a imagem intermediária encontra-se localizada no interior de uma lente de campo;

focagem da imagem intermediária em um sensor utilizando um sistema de lentes.

Preferencialmente, o método compreende ainda:

bloqueio de uma porção da luz espalhada a partir dos particulados suspensos no meio aonde a porção bloqueada apresenta-se dependente do ângulo da luz espalhada.

30 Preferencialmente, o método compreende ainda do primeiro eixo sendo perpendicular ao segundo eixo.

Preferencialmente, o método compreende ainda da superfície de reflexão apresentar-se em uma lente côncavo-convexa tendo uma primeira superfície de refração e uma segunda superfície de reflexão.

35 Um outro aspecto da invenção compreende de um sistema de medição, compreendendo:

uma fonte luminosa direcionada ao longo de um primeiro eixo e configurada para i-

luminar um volume de amostra aonde o volume de amostra contém particulados suspensos em um meio;

uma esfera de integração apresentando um acesso de admissão e um acesso de escape aonde o acesso de admissão encontra-se localizado no primeiro eixo oposto a fonte luminosa e a esfera de integração encontra-se configurada para coletar a luz vinda da fonte luminosa passando através do volume de amostra;

um sensor alinhado com o acesso de escape e configurado para detectar uma quantidade de luz coletada pela esfera de integração.

Preferencialmente, o acesso de admissão encontra-se posicionado substancialmente a 90 graus com respeito ao acesso de escape.

Preferencialmente, o acesso de admissão não encontra-se no campo de visão do sensor.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 compreende de uma vista seccional do perfil ótico de um sistema de medição de particulados em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 2 compreende de uma primeira vista lateral do sistema de medição de particulados em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 3 compreende de uma segunda vista lateral, com a lente côncavo-convexa removida, de um sistema de medição de particulados em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 4 compreende de uma vista seccional do trajeto de escoamento de um sistema de medição de particulados em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 5 compreende de um diagrama de blocos do perfil ótico do trajeto de detecção em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 6 compreende de um diagrama de blocos do perfil ótico quando utilizando mais do que um trajeto de detecção em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 7 compreende de um diagrama de blocos do perfil ótico do trajeto da fonte luminosa em uma modalidade de exemplo da invenção.

As Figuras de 7a a 7g compreendem diagramas de blocos de várias disposições e construções de máscaras com aberturas utilizadas para discriminação do ângulo de espalhamento a partir de partículas em suspensão em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 8 compreende de um diagrama de blocos do perfil ótico da área de visão dos meios em suspensão em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 9 compreende de um diagrama de blocos de um sistema de medição de particulados utilizando uma pluralidade de trajetos da fonte luminosa em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 10 compreende de um diagrama de blocos do perfil ótico de um sistema

de medição de particulados com uma fonte virtual de coroa anular e a segunda fonte luminosa em uma modalidade de exemplo da invenção.

5 A Figura 11 compreende de um diagrama de blocos do perfil ótico de um sistema de medição de particulados com uma área sem revestimento da superfície da lente convexa e uma segunda fonte luminosa em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 12 compreende de um diagrama de blocos do detalhe ótico de uma calibragem local e mecanismo de verificação utilizando luz da fonte luminosa primária e mecanismo de comutação ótico para desviar uma porção da fonte primária para o mecanismo de verificação e calibragem em uma modalidade de exemplo da invenção.

10 DESCRIÇÃO DETALHADA DA MODALIDADE PREFERIDA

As Figuras de 1 a 12 e o relatório descritivo exibem e detalham os exemplos específicos para aqueles especialistas na área em como utilizar e por em prática o melhor modo da invenção. Com a finalidade de ensinar-se os princípios inventivos, alguns aspectos convencionais foram simplificados ou omitidos. Os especialistas irão apreciar variações a partir desses exemplos que se inserem dentro do escopo da invenção. Os especialistas irão apreciar que as características descritas adiante podem ser combinadas em várias maneiras para a formação de múltiplas variações da invenção. Resultando que a invenção não se encontra limitada aos exemplos específicos descritos adiante, mas limitada somente pelas reivindicações e seus equivalentes.

20 A Figura 1 compreende de uma vista seccional do perfil ótico de um sistema de medição de particulados em uma modalidade de exemplo da invenção. O sistema de medição de particulados compreende: fonte luminosa 10, suporte flexível 27, lente côncavo-convexa 1, lente de recepção 6, lente de liberação 7, lente de campo 2, carcaça do dispositivo 19, esfera de integração 11, detector de transmissão 17, lente 3, máscara com abertura 9, lente 4, e detector de partícula 5. A fonte luminosa 10 é instalada no suporte flexível 27 e projeta uma luz ao longo de um primeiro eixo ótico AA. O suporte flexível 27 é utilizado para ajustar ou alinhar a relação angular entre a fonte luminosa 10 e a carcaça do dispositivo 19. Uma cavidade 8 é formada pela lente côncavo-convexa 1, lente de recepção 6, lente de liberação 7, lente de campo 2, e carcaça do dispositivo 19. O meio a ser testado escoia através da cavidade 8 ao longo de um eixo perpendicular junto ao plano do papel. Gaxetas ou dispositivos de vedação, por exemplo, anéis em "O", podem ser utilizados entre a lente e a carcaça do dispositivo para auxiliar na formação de uma vedação firme ao fluido no entorno da cavidade 8. A lente de liberação é instalada na carcaça do dispositivo 19 e alinhada com o primeiro eixo ótico AA. A esfera de integração 11 é instalada na carcaça do dispositivo 19 próxima a lente de liberação 7. A esfera de integração 11 apresenta um acesso de admissão 15 alinhado com o primeiro eixo ótico AA. O detector de transmissão 17 é instalado substancialmente a 90 graus ao acesso de admissão 15 em um acesso de escape 16 da esfera

de integração 11. A lente côncavo-convexa 1, a lente de campo 2, a lente 3, a máscara com abertura 9, e a lente 4 são alinhadas ao longo de um segundo eixo ótico BB. O detector de partículas 5 é instalado junto à carcaça do dispositivo e alinhado com o segundo eixo ótico BB. A superfície interna 12 da esfera de integração 11 pode ser preferencialmente revestida para alterar a refletividade ou acentuar a estabilidade, durabilidade, ou capacidade de manutenção da superfície refletiva.

A Figura 2 compreende de uma primeira vista lateral do sistema de medição de particulados em uma modalidade de exemplo da invenção. A fonte luminosa 10 pode ser um laser, um LED (Diodo Emissor de Luz), uma lâmpada incandescente, ou uma lâmpada de descarga, ou qualquer outra fonte de radiação coerente ou incoerente capaz de estimular o detector a produzir informação que seja utilizável. O ingresso 41 e a saída 44 de um escoamento através do dispositivo nefelométrico é feito pelo tubo de entrada 40 e pelo tubo de saída 43 facilitados pelas conexões 39 e 42 fixadas junto à carcaça do dispositivo 19. Uma vista da seção da garra de sujeição 33 na Figura 2 mostra o mecanismo pelo qual uma rosca 36 aplica força junto à garra de sujeição 33 para apertar a bucha do detector 32 retendo o apoio do detector 34 em uma posição fixa.

A Figura 3 compreende de uma segunda vista lateral, com a lente côncavo-convexa removida, de um sistema de medição de particulados em uma modalidade de exemplo da invenção.

A Figura 4 compreende de uma vista seccional do trajeto de escoamento de um sistema de medição de particulados em uma modalidade de exemplo da invenção. O sistema de medição de particulados compreende: lente côncavo-convexa 1, lente de liberação 7, lente de campo 2, carcaça do dispositivo 19, lente 3, máscara com abertura 9, lente 4, detector de partículas 5, tubo de entrada 40 e, tubo de saída 43. O ingresso 41 e a saída 44 de um escoamento através do dispositivo nefelométrico é feito pelo tubo de entrada 40 e pelo tubo de saída 43 facilitados pelas conexões 39 e 42 fixadas junto à carcaça do dispositivo 19. As vedações em "O" 45 e 46 vedam os tubos 43 e 40 junto à carcaça do dispositivo 19. O primeiro eixo ótico AA forma uma linha perpendicular junto ao papel e é centralizado na lente de liberação 7.

A Figura 5 compreende de um diagrama de blocos do perfil ótico do trajeto de detecção em uma modalidade de exemplo da invenção. A Figura 5 mostra a luz espalhada na direção da lente côncavo-convexa 1 pelas partículas no meio de suspensão 47 no plano do objeto 49. A lente côncavo-convexa 1, lente de campo 2, e lentes 3 e 4 ao longo do eixo ótico BB formam uma imagem ereta no plano da imagem 49" da partícula localizada no plano do objeto 49. Uma imagem intermediária das partículas é formada pela lente côncavo-convexa 1 ao longo do eixo ótico BB no plano de imagem 49', dentro da lente de campo 2. Através da formação da imagem intermediária no interior da lente de campo 2 somente a

porção da luz que é refletida, espalhada ou emitida a partir das partículas em direção a lente côncavo-convexa 1 são trazidas para foco no plano da imagem 49". Resultando que nenhuma imagem de partículas em suspensão é formada como resultado direto das lentes 3 e 4, mas tão somente como resultado da luz que está atingindo a lente côncavo-convexa 1.

5 Em uma modalidade de exemplo da invenção, a lente côncavo-convexa 1 compreende uma lente de emersão de material refrativo maior do que o índice de refração do meio de suspensão. A lente côncavo-convexa 1 apresenta uma primeira superfície de refração côncava em contato com o meio de suspensão, e uma segunda superfície de reflexão convexa. A primeira e segunda superfícies não necessitam de serem concêntricas e nenhuma
10 das superfícies necessita de serem concêntricas com o objeto no plano 49. Em uma modalidade de exemplo da invenção a primeira superfície de refração da lente côncavo-convexa 1 pode se apresentar inerte junto ao meio de suspensão. Devido à segunda superfície de reflexão da lente côncavo-convexa 1 ser protegida pela primeira superfície de refração, a lente côncavo-convexa 1 pode ser limpa sem perigo de danificar a superfície de reflexão mais
15 delicada. A primeira superfície de refração possibilita um grau de liberdade a mais na correção das aberrações óticas que podem de alguma forma degradar a qualidade da imagem nos planos de imagem 49' e 49" sem a necessidade de superfícies asféricas em benefício da redução do custo de produção. Devido que a capacidade ótica principal da lente côncavo-convexa ser fornecida através da superfície de reflexão, podem ser minimizados proble-
20 mas com a dispersão para uma ampla faixa de comprimentos de onda de teste. O raio marginal 50 a partir do plano do objeto 49 é refratado pela superfície côncava da lente côncavo-convexa 1, e se propaga na forma de um raio 50a para a superfície convexa refletiva da lente côncavo-convexa 1. Mediante a reflexão na superfície convexa revestida da lente, o raio refletido 50b é novamente refratado pela superfície côncava da lente côncavo-convexa 1 e
25 deixa a lente na forma de uma raio refratado 50c. Devido que o plano do objeto 49 e o plano da imagem intermediária 49', no interior da lente de campo 2, são deslocados ao longo do eixo ótico BB , ocorre uma pequena refração em cada lado da lente de campo 2 uma vez que o índice de refração entre o meio de suspensão 47 e o índice de refração da lente de campo 2 são semelhantes e a imagem intermediária 49" é concêntrica, ou próxima a isso, à
30 superfície convexa da lente de campo 2. A lente côncavo-convexa 1 fornece uma abertura numérica ampla que captura uma grande porção da luz espalhada de uma partícula no meio de suspensão 47. Em uma modalidade de exemplo da invenção, o excesso a 1/7 do total da luz espalhada pode ser utilizado para atingir o detector de partículas 5 no plano da imagem 49". O raio marginal 50c é refratado pela lente 3, como raio marginal 50d, e emerge da lente
35 3 como raio marginal 50e. A interrupção de campo 9 define a extensão pela qual os raios marginais espalhados de partículas no meio de suspensão 47 irão se propagar através do sistema ótico. Uma imagem da interrupção de campo 9 é formada próxima ou na superfície

da lente côncavo-convexa 1 na forma de imagem de interrupção de campo 9'. O raio marginal 50e propaga-se até a lente 4 e é refratado como raio marginal 50f, emergindo da lente 4 como raio marginal 50g aonde uma imagem ereta da partícula é formada a partir da luz espalhada do plano do objeto 49 no plano da imagem 49". O raio principal 51 segue um trajeto similar através do sistema ótico passando através do centro da interrupção de campo 9 e também através do centro da imagem 9' da interrupção de campo formada na superfície da lente côncavo-convexa 1. A interrupção de campo 9 é posicionada a partir da lente 4 de modo que o detector de partículas 5 apresente-se conjugado no ponto infinito da interrupção de campo 9. Assim, qualquer porção da imagem formada na interrupção de campo 9 atinge igualmente a superfície do detector de partícula 5.

O detector 5 pode compreender de um fotodiodo, Tubo Foto-Multiplicador (PMT), Dispositivo Com Carga Acoplada (CCD) ou sensor de imagem Semicondutor de Óxido de Metal Complementar (CMOS), ou qualquer outro mecanismo para converter luz ou radiação em valores quantificáveis do potencial ou corrente elétrica. Em uma modalidade de exemplo da invenção, detectores em um conjunto de área, tal como sensores de imagens CCD ou CMOS podem ser utilizados para medição da intensidade da imagem formada no sensor de imagem pela posição espacial e pela área de incremento. Utilizando-se esta informação, o dispositivo pode medir tamanho, formato, distribuição, ocorrência, e velocidade das partículas em suspensão no plano do objeto 49. A ampliação do objeto para imagem ao longo do eixo ótico BB é selecionada para fornecimento de uma resolução adequada para as medições de interesse e define a área máxima que pode ser medida na suspensão. Caso o tamanho do sensor de imagem seja de 6,4 x 4,8 mm e a ampliação do sistema ótico seja de 2x, então a área máxima que pode ser medida na suspensão será de 3,2 x 2,4 mm. Para um dado sensor de imagem um número fixo de sites foto sensitivos estão presentes como pixels de exemplo, 640 x 480, portanto, cada pixel tendo 10 μm e representando uma resolução de 5 μm de objeto por pixel na suspensão. Caso as partículas a serem medidas sejam, pelo menos, 2 a 3 vezes maiores do que a resolução do sistema, então uma medida razoável do tamanho e formato do objeto pode ser determinada. A profundidade da imagem ao longo do eixo ótico BB é determinada a partir do resultado do diâmetro ou largura do feixe de iluminação ao longo do eixo ótico BB e, ou a profundidade do campo do sistema ótico de imagem. Um volume de medição definido pode ser determinado utilizando a largura da iluminação ao longo do eixo ótico BB, a profundidade de campo do sistema ótico de imagem, a ampliação do sistema ótico, e o tamanho do detector de partículas. Uma contagem das partículas iluminadas ou fluorescentes no interior do volume de medição definido pode ser interpretado como uma contagem por milímetro cúbico. Caso o sensor de imagem seja de um tipo de integração, como no caso de sensores de imagens CCD e CMOS, o tempo de integração – o tempo alocado para a carga se acumular na área foto sensitiva do dispositivo, pode ser

utilizado para determinar a taxa de escoamento das partículas em suspensão para a medição do número de pixels excedentes durante o período de integração. A imagem resultante é por vezes referida como um "impacto", cuja largura e o tempo de integração conhecidos podem ser usados para se calcular a velocidade da partícula, determinando-se a taxa de escoamento do meio de suspensão. Quando a concentração de partículas em suspensão é suficientemente alta, as partículas individuais tornam-se indistinguíveis no sensor de imagem, mas elas podem ser medidas na forma de uma concentração de partículas por meio da carga total acumulada durante o período de integração conhecido no sensor de imagem, ou pelo produto de corrente em amperes do detector de partículas 5, na forma de um fotodi-
10 do, que esteja ligado às Unidades de Turvação Nefelométricas (NTU), Unidade Nefelométrica Formazina (FNU), Unidades McFarlane, ou qualquer outra unidade nefelométrica padrão para medição do embaçamento ou sujeira da suspensão calibrada, por uma concentração com padrão nefelométrico conhecido.

A invenção descrita não se encontra limitada a um único trajeto de detecção. A Fi-
15 gura 6 compreende um diagrama de blocos de um perfil ótico quando se utilizando mais do que um trajeto de detecção em uma modalidade de exemplo da invenção. Um segundo eixo ótico é introduzido substancialmente a 90 graus junto ao eixo ótico BB, ambos substancialmente a 90 junto ao eixo ótico da fonte luminosa. A dispersão da luz a partir da partícula no plano do objeto 49 é coletada e transmitida ao longo do eixo ótico CC na mesma maneira conforme já descrito para o caso da Figura 5 utilizando agora a lente côncavo-convexa 1A,
20 lente de campo 2A, lentes 3A e 4A, para formação de uma imagem ereta da partícula no detector de partículas 5A. As duas imagens são relacionadas, uma vez que a imagem formada no detector de partículas 5A é o perfil de imagem formada no detector de partículas 5. Em acréscimo a isso, os dois detectores, 5 e 5A não precisam apresentar a mesma resposta
25 espectral nem existe uma necessidade para as lentes côncavo-convexas 1 e 1A apresentarem a mesma refletividade espectral. De fato, o trajeto ótico pode ser alterado através da inclusão de filtros óticos ou por meio de revestir-se a refletividade ou pela resposta do detector de modo que cada trajeto ótico seja sensível para uma diferente porção do espectro de maneira a se determinar a absorção ou emissão a partir de partículas em suspensão no
30 meio 47 no plano do objeto 49 para comprimentos de onda seletivos.

A Figura 7 compreende um diagrama de blocos do perfil ótico do trajeto da fonte luminosa em uma modalidade de exemplo da invenção. Deseja-se impedir que a energia radiante dispersa se propague ao longo do eixo ótico BB para o detector de partículas 5. Portanto, a melhor forma de atuação é não se iluminar mais do volume de amostra do que a
35 parte que possa ser obtida a imagem no detector de partícula 5. A lente de recepção 6 foca a luz 53 como 53a a partir da fonte luminosa 10 para iluminar aquele volume de amostra que irá contribuir em forma de uma imagem do volume de amostra no detector de partícula 5.

Após a luz ter-se propagado através do volume de amostra, a lente de liberação 7 direciona a luz transmitida, não absorvida ou espalhada pelas partículas em suspensão, como a luz 53b, para o acesso de admissão 15 da esfera de integração 11. Faz-se o revestimento ou dá-se o acabamento na superfície interna 12 da esfera de integração 11 para esta ser difusivamente refletiva de modo a iluminar-se uniformemente a parte interna das superfícies da esfera de integração com a luz transmitida. Ao se proceder dessa maneira o detector de transmissão 17 irá medir a mesma intensidade de luz a despeito do ângulo exato ou distribuição exata da luz no interior do feixe de transmissão da fonte luminosa 10 ao longo do eixo óptico de iluminação AA. O acesso de escape 16 na esfera de integração 11 encontra-se posicionado substancialmente a 90 graus junto ao acesso de admissão da esfera de integração 11. De modo a se prevenir quanto à iluminação direta do detector de transmissão 17 e assim se reduzir as sensibilidades da incidência e posição do feixe, as linhas de visão do detector 54 e 54a do detector de transmissão 17 não incluem o acesso de admissão 15 ou a energia de transmissão incidente na superfície interna 12 da esfera de integração 11. Os sinais gerados a partir do detector de transmissão 17 e do detector de partículas 5 podem ser utilizados para determinarem a razão da luz transmitida pela luz espalhada ou para medição da absorção ou fluorescência das partículas. Uma outra vantagem do uso inovativo de uma esfera de integração para a medição da luz transmitida em um nefelômetro é dada pela re-distribuição da luz através da superfície mais interna 12 da esfera de integração 11, resultando em um decréscimo na intensidade da superfície no detector de transmissão 17, eliminando assim a necessidade para aprisionamento da luz ou filtros de densidade neutros para redução do valor máximo para a luz incidente atingindo o detector de transmissão 17.

Uma qualidade ímpar da invenção descrita é sua habilidade de obter a imagem de um objeto ou máscara, posicionados ao longo do eixo óptico BB na interrupção de campo 9, na ou próximo da superfície da lente côncavo-convexa 1. Conforme mostrada na Figura 7a, uma máscara anular 9a posicionada na localização da interrupção de campo 9, é utilizada para discriminar através da propagação permissível, somente aqueles raios que venham a ser refletidos ou espalhados do plano do objeto 49 para um ângulo reto em relação ao eixo óptico BB. As máscaras anulares 9b e 9c utilizadas em vista da interrupção 9 são utilizadas para alterarem o ângulo da propagação permissível do espalhamento enquanto que mantendo um rendimento do sistema óptico constante. O rendimento é utilizado para especificar a capacidade geométrica de um sistema óptico em transmitir radiação, ou seja, sua produção. O valor numérico do rendimento é tipicamente uma constante do sistema e é calculado como o produto do lado de abertura com o ângulo sólido da luz que é aceita pelo sistema. O rendimento pode ser conhecido também como a capacidade de coleta ou aglutinação da luz de um sistema óptico. Um diafragma da íris, conforme mostrado na Figura 7b, substituída por uma interrupção de campo 9 fixa da Figura 7 pode ser ajustada para alteração da quantida-

de de luz incidindo no detector de partícula 5 e também a totalidade do ângulo de espalhamento incluso do plano do objeto 49. A luz espalhada de uma partícula (ou de partículas) em direção ao feixe incidente de iluminação é referida como uma “dispersão de retorno” em termos nefelométricos. De outra forma, a luz espalhada para longe da fonte de iluminação é referida como a “dispersão adiante”. A luz espalhada a partir de uma partícula, nem em direção e nem para longe da luz incidente, é referida como “dispersão lateral” em linguagem nefelométrica. As aberturas ou máscaras nas formas mostradas na Figura 7c até a Figura 7g permitem a medição da quantidade de luz, por força da dispersão, espalhada de uma partícula (ou de partículas). Isto é bom para se ser capaz de medir as diferentes concentrações de partículas, uma vez que diferentes tipos de dispersão apresentam maiores utilizações quanto à linearidade ou sensibilidade dependendo da concentração de partículas no meio de suspensão. Uma máscara circular deslocada do eixo ótico BB posicionada na posição da interrupção de campo 9 da Figura 7, como na Figura 7c, é girada excentricamente junto ao eixo ótico BB como 9a, 9b, e 9c, para manter constante o rendimento do sistema ótico com seleção preferencial do ângulo de dispersão em torno do eixo ótico BB na forma de uma seção cônica. Duas máscaras semicirculares rotacionadas independentemente em torno do eixo ótico BB, laminadas em grande proximidade uma da outra na posição da interrupção de campo 9 da Figura 7, são mostradas como 9a, 9b, 9c, e 9d na Figura 7d. A rotação das máscaras cria independentemente uma abertura de setor através de onde uma porção da luz espalhada em torno do eixo ótico BB é permitida passar através do sistema ótico para o detector de partícula 5 na direção da dispersão selecionada. Uma máscara na forma de obturador (es) é utilizada para seleção de uma porção angular da luz emitida ou espalhada a partir do plano do objeto 49 conforme mostrado na Figura 7e. Um obturador é deslizado através da face de abertura 9 da Figura 7 para transmitir preferencialmente ou bloquear a propagação de raios junto ao detector de partículas 5 dependendo do ângulo de dispersão ou emissão do plano do objeto 49. O obturador na posição 9a da Figura 7e transmite luz que é espalhada adiante a partir do plano do objeto 49. Apresenta-se na Figura 7f, dois obturadores ajustados independentemente, ortogonais entre si, laminados em grande proximidade na posição da interrupção de campo 9 da Figura 7. A abertura, um setor, formada pelos dois obturadores pode ser transladada para fora do eixo ótico BB diferentemente do caso daquela abertura do setor formada pelas máscaras semicirculares da Figura 7d. Utiliza-se uma máscara pixilatada na posição da interrupção de campo 9 controlada por mecanismos de polarização seletiva da luz espalhada passando através de uma película de polarização e cristais líquidos eletricamente polarizados como no caso de uma transmissão LCD (Visualizador de Cristal Líquido), para bloqueio, via mecanismos de polarização cruzada, a que a luz se propague através do referido LCD ao longo do eixo ótico BB. Uma máscara pixilatada pode ser substituída por qualquer uma ou por todas as formas de aberturas previamente

descritas sem preferência. A escolha da máscara efetivamente seleciona os ângulos de reflexão que o detector 5 irá eventualmente processar. Alternativamente, quando somente o ângulo e ou a intensidade da luz espalhada ou emitida deve ser medida a partir do plano do objeto 49 e nenhuma imagem necessite de ser formada da(s) partícula(s) espalhada(s), como no caso da presença de partículas ou fluorescências, então uma disposição de imagens, tais como um sensor de plano de imagens CCD ou CMOS, é utilizada em substituição a interrupção de campo 9, conforme mostrado na Figura 7g. A luz incidindo nos pixels do sensor de plano da imagem é assim discriminada pelo ângulo de dispersão ou emissão uma vez que uma imagem do pixel é formada na superfície da lente côncavo-convexa 1 na forma de uma imagem de interrupção de campo 9'. Utilizando-se o perfil ótico apresentando múltiplos trajetos de detecção conforme mostrado na figura 6, podem ser usadas múltiplas máscaras apresentando diferentes áreas de mascaramento, de modo que medições diferenciadas do ângulo de dispersão para partículas podem ser feitas simultaneamente.

A Figura 8 compreende um diagrama de blocos do perfil ótico da área de visão do meio de suspensão em uma modalidade de exemplo da invenção. A luz vinda da fonte luminosa 10 se propaga na forma de um raio marginal 53 para a lente de recepção 6 constituindo uma iluminação ou imagem focalizada causticamente da fonte no plano do objeto 49. A luz que não se espalhou ou foi absorvida prossegue ao longo do trajeto ótico AA indo para a lente de liberação 7 aonde mediante a luz não-absorvida ou não espalhada pela matéria particulada é retransmitida para a superfície interna 12 da esfera de integração 11 através do acesso de admissão 15. Alternativamente, as lentes 6 e 7 não precisam apresentar a capacidade ótica no caso em que a luz sendo emitida para o meio de suspensão é colimada ou focalizada e o ângulo subtendido na esfera de integração é pequeno. As lentes 6 e 7 podem ser completamente removidas no caso em que o meio de suspensão não precise se apresentar isolado dos elementos externos do dispositivo, por exemplo, quando as partículas encontram-se suspensas no ar ou algum outro gás ou vapor.

Em uma modalidade de exemplo da invenção, uma pluralidade de trajetos de iluminação podem ser empregados. A Figura 9 compreende de um diagrama de blocos de um sistema de medição de particulados utilizando uma pluralidade de trajetos da fonte luminosa em uma modalidade de exemplo da invenção. A Figura 9 apresenta fontes luminosas 10, 10A e 10b projetando iluminação ao longo do eixo ótico 52, 52A, e 52B. Em uma modalidade de exemplo da invenção, as fontes luminosas 10, 1A e 10B não precisam apresentar a mesma emissão espectral ou podem ter comprimentos de onda de emissão selecionados através da introdução de material de filtro ótico ao longo do eixo ótico 52, 52A, ou 52B, ou por seleção criteriosa dos materiais óticos ou revestimentos óticos utilizados para as lentes 6, 6A, 6B, e, ou as lentes 7, 7A, e 7B.

Um outro aspecto da presente invenção é sua habilidade de introduzir luz no(s) tra-

jeto(s) de detecção com uma percentagem ou quantidade conhecida de maneira a facilitar a calibragem ou verificação do estado operacional do dispositivo sem interrompimento do escoamento ou fluxo das partículas. Uma calibragem ou verificação sem interrompimento é efetuada através da introdução de luz dentro do campo de visão do conjunto ótico de detecção ao longo do eixo ótico BB no plano da imagem da interrupção de campo 9', idêntica a da superfície da lente côncavo-convexa 1, conforme mostrado na Figura 10. O guia de onda anular 60, feito de material plástico transparente, vidro, ou outros tipos de materiais adequados, transporta a luz a partir da segunda fonte luminosa 56 ao longo do eixo ótico 59 entre as duas superfícies de guarnição por intermédio da Reflexão Interna Total (TIR), a partir da borda externa do guia de onda anular 60 junto à borda mais interna do guia de onda anular 60. A borda mais interna do guia de onda anular 60 pode ser preferencialmente aterrada, cauterizada, ou revestida de maneira a se dispersar a luz ao longo do eixo ótico BB na forma de uma coroa circular de raios marginais para formação de uma imagem do guia de onda anular 60 na interrupção de campo 9 e, subsequentemente, incidir igualmente no detector de partículas 5, uma vez que o detector de partículas encontra-se conjugado no infinito da lente 4. Através de seletivamente se permitir que a segunda fonte luminosa 56 emita luz a uma intensidade conhecida, pelo fornecimento de mecanismos mecânicos ou elétricos, a luz é introduzida ao longo do eixo ótico BB em adição a luz espalhada ou emitida a partir de partículas estimuladas pela fonte luminosa 10. Uma vez que a luz introduzida pela fonte luminosa 10 deve viajar através do meio de suspensão, a luz é afetada pela concentração de partículas no meio de suspensão por meio de absorção, espalhamento, e emissão da luz da mesma maneira conforme a luz transmitida a partir da fonte luminosa 10 para o detector de transmissão 17. A razão da quantidade de luz transmitida para o detector 17 a partir da fonte luminosa 10 pela quantidade de luz transmitida a partir da segunda fonte luminosa 56 para o detector de partículas 5 é constante, desde que a fonte luminosa 10 e a segunda fonte luminosa 56 emitam a uma intensidade constante e que todas as superfícies óticas degradem da mesma maneira. Uma condição anormal resulta a partir do fato do valor estabelecido da razão se encontrar desviado além de uma quantidade prescrita aonde se possa garantir execução, tanto da correção da condição anormal, quanto para a compensação do desvio da razão de maneira a retornar a razão ao seu valor estabelecido.

Uma vez que as lentes 3 e 4 retransmitem uma imagem a partir do interior da lente de campo 2, é também possível se utilizar esta disposição para optar-se por um material ou construção para a lente de campo 2 que irá proceder a dispersão parcial através de um campo elétrico aplicado ou outro tipo de estimulação levando a lente de campo 2 a alterar as características óticas junto ao objetivo, e redirecionando a luz emitida para a borda da lente de campo 2 por meio de espalhamento ou emissão da luz no interior da lente de campo 2 ao longo do eixo ótico BB e assim incidir no detector de partículas 5. Esta disposição apresenta

a vantagem da luz espalhada ou emitida apresentar-se desimpedida e não ser transmitida através do meio de suspensão e não ser afetada por películas biológicas ou por restos de materiais que entram em contato com o meio de suspensão, podendo assim resultar em uma fonte de calibragem ou verificação mais estável e reprodutível.

5 Alternativamente a luz pode ser introduzida ao longo do eixo ótico BB através de uma porção ou abertura central sem revestimento 58 no revestimento ótico da superfície convexa da lente côncavo-convexa 1, conforme mostrado na Figura 11. Uma imagem da segunda fonte luminosa 56 é trazida para focagem na superfície côncava da lente côncavo-convexa 1 idêntica a imagem 9' da interrupção de campo 9, pela lente 57 através da abertu-
10 ra central sem revestimento 58 na lente côncavo-convexa 1. O esquema alternativo para a introdução de luz a partir de uma segunda fonte luminosa difere do método descrito previamente na Figura 10, uma vez que nenhum radiador físico se encontra presente na superfície côncava I da lente côncavo-convexa 1, mas sim, uma imagem da segunda fonte luminosa 56, e aquela luz constituída de raios principais e não de raios marginais. A luz incidindo no
15 detector de partícula 5 é, entretanto, indistinguível, como resultado entre os métodos de introdução da luz da Figura 10 e Figura 11, uma vez que ambos emitem luz, efetivamente no plano da imagem 9' da interrupção de campo 9 no interior do campo de visão do conjunto ótico de detecção ao longo do eixo ótico BB.

Apresenta-se na Figura 12 um outro mecanismo para se introduzir luz ao longo do
20 eixo ótico BB para fins de calibragem ou verificação do estado operacional descrito pela presente invenção sem a necessidade de uma segunda fonte luminosa. A luz a partir da fonte luminosa 10 é emitida ao longo do eixo ótico BB através da lente de recepção 6 e a lente de liberação 7 via a abertura de liberação 15 do hemisfério de integração 13 para inci-
25 dência na superfície interna 12 da esfera de integração 11. A luz é difusivamente refletida por incidências múltiplas entre a superfície interna 12 da esfera de integração emergindo ao longo do eixo ótico 55 na abertura de escape 16 da esfera de integração 11. A superfície
30 ótica 61, por exemplo, selecionável via a rotação em torno do eixo de rotação 63 com, pelo menos, uma superfície ou abertura de transmissão 64, e pelo menos, uma área de reflexão 62, encontra-se posicionada além da abertura de escape 16 do hemisfério de integração 13 para refletir luz, substancialmente a 90 graus junto ao eixo ótico 55 ao longo do eixo ótico 68
ou transmitir luz ao longo do eixo ótico 55 dependendo do alinhamento da abertura 64 ou área de reflexão 62 junto ao eixo ótico 55. O posicionamento da superfície de reflexão 62 ao longo do eixo ótico 55, reflete a luz emergindo da abertura de escape 16 para incidir no de-
35 tector de transmissão 17 posicionado ao longo do eixo ótico 68, assim assegura-se uma medição da luz transmitida a partir da fonte luminosa 10. O posicionamento da abertura 64 ao longo do eixo ótico 55 permite a transmissão da luz ao longo do eixo ótico BB através da abertura central 58 da lente côncavo-convexa 1 via retransmissão da luz emitida a partir da

abertura de escape 16 através da interrupção de abertura 65, lente 66, fibra ótica 67, e lente 57. Uma imagem da extremidade da fibra ótica 67 é formada na superfície côncava da lente côncavo-convexa 1 através da abertura central 58 idêntica à imagem 9' da interrupção de campo 9, para incidência no detector de partículas 5 e, proporcionalmente a luz detectada pelo detector de transmissão 17 por meio da lente de campo 2, e a lente 3, interrupção de campo 9, e a lente 4.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de medição compreendendo de uma fonte luminosa (10) configurada para fornecer luz ao longo de um primeiro eixo, com o sistema de medição sendo **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

5 uma lente de reflexão (1) alinhada ao longo de um segundo eixo aonde a lente de reflexão (1) apresenta um primeiro foco no segundo eixo e um segundo foco no segundo eixo aonde o segundo foco encontra-se entre o primeiro foco e a lente de reflexão (1) e onde o segundo foco encontra-se posicionado próximo ao primeiro eixo;

 uma lente de campo (2) localizada no segundo eixo e posicionada de modo que o
10 segundo foco da lente de reflexão (1) ocorre no interior da lente de campo (2);

 um sistema de lentes para retransmissão (3,4) alinhado junto ao segundo eixo aonde o sistema de lentes para retransmissão (3,4) forma um primeiro foco no segundo foco da lente de reflexão (1);

 um sensor (5) localizado no segundo eixo em um segundo foco do sistema de len-
15 tes para retransmissão (3,4) e configurado para detectar a luz espalhada próxima do segundo foco da lente de reflexão (1).

2. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato do primeiro eixo ser perpendicular ao segundo eixo.

3. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo
20 fato da lente de campo (2) ser feita a partir de um material apresentando um índice de refração similar aquele de um meio de suspensão escoando através do sistema de medição.

4. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato da lente de reflexão (1) compreender uma lente côncavo-convexa (1) apresentando uma primeira superfície de refração e uma segunda superfície de reflexão.

25 5. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato da primeira superfície de refração e a segunda superfície de reflexão da lente côncavo-convexa serem esféricas.

 6. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira superfície de refração e a segunda superfície de reflexão da lente
30 côncavo-convexa não serem concêntricas.

 7. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato da lente côncavo-convexa (1) ser feita a partir de um material apresentando um índice de refração maior do que aquele de um meio de suspensão escoando através do sistema de medição.

35 8. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda:

 uma interrupção de abertura (9) no sistema de lentes para retransmissão (3,4) aon-

de a lente de campo (2) é configurada para focar uma imagem da interrupção com abertura na lente de reflexão (1).

5 9. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o sensor (5) apresenta uma pluralidade de áreas ativas aonde cada área ativa converte luz em carga.

10 10. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda:

um processador acoplado ao sensor (5) e configurado para determinar, pelo menos um dos seguintes itens: uma contagem de partículas por unidade de volume, turvação, uma taxa de escoamento de um meio de suspensão.

15 11. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda:

uma esfera de integração (11) apresentando um acesso de admissão (15) e um acesso de escape (16) aonde a esfera de integração (11) encontra-se no primeiro eixo oposto a fonte luminosa (10) e o acesso de admissão (15) encontra-se alinhado com o primeiro eixo;

um detector (17) alinhado com o acesso de escape (16) e configurado para detectar a intensidade da luz na esfera de integração (11).

20 12. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 11, **CHARACTERIZADO** pelo fato do acesso de admissão (15) encontrar-se posicionado substancialmente a 90 graus com respeito ao acesso de escape (16).

25 13. Método para medição da luz espalhada, compreendendo a iluminação de um volume de amostra ao longo de um primeiro eixo aonde o volume de amostra contém particulados suspensos em um meio, com o método **CHARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

focagem da luz espalhada a partir dos particulados suspensos no meio ao longo de um segundo eixo junto a uma imagem intermediária utilizando-se uma superfície de reflexão aonde a imagem intermediária encontra-se localizada no interior de uma lente de campo;

focagem da imagem intermediária em um sensor utilizando-se um sistema de lente.

30 14. Método para a medição da luz espalhada, de acordo com a reivindicação 13, **CHARACTERIZADO** pelo fato de compreender ainda:

bloqueio de uma porção da luz espalhada a partir dos particulados suspensos no meio aonde a porção bloqueada é dependente do ângulo da luz espalhada.

35 15. Método para a medição da luz espalhada, de acordo com a reivindicação 13, **CHARACTERIZADO** pelo fato do primeiro eixo ser perpendicular ao segundo eixo.

16. Método para a medição da luz espalhada, de acordo com a reivindicação 13, **CHARACTERIZADO** pelo fato da superfície de reflexão estar acima de uma lente côncavo-

convexa apresentando uma primeira superfície de refração e uma segunda superfície de reflexão.

17. Sistema de medição, compreendendo uma fonte luminosa (10) direcionada ao longo de um primeiro eixo e configurada para iluminar um volume de amostra (8) aonde o volume de amostra (8) contém particulados suspensos em um meio, com o sistema de medição sendo **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

uma esfera de integração (11) apresentando um acesso de admissão (15) e um acesso de escape (16) aonde o acesso de admissão (15) encontra-se localizado no primeiro eixo oposto à fonte luminosa (10) e a esfera de integração (11) sendo configurada para coletar a luz a partir da fonte luminosa (10) passando através do volume de amostra (8);

um sensor (17) alinhado com o acesso de escape (16) e configurado para detectar uma quantidade de luz coletada pela esfera de integração (11).

18. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato do acesso de admissão (15) estar posicionado substancialmente a 90 graus com respeito ao acesso de escape (16).

19. Sistema de medição, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato do acesso de admissão (15) não se apresentar dentro do campo de visão do sensor (17).

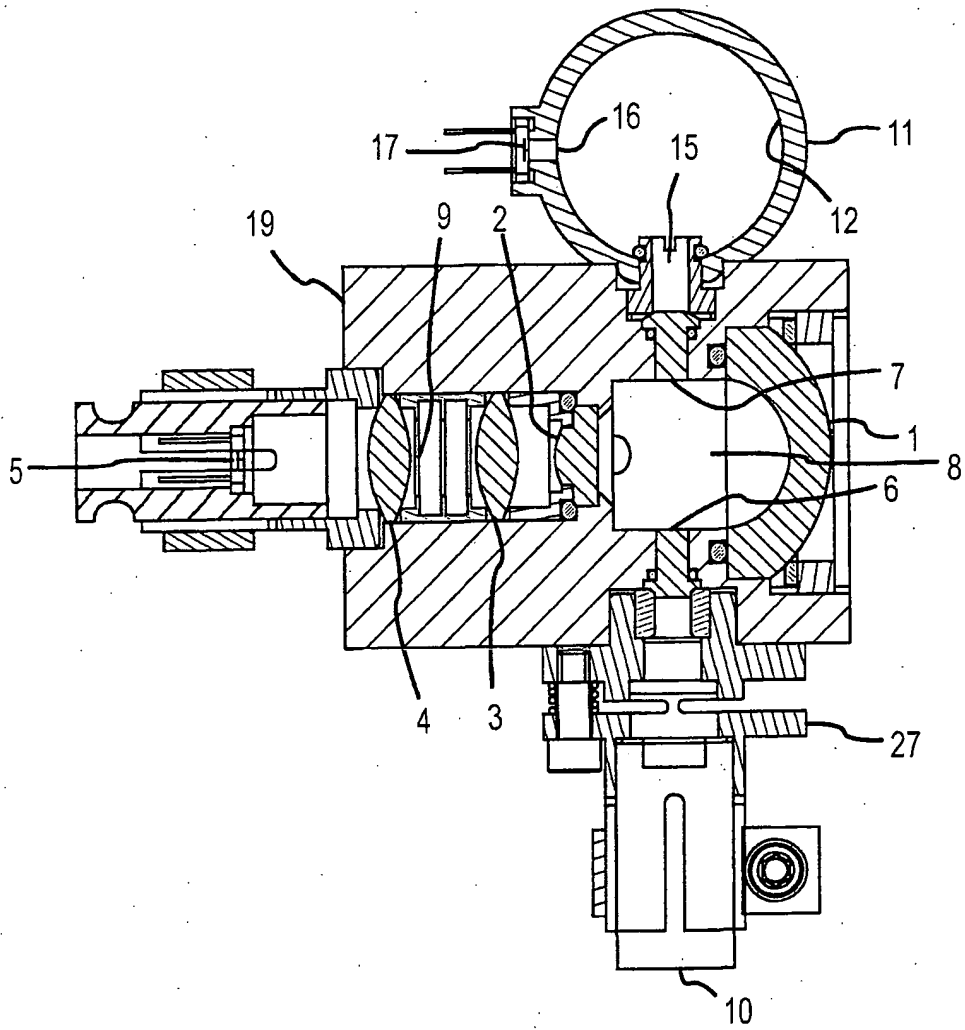


FIG. 1

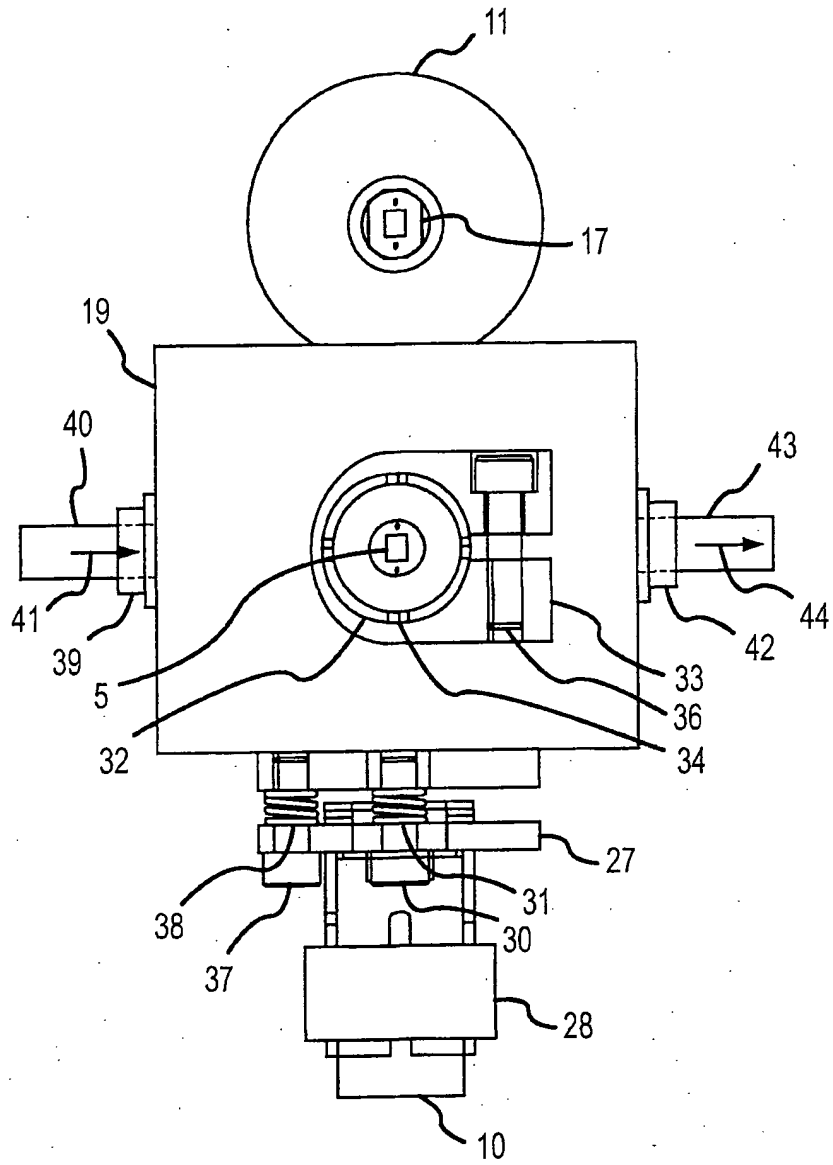


FIG. 2

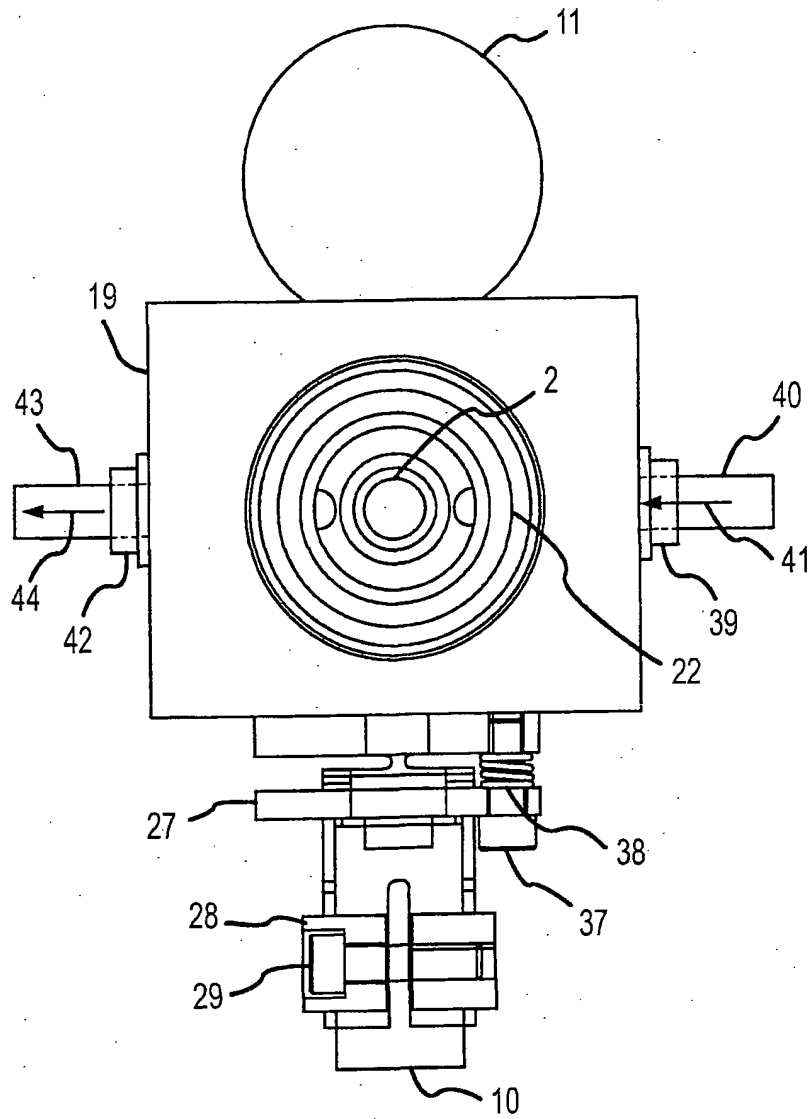


FIG. 3

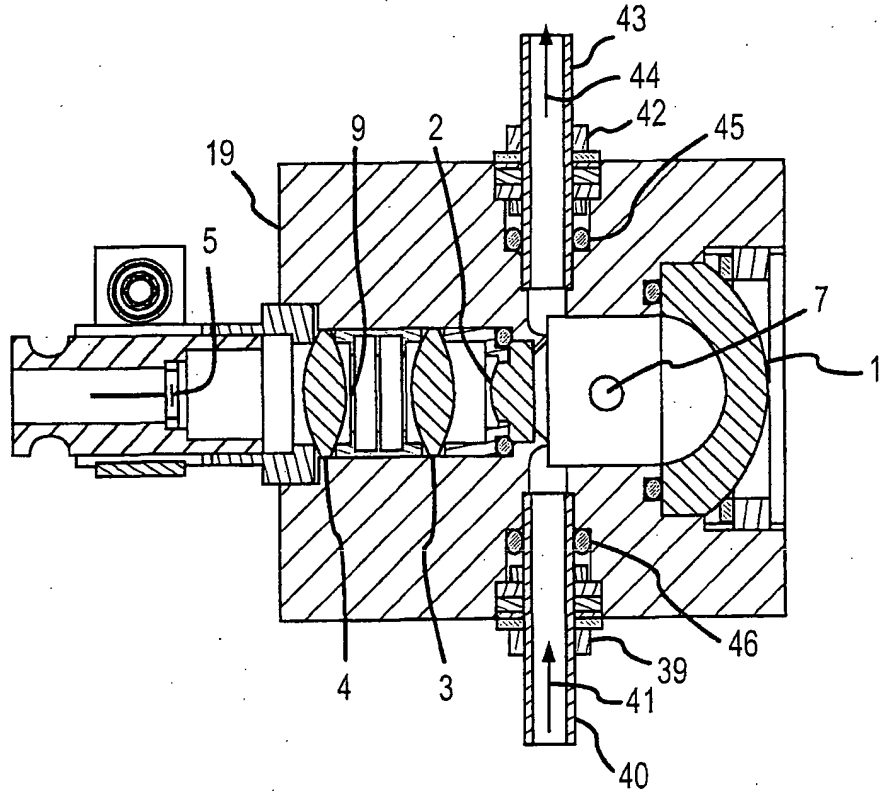


FIG. 4

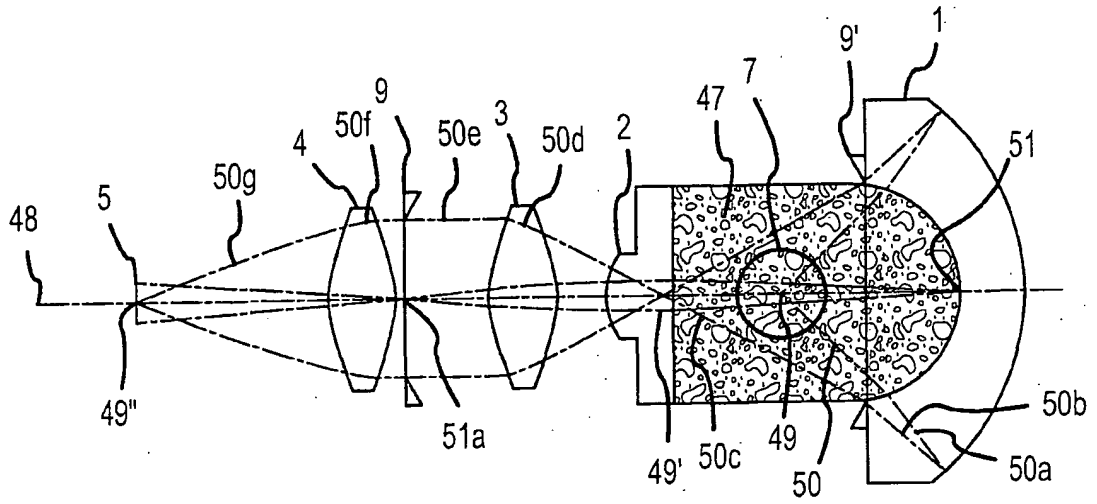


FIG. 5

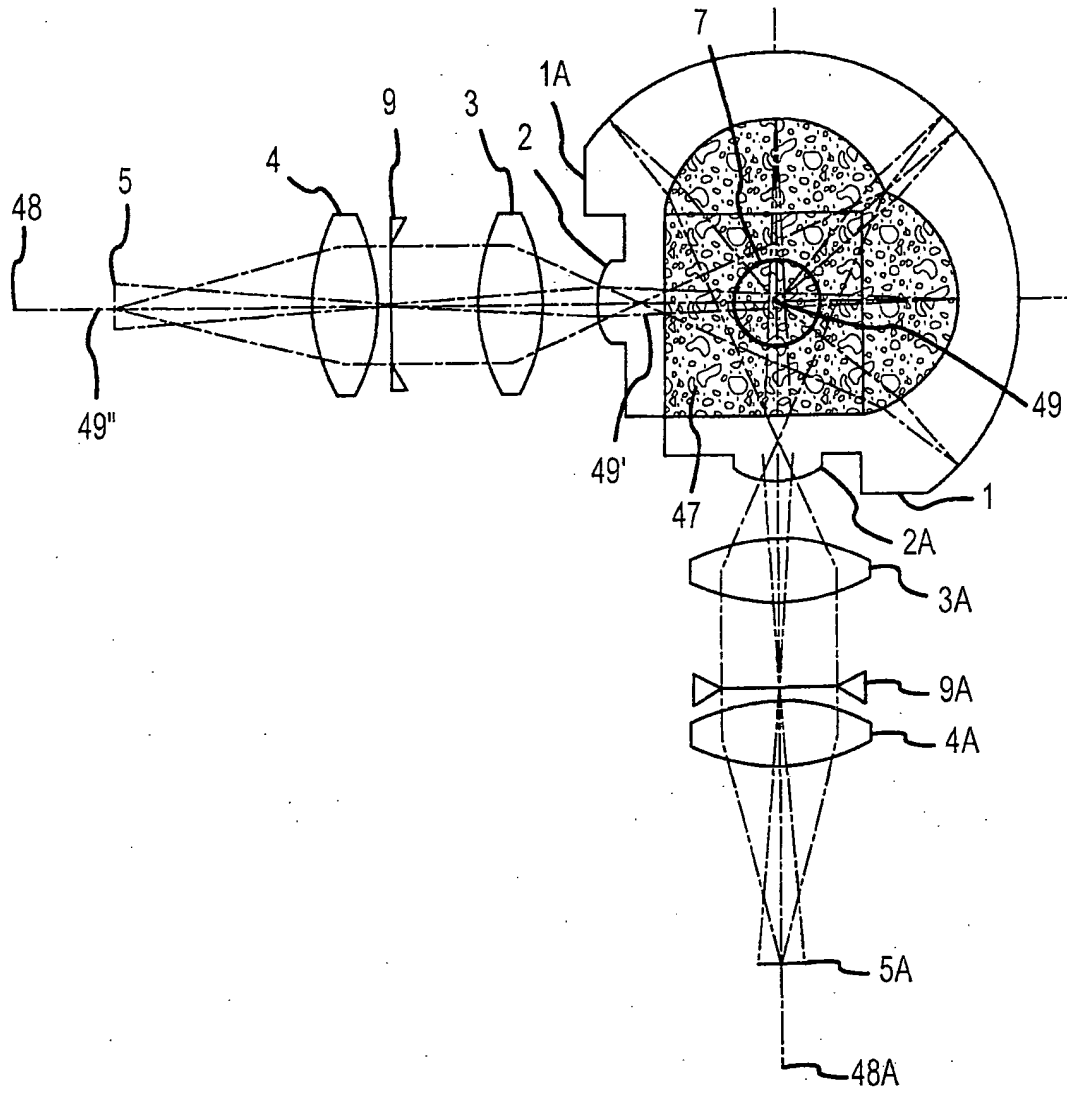


FIG. 6

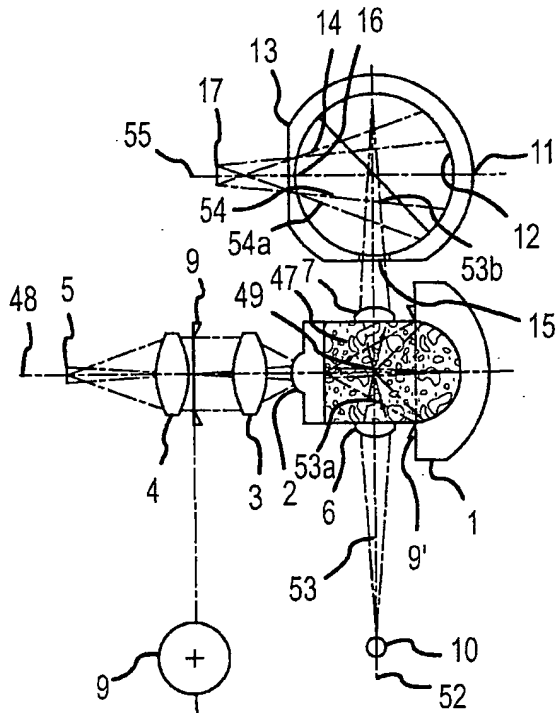


FIG. 7

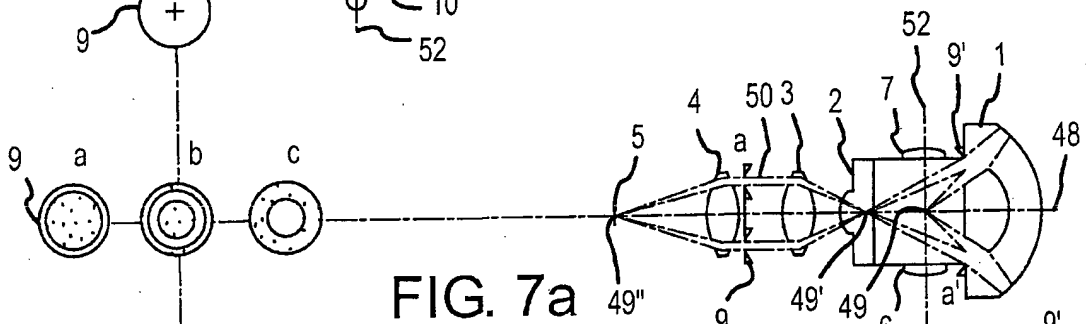


FIG. 7a

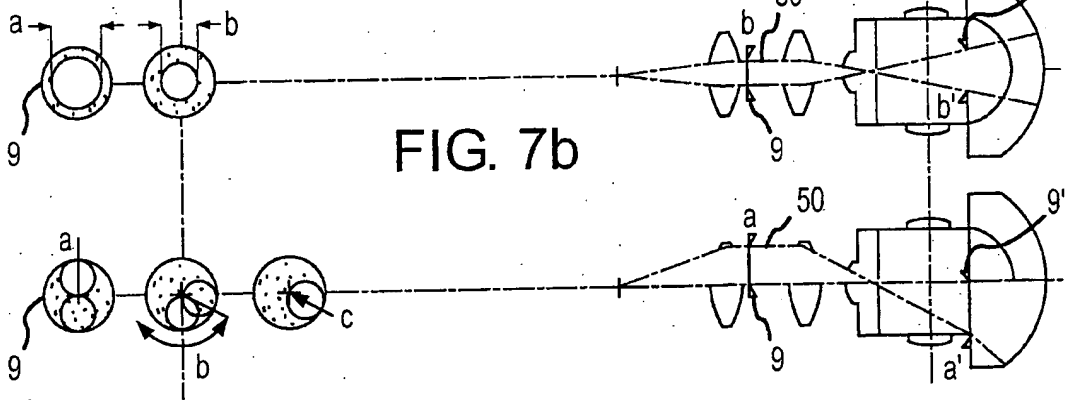


FIG. 7b

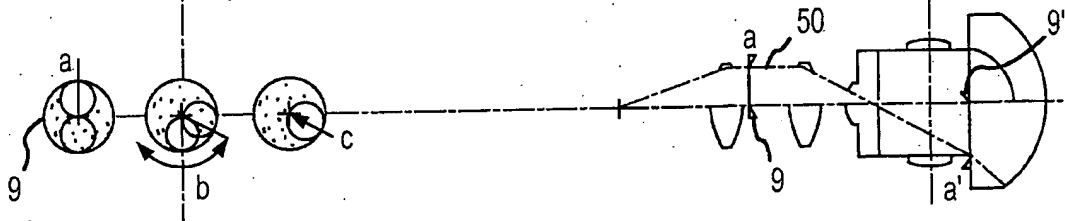
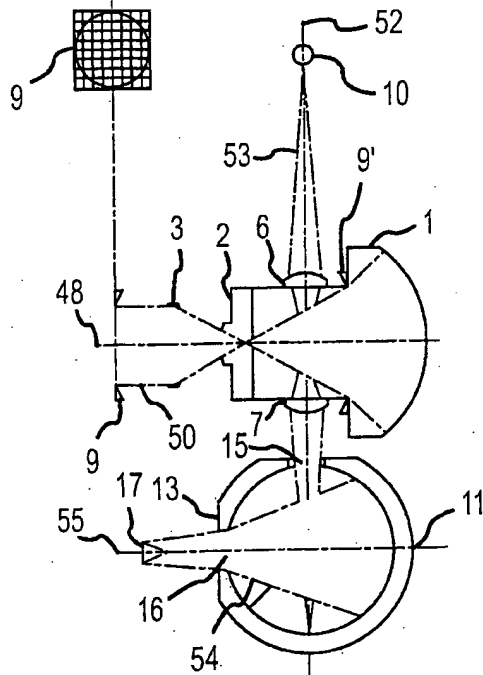
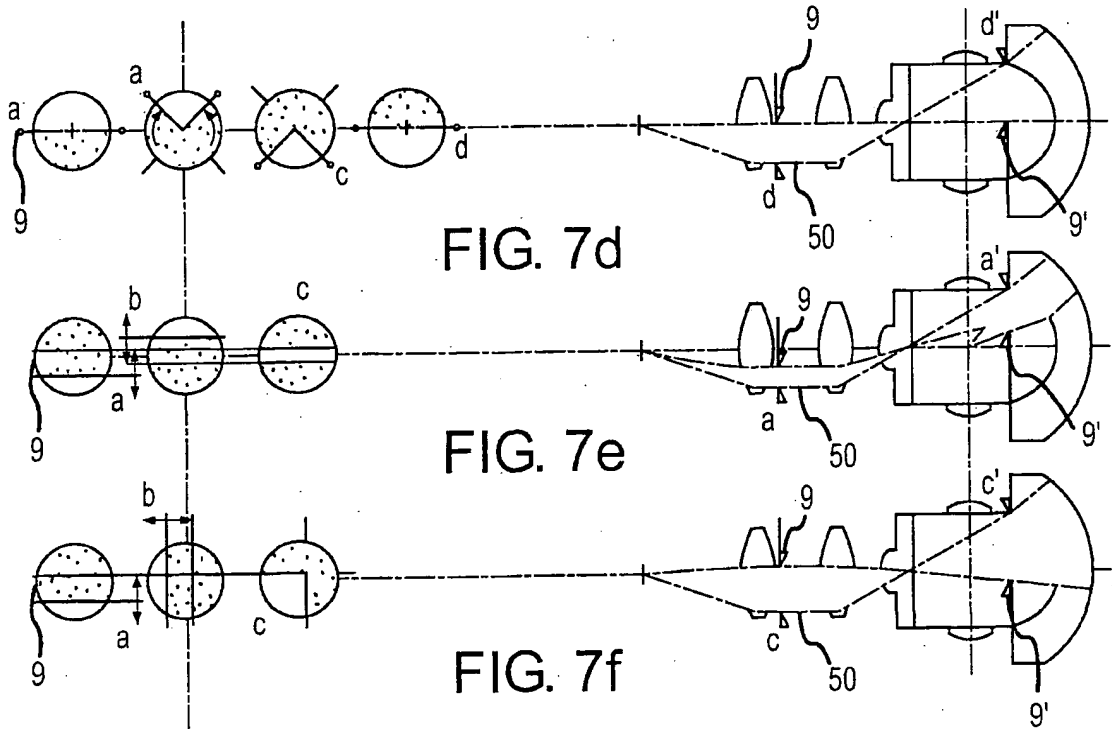


FIG. 7c



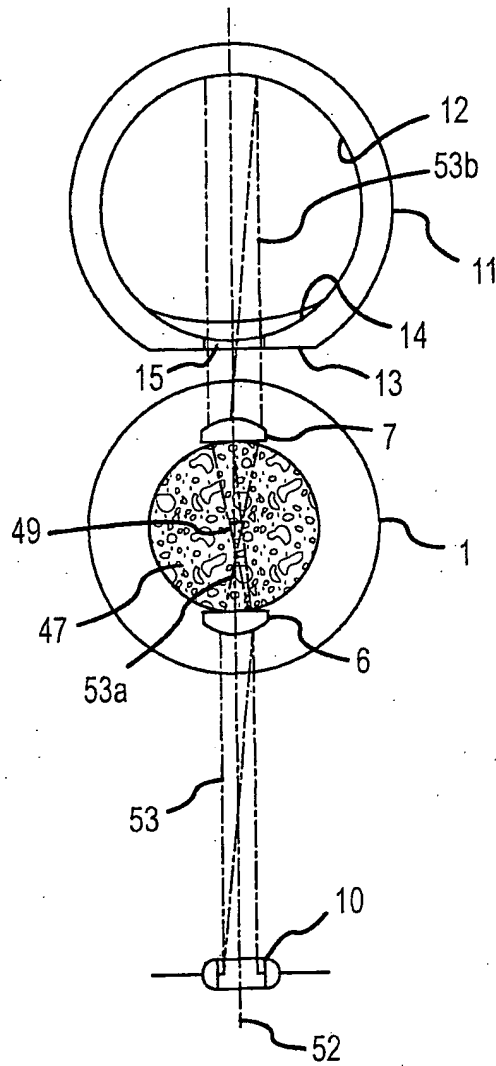


FIG. 8

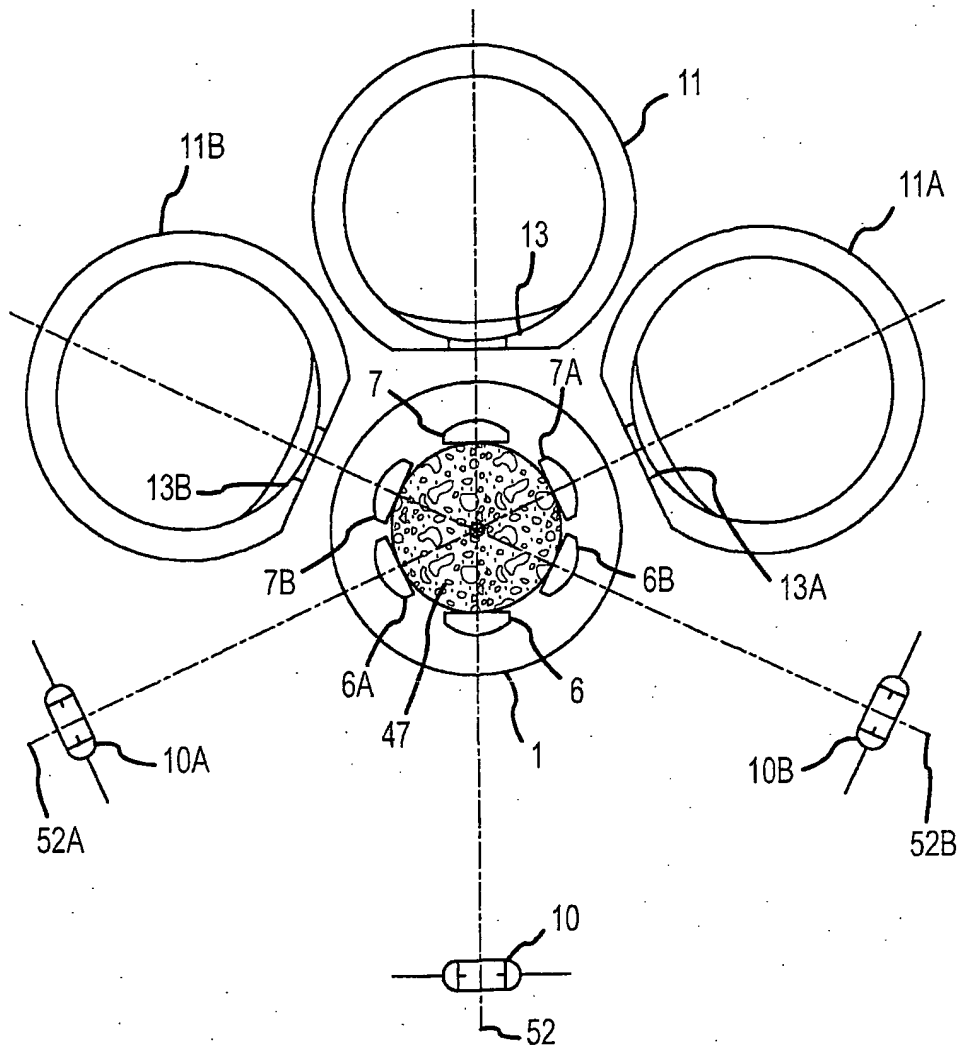


FIG. 9

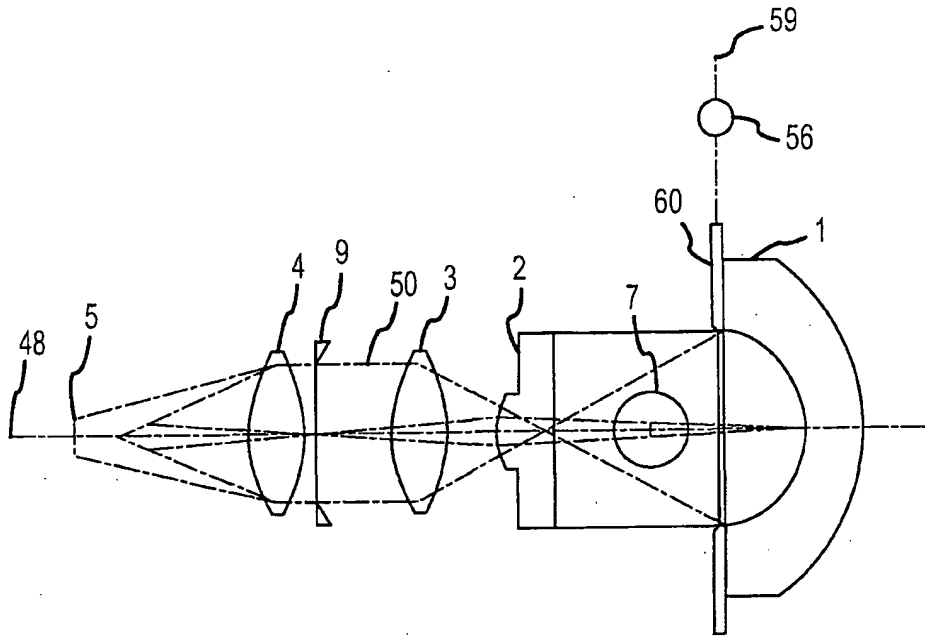


FIG. 10

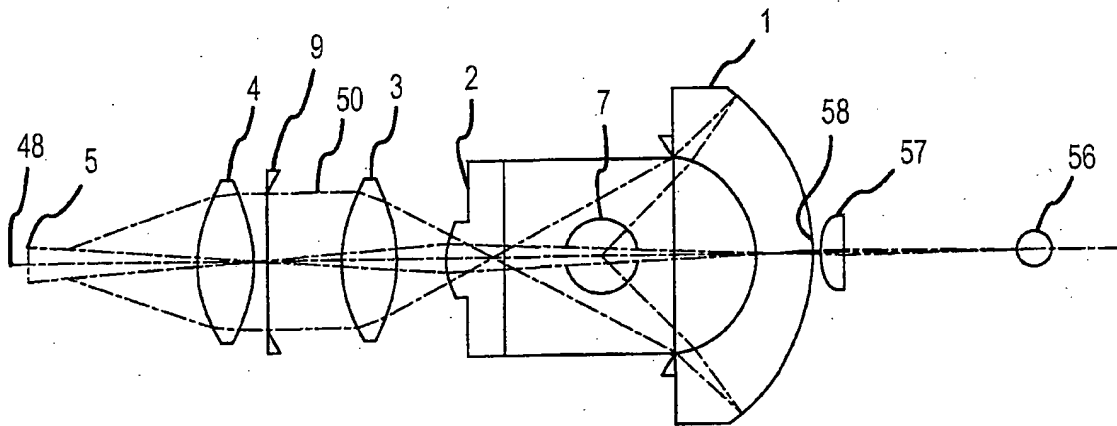


FIG. 11

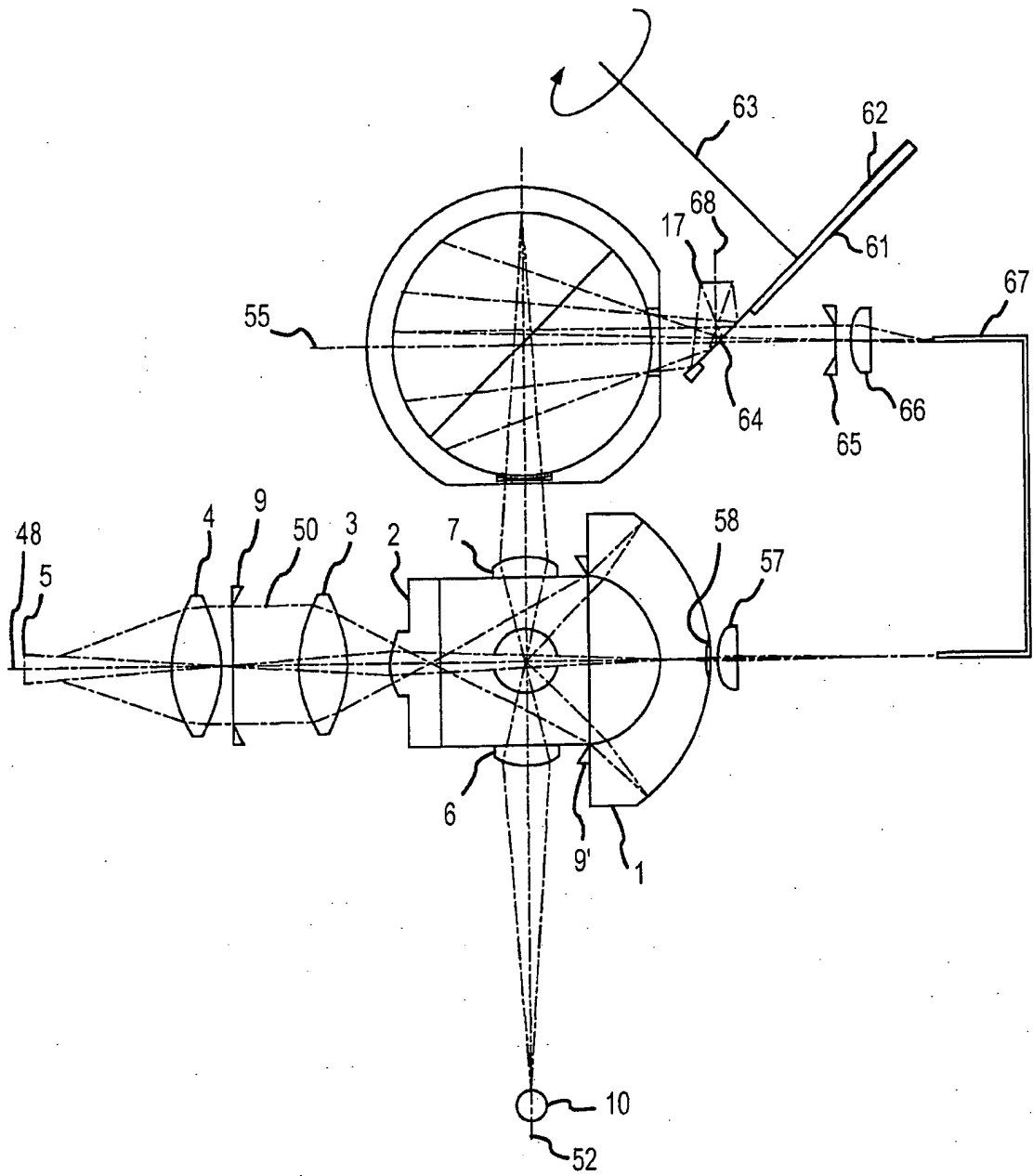


FIG. 12

RESUMO**"MODELO ÓTICO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE PARTICULADO"**

5 Descreve-se o projeto ótico de um sistema de medição. O sistema de medição compreendendo de uma fonte luminosa (10) configurada para fornecer luz ao longo de um primeiro eixo. O sistema de medição apresentando uma lente de reflexão (1) alinhada ao longo de um segundo eixo aonde a lente de reflexão (1) apresenta um primeiro foco no segundo eixo e um segundo foco no segundo eixo aonde o segundo foco encontra-se entre o primeiro foco e a lente de reflexão (1) e onde o segundo foco encontra-se posicionado próximo ao primeiro eixo. O sistema de medição apresenta uma lente de campo (2) localizada no segundo eixo e posicionada de tal modo que o segundo foco da lente de reflexão (1) ocorre no interior da lente de campo (2). O sistema de medição apresenta um sistema de lentes para retransmissão (3,4) alinhado com o segundo eixo aonde o sistema de lentes para retransmissão (3,4) forma um primeiro foco no segundo foco da lente de reflexão (1). O sistema de medição apresenta um sensor (5) localizado no segundo eixo em um segundo foco do sistema de lentes para retransmissão (3,4) e é configurado para detectar a luz espalhada próxima ao segundo foco da lente de reflexão (1).

10

15