



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

**(21) BR 112013007516-3 A2**



**(22) Data do Depósito:** 31/08/2011

**(43) Data da Publicação Nacional:** 06/10/2020

**(54) Título:** MONITOR PORTÁTIL PARA INDICAÇÃO DE FINAL DE VIDA ÚTIL

**(51) Int. Cl.:** G01N 21/25; G01N 21/29; B01D 53/02; B01D 53/14.

**(30) Prioridade Unionista:** 01/10/2010 US 61/388,662.

**(71) Depositante(es):** 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY.

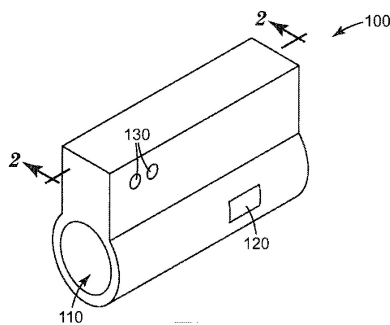
**(72) Inventor(es):** NEAL A. RAKOW; STEFAN H. GRYSKA.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2011049824 de 31/08/2011

**(87) Publicação PCT:** WO 2012/044429 de 05/04/2012

**(85) Data da Fase Nacional:** 28/03/2013

**(57) Resumo:** DISPOSITIVO PARA INDICAÇÃO DE FINAL DE VIDA ÚTIL A presente invenção refere-se a dispositivos para monitoramento do final da vida útil de um cartucho de filtro que incluem uma substância de demanda, um elemento de detecção com um ponto de detecção localizado dentro ou adjacente à substância de demanda, um leitor para o elemento de detecção, e um dispositivo de liberação do fluido. O ponto de detecção do elemento de detecção está correlacionado com a vida útil de um cartucho de filtro. A correlação é efetuada pela correlação do tempo de permanência do dispositivo de monitoramento com o tempo de permanência de um cartucho de filtro. O tempo de permanência do dispositivo de monitoramento está correlacionado com o tempo de permanência do cartucho de filtro pelo controle dos parâmetros de liberação de fluidos do dispositivo de liberação de fluidos. Os parâmetros de liberação de fluido incluem a vazão, a massa de substância de demanda, a área de seção transversal do receptáculo, o volume do receptáculo, o comprimento do receptáculo, e a densidade de acumulação de substância de demanda do dispositivo de monitoramento.



## “DISPOSITIVO PARA INDICAÇÃO DE FINAL DE VIDA ÚTIL”

### Campo da invenção

A presente descrição refere-se a monitores para indicar o final da vida útil de sistemas de purificação de ar.

### 5      Antecedentes

Uma variedade de sistemas de purificação foi desenvolvida para proteger as pessoas de contaminantes perigosos presentes no ar. Entre esses sistemas de purificação de ar está uma ampla gama de respiradores de purificação de ar que são projetados para eliminar por filtração ou sorva os contaminantes presentes no ar. Tipicamente, esses  
10      respiradores de purificação do ar contêm um meio filtrante, um corpo de filtro, ou alguma combinação de meio filtrante e corpo de filtro. Durante o uso do respirador, os contaminantes tornam-se absorvidos pelo meio filtrante ou fixados ou aprisionados pelo corpo de filtro. Eventualmente, o meio filtrante ou corpo de filtro torna-se saturado e a capacidade do respirador de remover os contaminantes perigosos do ar começa a diminuir.

15      Durante a exposição prolongada a um ambiente contendo contaminantes perigosos no ar, como por exemplo, a exposição contínua ou repetitiva de trabalhadores a esses ambientes, são necessárias técnicas para determinar a vida útil de um respirador. Uma técnica que foi desenvolvida é baseada no tempo de vida para um respirador. Nesta técnica, os filtros de respiradores ou purificadores de ar são substituídos após um certo  
20      período de tempo de vida. Entretanto, esta técnica não leva em consideração as variações no nível de contaminantes ou vazão que passa através do respirador, e portanto pode resultar na troca muito antecipada do respirador ou elementos filtrantes (significando desperdício) ou muito tardia (que pode apresentar um perigo para o usuário).

### Sumário

25      São apresentados aqui uma variedade de dispositivos capazes de monitorar a vida útil de um cartucho de filtro. Esses dispositivos compreendem uma substância de demanda, um elemento de detecção localizado dentro ou adjacente à substância de demanda e tendo um ponto de detecção, um leitor para elemento de detecção, e um dispositivo de liberação do fluido. O dispositivo de liberação de fluido compreende  
30      parâmetros de liberação do fluido. Os parâmetros de liberação do fluido e o ponto de detecção do elemento de detecção estão correlacionados com a vida útil de um cartucho de filtro.

O dispositivo de monitoramento compreende um tempo de permanência, e o ponto de detecção do elemento de detecção está correlacionado com a vida útil de um cartucho  
35      de filtro pela correlação do tempo de permanência do dispositivo de monitoramento com o tempo de permanência de um cartucho de filtro. O tempo de permanência do dispositivo de monitoramento está correlacionado com o tempo de permanência do cartucho de filtro pelo

controle dos parâmetros de liberação de fluidos do dispositivo de liberação de fluidos. Os parâmetros de liberação de fluido compreendem, no mínimo, a taxa de fluido, a massa de substância de demanda, a área de seção transversal do receptáculo, o volume do receptáculo, o comprimento do receptáculo, e a densidade de acumulação de substância de demanda do dispositivo de monitoramento.

#### Breve Descrição dos Desenhos

A descrição pode ser mais completamente entendida levando em consideração a seguinte descrição detalhada de várias modalidades da descrição, em conjunto com os desenhos em anexo.

A Figura 1 mostra uma vista em perspectiva de um monitor portátil desta descrição.

A Figura 2 mostra uma vista em recorte de uma modalidade do monitor portátil de Figura 1.

A Figura 3 mostra um vista em recorte de uma modalidade alternativa do monitor portátil de Figura 1.

A Figura 4 mostra uma vista em perspectiva de um monitor portátil alternativo desta descrição.

A Figura 5 mostra uma vista em recorte de uma modalidade do monitor portátil de Figura 4.

A Figura 6 mostra uma vista em recorte de uma modalidade alternativa do monitor portátil de Figura 4.

A Figura 7 mostra um leitor óptico exemplificador, de acordo com a presente descrição.

Na descrição das modalidades ilustradas, apresentadas a seguir, faz-se referência aos desenhos em anexo, os quais fazem parte da mesma e mostram, por meio de ilustração, diversas modalidades em que a descrição pode ser praticada. Deve-se compreender que as modalidades podem ser utilizadas e alterações estruturais pode ser feitas, sem se desviar do escopo da presente descrição. As figuras não estão necessariamente em escala. Os números semelhantes usados nas figuras se referem a componentes semelhantes. Entretanto, será compreendido que não se pretende que o uso de um número para se referir a um componente em uma determinada figura limite o componente em uma outra figura identificada com o mesmo número.

#### Descrição detalhada

Existe uma necessidade de métodos e dispositivos para monitorar a detectar o final da vida útil de sistemas de purificação de ar como respiradores de purificação de ar. Esses dispositivos, algumas vezes chamados de Indicadores de Final de Vida Útil ou ESLI (do inglês, End of Service Life Indicators), deveriam ser suficientemente robustos para

serem usados em uma variedade de ambientes e suficientemente portáteis para serem capazes de mover-se de um local para outro local com o usuário do dispositivo.

Os dispositivos portáteis para monitoramento e detecção da vida útil de sistemas de purificação de ar são usados nos métodos apresentados na presente invenção. Esses dispositivos portáteis são particularmente adequados para monitorar e detectar o final da vida útil de respiradores projetados para proteger contra a exposição a vapores orgânicos. O termo "vapor orgânico", como usado aqui, refere-se a uma ampla gama de compostos orgânicos voláteis transportados pelo ar que podem ser perigosos às pessoas se estiverem presentes no ar em que elas respiram. Exemplos de vapores orgânicos incluem, mas não se limitam a: álcoois como isopropanol e butanol; alcanos como hexano, e octano; aromáticos como benzeno, tolueno, xilenos, e estireno; halocarbonos como clorofórmio, e cloreto de metileno; cetonas como acetona, e metil etil cetona; éteres, como tetra-hidrofurano; ésteres como etil acetato, e etóxietil acetato; acrilatos como metilacrilato; nitrilas como acetonitrila; isocianatos como tolueno-2,4-di-isocianato; e similares. Tipicamente, os respiradores de vapor orgânicos incluem um meio absorvente para capturar e prender os vapores orgânicos.

Os dispositivos portáteis desta descrição compreendem uma substância de demanda, um elemento de detecção com um ponto de detecção, um leitor para o elemento de detecção, e um dispositivo de liberação do fluido. O elemento de detecção está situado dentro de ou adjacente à substância de demanda. O dispositivo portátil é correlacionado de modo que a detecção do elemento de detecção corresponda à vida útil de um cartucho de filtro. Em algumas modalidades, o ponto de detecção compreende uma alteração óptica, como, por exemplo, uma alteração de cor. Em algumas modalidades, o dispositivo portátil inclui um receptáculo que contém pelo menos a substância de demanda, e pode conter também o elemento de detecção.

Uma ampla variedade de materiais pode ser adequada para uso como substância de demanda. Como usado aqui, o termo "substância de demanda" refere-se a uma substância capaz de absorver um vapor orgânico. Em algumas modalidades, a substância de demanda compreende um material absorvente. Em outras modalidades, a substância de demanda compreende um filme em camadas. Em ainda outras modalidades, a substância de demanda pode ser granular ou monolítica.

Em modalidades nas quais a substância de demanda compreende um material absorvente, o material absorvente é capaz, tipicamente, de absorver ou adsorver vapores orgânicos. O material absorvente pode ser igual, ou similar, aos materiais absorventes usados em cartuchos de filtro de respiradores de vapor orgânico. Exemplos de materiais absorventes adequados incluem carvão ativado, carvão ativado tratado, alumina, gel de



silica, hopcalita, peneiras moleculares, estruturas metalorgânicas, ou uma combinação dos mesmos.

Os dispositivos apresentados podem empregar uma variedade de meios absorventes. O meio absorvente será capaz de sorver vapores de interesse que se esperam estar presentes sob as condições de uso pretendidas. O meio absorvente é, desejavelmente, suficientemente poroso para permitir o fluxo imediato de ar ou outros gases através do mesmo, e pode estar sob a forma de um sólido finamente dividido (por exemplo, pó, cápsulas, flocos, grânulos ou aglomerados) ou um sólido poroso (por exemplo, uma espuma de células abertas ou um material monolítico poroso). Materiais de meio absorvente especialmente desejáveis incluem carvão ativado; alumina e outros óxidos metálicos que podem remover um líquido ou vapor de interesse através da absorção; argila e outros minerais tratados com soluções ácidas, como soluções de ácido acético ou alcalinas, como hidróxido de sódio aquoso; peneiras moleculares e outros zeólitos; outros absorventes inorgânicos, como sílica; e outros absorventes orgânicos incluindo sistemas hiperreticulados, como os polímeros estirênicos altamente reticulados conhecidos como "Styrosorbs" (conforme descrito, por exemplo, em V. A. Davankov e P. Tsyurupa, *Pure and Appl. Chem.*, volume 61, páginas 1881 a 1889 (1989) e em L. D. Belyakova, T. I. Schevchenko, V. A. Davankov e M. P. Tsyurupa, *Adv. in Colloid and Interface Sci.* vol. 25, páginas 249 a 266, (1986)). Carbono ativado e alumina são os meios absorventes particularmente preferenciais. Misturas de meios absorventes podem ser empregadas, por exemplo, para absorver misturas de vapores de interesse. Se o mesmo estiver em uma forma finamente dividida, o tamanho da partícula absorvente pode variar muito e, geralmente, será escolhido com base, em parte, nas condições de uso desejadas. Como um guia geral, as partículas finamente divididas do meio absorvente podem variar em tamanho de cerca de 4 a cerca de 5.000 micrômetros de diâmetro médio, por exemplo, de cerca de 30 a cerca de 1.500 micrômetros de diâmetro médio. As misturas de partículas de meio absorvente que têm faixas de tamanho diferentes também podem ser empregadas (por exemplo, em uma mistura bimodal das partículas do meio absorvente ou uma disposição em multicamada que emprega partículas absorventes maiores em uma camada a montante e partículas absorventes menores em uma camada a jusante). Também pode ser empregado um meio absorvente combinado com um aglutinante adequado (por exemplo, carbono ligado) ou capturado dentro de ou em um suporte adequado, conforme descrito na patente US nº 3.971.373 (Braun et al.), patente US nº 4.208.194 (Nelson) patente US nº 4.948.639 (Brooker et al.) e na publicação de pedido de patente US nº US 2006/0096911 A1 (Brey et al.).

Uma ampla variedade de elementos de detecção é adequada para uso nos dispositivos desta descrição. Em algumas modalidades, o elemento de detecção é

localizado dentro do mesmo receptáculo que a substância de demanda. Em outras modalidades, o elemento de detecção não é localizado dentro do receptáculo, mas o fluxo que sai da substância de demanda é impactado no elemento de detecção.

O elemento de detecção é opticamente responsivo a um analito, por exemplo, sendo submetido a uma alteração em pelo menos uma de suas propriedades ópticas (como pode ser manifestado por uma alteração colorimétrica, um alteração de brilho, intensidade ou luz refletida, etc.) quando a substância de demanda alcança o equilíbrio com o analito em condições de exposição.

A escolha do elemento de detecção ou elementos de detecção dependerá de uma variedade de critérios, incluindo a natureza do leitor para o elemento de detecção que é usado. Se o leitor é um olho humano nu, o elemento de detecção exibiria uma alteração óptica facilmente distinguível. Se, entretanto, um leitor eletrônico é utilizado, são adequadas alterações ópticas mais complexas ou sutis.

Em algumas modalidades, o elemento de detecção é um filme. O filme pode ter múltiplas camadas e pode ser um filme colorimétrico (isto é, o filme tem a cor alterada mediante exposição a um analito orgânico), ou pode passar por alguma outra alteração óptica detectável mediante exposição a um analito orgânico. Exemplos de filmes de sensor adequados são descritos na patente US nº 7.449.146 (Rakow et al.) e nas publicações de patente US nºs 2008/0063575 e 2008/0063874 (Rakow et al.).

Quando o elemento de detecção é uma construção de filme multicamada, ela contém tipicamente uma camada de detecção porosa, uma camada semirreflexiva, e uma camada reflexiva. A camada de detecção porosa tem uma espessura óptica que mudará na presença de um analito químico particular. A camada semirreflexiva é visível pelo lado de fora e, em geral, não é permeada pelo vapor do analito. A camada reflexiva é, em geral, permeável ao vapor do analito de modo que o analito químico pode passar através da camada reflexiva para a camada de detecção e alterar a espessura óptica da camada de detecção o suficiente para causar uma mudança visivelmente discernível na aparência do elemento de detecção, conforme visto através da camada semirreflexiva.

A camada reflexiva pode, por exemplo, ter uma espessura física de cerca de 1 a cerca de 500 nm, transmissão de luz a 500 nm de cerca de 0 a cerca de 80%, e reflectância a 500 nm de cerca de 100 a cerca de 20%. A camada reflexiva é em geral porosa, dotada de um padrão, descontínua, semicontínua ou de outro modo suficientemente permeável de forma que o vapor possa passar do meio absorvente através da camada reflexiva para a camada de detecção.

A mistura da camada de detecção pode ser homogênea ou heterogênea e pode, por exemplo, ser produzida a partir de uma mistura de componentes inorgânicos, uma mistura de componentes orgânicos, ou uma mistura de componentes inorgânicos e orgânicos. As camadas de detecção produzidas a partir de uma mistura de componentes

podem proporcionar detecção aprimorada dos grupos de analitos. A camada de detecção tem, desejavelmente, uma faixa de tamanhos de poro ou uma área superficial selecionada para fornecer características de sorção de vapor como aquelas do meio absorvente. Uma porosidade adequada pode ser obtida mediante o uso de materiais porosos, como espumas produzidas a partir de emulsões de fase interna elevada, como aquelas descritas na patente US nº 6.573.305 B1 (Thunhorst et al.). A porosidade também pode ser obtida por meio da formação de espuma de dióxido de carbono para criar um material microporoso (consulte "Macromolecules", 2001, volume 34, páginas 8792-8801), ou pela separação em nanofase das misturas de polímero (consulte "Science", 1999, volume 283, página 520). Em geral, os diâmetros de poro são, de preferência, menores que o comprimento de onda de pico da coloração desejada do indicador. Os poros nanodimensionados são preferenciais, por exemplo, com tamanhos médios de poro de cerca de 0,5 a cerca de 20 nm, de 0,5 a cerca de 10 nm, ou de 0,5 a cerca de 5 nm.

Materiais inorgânicos representativos da camada de detecção incluem sílica porosa, óxidos metálicos, nitretos metálicos, oxinitretos metálicos e outros materiais inorgânicos que podem ser formados em camadas transparentes e porosas de espessura adequada para produzir uma cor ou uma mudança colorimétrica através de interferência óptica. Por exemplo, os materiais inorgânicos da camada de detecção podem ser óxidos de silício, nitretos de silício, oxinitretos de silício, óxidos de alumínio, óxidos de titânio, nitreto de titânio, oxinitreto de titânio, óxidos de estanho, óxidos de zircônio, zeólitos ou combinações dos mesmos. A sílica porosa é um material inorgânico da camada de detecção especialmente desejável, devido a sua força e compatibilidade com tratamentos de desbaste a úmido.

As sílicas porosas podem ser preparadas, por exemplo, usando-se uma rota de processamento sol-gel e produzidas com ou sem um gabarito orgânico. Padrões orgânicos exemplificadores incluem tensoativos, por exemplo, tensoativos aniônicos ou não iônicos como sais de alquil trimetil amônio, copolímeros de bloco de poli(óxido de etileno-co-óxido de propileno) e outros tensoativos ou polímeros que serão aparentes aos versados na técnica. A mistura de sol-gel pode ser convertida até um silicato e o padrão orgânico pode ser removido para deixar uma rede de microporos na sílica. Materiais de sílica porosa representativos são descritos em Ogawa et al., *Chem. Commun.* pp. 1149 a 1150 (1996), em Kresge et al., *Nature*, Vol. 359, pp. 710 a 712 (1992), em Jia et al., *Chemistry Letters*, Vol. volume 33, número 2, páginas 202 e 203 (2004) e na patente US nº 5.858.457 (Brinker et al.). Uma variedade de moléculas orgânicas também pode ser empregada como padrões orgânicos. Por exemplo, açúcares como glicose e manose podem ser usados como gabaritos orgânicos para gerar silicatos porosos, consulte Wei et al, *Adv. Mater.* 1998, Vol. 10, página 313 (1998). Os siloxanos organossustituídos ou siloxanos-bis-organo podem

estar incluídos na composição sol-gel para render os microporos mais hidrofóbicos e limitar a sorção de vapor d'água. Deposição de vapores químicos por plasma também pode ser empregado para gerar materiais de detecção inorgânicos porosos. Esta metodologia genericamente envolve a formação de uma camada de detecção de analito através da formação de um plasma a partir precursores gasosos, depósito de plasma em um substrato para formar uma camada de redes amorfas aleatórias covalentes e, então, aquecimento da camada de redes amorfas aleatórias covalentes para formar uma camada microporosa de redes amorfas aleatórias covalentes. Exemplos de tais materiais são descritos na patente US n° 6.312.793 (Grill et al.) e na publicação de patente US n° 2007/0141580A1 (Moses et al).

Os materiais orgânicos representativos da camada de detecção incluem polímeros, copolímeros (incluindo copolímeros de bloco) e misturas dos mesmos, preparados ou preparáveis a partir de classes de monômeros incluindo acrilatos e metacrilatos hidrofóbicos, monômeros difuncionais, monômeros de vinila, monômeros de hidrocarboneto (olefinas), monômeros de silano, monômeros fluorados, monômeros hidroxilados, acrilamidas, anidridos, monômeros funcionalizados de aldeído, monômeros funcionalizados de amina ou de sal de amina, monômeros funcionalizados ácidos, monômeros funcionalizados de epóxido e misturas ou combinações dos mesmos. A publicação do pedido de patente US n° 2004/0184948 contém uma extensa lista de tais monômeros e a presente descrição faz referência à mesma para detalhes adicionais. Os polímeros acima mencionados que têm microporosidade intrínseca (PIMs) fornecem meios de detecção particularmente desejáveis. PIMs são, tipicamente, polímeros isentos de rede que formam sólidos microporosos. Devido as suas estruturas moleculares típicas altamente rígidas e contorcidas, PIMs são incapazes de preencher o espaço de maneira eficaz, fornecendo, assim, a estrutura microporosa apresentada. Os PIMs adequados incluem, mas não se limitam a, polímeros apresentados em "Polymers of intrinsic microporosity (PIMs): robust, solution-processable, organic microporous materials", Budd et al., *Chem. Commun.*, 2004, páginas 230 e 231. PIMs adicionais são apresentados em Budd et al., *J. Mater. Chem.*, 2005, 15, páginas 1977 a 1986, em McKeown et al., *Chem. Eur. J.* 2005, **11**, n° 9, 2610 a 2620 e no pedido publicado PCT n° WO 2005/012397 A2 (McKeown et al.).

Um ou mais polímeros dentro de uma camada de detecção orgânica podem ser, pelo menos parcialmente, reticulados. A reticulação pode ser desejável em algumas modalidades pois ela pode aumentar a estabilidade mecânica e a sensibilidade a determinados analitos. A reticulação pode ser alcançada incorporando-se um ou mais monômeros multifuncionais a camada de detecção, submetendo-se a camada de detecção a, por exemplo, um feixe de elétrons ou tratamento por raios gama, pela adição de ou formação de compostos de coordenação ou compostos iônicos na camada de detecção, ou pela formação de ligações de hidrogênio na camada de detecção. Em uma modalidade

exemplar, a reticulação é executada na presença de um porogênio que pode ser subsequentemente extraído do sistema reticulado para produzir uma camada de detecção porosa. Porogênios adequados incluem, mas não se limitam a, moléculas orgânicas inertes, como alcanos normais (por exemplo, decano) ou aromáticos (por exemplo, benzeno ou tolueno). Outros polímeros reticulados incluem os polímeros estirênicos altamente reticulados acima mencionado.

Caso se deseje, o material da camada de detecção pode ser tratado para modificar suas propriedades de superfície ou características de adsorção. Uma variedade de tais tratamentos pode ser empregada, por exemplo, expondo-se os microporos de uma camada de detecção inorgânica a um composto organossilano adequado. O meio de detecção pode, também, ou ao invés disso, ser tratado com um material adequado que promove a material (por exemplo, uma camada de fixação feita de titânio ou outro metal adequado) para promover a adesão entre a camada parcialmente reflexiva ou reflexiva e o meio de detecção. Tais tratamentos também podem ser aplicados ao meio parcialmente reflexivo ou reflexivo para promover a adesão à camada de detecção.

Para muitas aplicações, a camada de material detecção é desejavelmente hidrofóbica. Isto irá reduzir as chances de que vapor d'água (ou água líquida) cause uma mudança na espessura óptica da camada de detecção e interfira com a detecção de um analito, por exemplo, a detecção de vapores de solventes orgânicos. A camada de detecção pode ser feita a partir de uma única camada ou a partir de duas ou mais subcamadas.

O elemento de detecção pode, também, ser um sensor químico dotado de um padrão como aquele descrito na Súmula de Procurador n° 65867US002 "Patterned Chemical Sensor Having Inert Occluding Layer" depositado em 23/10/2009. Esses sensores dotados de padrão compreendem um filme que inclui uma estrutura de filme que compreende uma camada de detecção e uma camada de obstrução que está ligada à estrutura do filme e obstrui uma porção da camada de detecção. A camada de detecção é responsiva a um químico orgânico, isto é, a camada de detecção tem sua cor alterada mediante exposição ao químico orgânico. A camada de oclusão evita que o produto químico a ser detectado obtenha acesso à área ocluída e cause alteração de cor. O efeito líquido dessa disposição é que em uma estrutura de filme única, mediante exposição a um químico orgânico, a cor "antiga" (isto é, a cor do estado inicial) da camada de detecção e a cor "nova" (isto é, o estado de cor alterada da camada de detecção) estão presentes lado a lado, permitindo ao usuário determinar prontamente se ocorreu alguma alteração.

Uma variedade de dispositivos pode ser usada como leitores para observar o elemento de detecção para detectar alterações. A escolha do dispositivo de leitura depende de uma variedade de fatores como, por exemplo, facilidade de uso do monitor,

gasto do monitor, portabilidade do monitor, robustez do monitor, ou necessidade do monitor de fornecer sinais múltiplos (como sinais visuais e auditivos), e similares.

Em algumas modalidades, o leitor para o elemento de detecção é um olho humano, e o monitoramento do elemento de detecção é feito por observação visual para observar uma alteração visível no elemento de detecção, como uma alteração de cor. Desse modo um usuário, ou um grupo de usuários pode monitorar facilmente a vida útil restante em suas máscaras de respirador ou cartuchos de filtro dentro de suas máscaras de respirador. O monitoramento visual é um método muito simples e barato de monitoramento, que não exige nenhum equipamento adicional, fontes de energia, ou componentes delicados.

Em outras modalidades, um leitor óptico eletrônico pode ser usado para monitorar o elemento de detecção para detectar alterações. As vantagens de uso de um sistema eletrônico incluem maior precisão de leitura do elemento de detecção e o fato do monitor poder fornecer sinais múltiplos. Por exemplo, quando o leitor eletrônico detecta uma alteração no elemento de detecção, uma luz pode reluzir como um aviso aos usuários no ambiente, um sinal auditivo pode ser gerado como uma campainha ou buzina, ou um sinal eletrônico pode ser enviado ao receptor eletrônico portado pelos usuários no ambiente.

Exemplos de sistemas de leitor óptico eletrônico adequados são descritos, por exemplo, na Súmula de Procurador nº 66214US002 "Filter Systems Including Optical Analyte Sensors And Optical Readers" depositada em 02/04/2010. Um leitor óptico exemplificador é mostrado na Figura 7 e descrito abaixo. Tipicamente, os leitores ópticos adequados incluem pelo menos uma fonte de luz e pelo menos um detector. O leitor óptico pode ser configurado de modo que pelo menos uma porção de luz emitida por pelo menos uma fonte de luz é refletida a partir do elemento de detecção e capturada por pelo menos um detector.

A uma ou mais fontes de luz podem incluir qualquer de uma variedade de fontes de luz. Por exemplo, diodos emissores de luz (LEDs) podem ser usados. Em certas modalidades, uma ou mais fontes de luz podem incluir uma ou mais fontes de luz relativamente de faixa ampla (por exemplo, fontes de luz branca). Em outras modalidades, as fontes de luz podem incluir uma ou mais fontes de luz de banda estreita (por exemplo, LEDs) que emitem luz em uma faixa de comprimento de onda particular (por exemplo, relativamente estreita) com um pico a um comprimento de onda particular no interior daquela faixa. Em várias modalidades, tais fontes de luz de faixa estreita podem ser caracterizadas por uma largura de banda de meia potência de no máximo cerca de 50 nm, no máximo cerca de 40 nm, ou no máximo cerca de 25 nm. LEDs exemplificadores que podem ser usados incluem aqueles disponíveis junto à Optek, Carrollton, TX, sob a



designação OVLBx4C7, e LEDs montados na superfície, como as séries LS T676, LA T676, LO T676, LY T676, disponíveis junto à Osram.

Detectores adequados para uso no leitor óptico eletrônico podem incluir qualquer de uma variedade de dispositivos capazes de medir a quantidade de luz incidente nisso, incluindo por exemplo fotodetectores como um tubo fotomultiplicador, uma célula fotovoltaica, um fotodiodo, um fototransistor, um dispositivo acoplado de carga, e similares. Um detector adequado pode ser usado para fornecer um sinal (por exemplo, tensão, corrente, etc.) que está relacionado à quantidade de luz detectada (por exemplo, à intensidade da luz refletida recebida do elemento de detecção) e que pode ser adicionalmente processado. Em algumas modalidades, um ou mais detectores podem detectar luz de uma determinada faixa de comprimento de onda (por exemplo, relativamente estreita). Em outras modalidades, um ou mais detectores podem incluir um detector de faixa ampla que pode detectar luz sobre relativamente larga faixa de comprimento de onda. Em várias modalidades, tais detectores de faixa ampla podem ser capazes de detectar luz ao longo de uma faixa de comprimento de onda de ao menos cerca de 150 nm de largura, 250 nm de largura, ou 500 nm de largura. Exemplos de detectores que podem ser usados incluem fotodiodos disponíveis junto à OSRAM, Regensburg, Alemanha, sob a designação SFH 2430.

Múltiplas fontes de luz podem ser usadas como parte do leitor óptico. Por exemplo, a primeira e segunda fontes de luz cada podem ser caracterizadas por uma primeira e segunda faixas (ou comprimento de onda) espectral e primeiro e segundo comprimentos de onda de pico. A primeira faixa espectral pode ser diferente da primeira faixa espectral e as primeira e segunda fontes de luz podem emitir luz com diferentes comprimentos de onda de pico. Nesse design, fontes de luz diferentes podem ser montadas próximo a um detector comum.

A primeira e segunda fontes de luz podem ser escolhidas de modo que seus espectros são caracterizados por diferentes faixas de comprimento de onda A e B e diferentes comprimento de onda de pico. Nessas modalidades, um único detector (por exemplo, um detector de banda larga) pode ser usado como o detector. O monitoramento de luz refletido a partir do sensor óptico de análise em múltiplas variações de comprimentos de onda pode proporcionar vantagens significativas. Os vários detalhes e princípios dessa detecção são estabelecidos, por exemplo, em um pedido provisório US de propriedade comum n° 61/164.496 (Hulteen et al.).

Alternativamente, o leitor óptico pode incluir duas fontes de luz e dois detectores. Esse leitor óptico pode também ser configurado de modo que pelo menos uma porção da luz emitida por pelo menos uma fonte de luz é refletida do elemento de detecção e capturada pelos detectores. As fontes de luz podem emitir luz em uma faixa de comprimento de onda diferente



com um comprimento de onda de pico diferente do emitido por outra fonte de luz. Cada fonte de luz pode ser usada em combinação com um fotodetector designado para detectar a luz na faixa de comprimento de onda específica emitida pela fonte de luz correspondente.

O leitor óptico eletrônico pode conter componentes adicionais. Por exemplo, o leitor óptico eletrônico pode incluir adicionalmente uma bateria, um dispositivo de alerta, como uma ou mais fontes de luz ou uma tela de monitor, e um atuador. Um usuário pode acionar o atuador para iniciar a interrogação de um elemento de detecção pelo leitor óptico. O leitor óptico pode ser conectado a outros dispositivos eletrônicos, como um computador por uma interface serial. Dessa forma, o leitor óptico pode comunicar várias informações para, por exemplo, um tela.

Uma ampla variedade de dispositivos pode ser usada como o dispositivo de liberação do fluido, desde que eles possam controlar confiavelmente a vazão através do dispositivo de monitoramento. Entre os dispositivos de liberação do fluido úteis estão os ventiladores e bombas. O ventilador ou bomba é tipicamente equipado eletricamente por motor, mas em algumas modalidades, um dispositivo acionado manualmente como uma bomba de acionamento manual pode ser adequado.

Uma ampla variedade de ventiladores e bombas adequadas são disponíveis comercialmente. Uma classe adequada de bombas consiste nas bombas de amostragem de gás por microdiafragma como as disponíveis comercialmente junto à KNF Neuberger, Inc., Trenton, NJ, EUA sob os nomes comerciais NMP 05 S (com um motor do tipo escova), NMP 09 M (com um motor com núcleo sem ferro), e NMP 015 B (com um motor DC sem escova). Outros ventiladores e bombas adequados são conhecidos na técnica de purificação de ar.

O dispositivo pode compreender adicionalmente um receptáculo. O receptáculo pode conter a substância de demanda ou pode conter a substância de demanda e pelo menos um elemento de detecção. Uma ampla variedade de receptáculos é possível. O receptáculo pode ser, por exemplo, um tubo, um cartucho, uma caixa, ou um disco dependendo do formato e design geral do dispositivo.

Em algumas modalidades, o receptáculo é um tubo. O tubo pode ser feito de vidro ou plástico e, se o elemento de detecção é incluído no receptáculo, pode ser desejável que o tubo seja transparente.

O dispositivo de monitoramento inteiro pode ser alojado dentro de uma caixa. A caixa pode firmar o receptáculo que contém a substância de demanda. O receptáculo pode também conter pelo menos um elemento de detecção, ou podem ser elementos de detecção em comunicação fluida com o receptáculo dentro da caixa. A caixa pode também firmar o dispositivo de liberação de fluido. Conforme discutido acima, o dispositivo de liberação de fluido pode ser um ventilador ou bomba e pode ser equipado por motor eletricamente por uma fonte como uma bateria ou pode ser acionado manualmente. A

caixa pode também conter o leitor para o elemento de detecção. Em algumas modalidades, onde o elemento de detecção é lido pelo olho humano, o leitor pode ser uma janela ou outro orifício através do qual o elemento de detecção pode ser monitorado. A janela ou outro orifício pode ser uma abertura ou pode ser coberta por uma cobertura transparente.

- 5 Em outras modalidades, quando elemento de detecção é monitorado eletronicamente, o leitor pode interagir com, por exemplo, a tela de exibição ou outros meios de liberação de dados eletrônicos.

Várias modalidades dos monitores desta descrição são apresentadas na figuras. A Figura 1 mostra uma vista em perspectiva de um monitor portátil exemplificador desta  
10 descrição. Na Figura 1, o monitor portátil **100** contém entrada para fluidos **110**, janela de leitor **120** e botões de controle **130**. A entrada para fluidos **110** pode ser um simples orifício ou pode ser um orifício com uma tampa (não mostrada), a tampa sendo ou contendo uma tela ou uma pluralidade de orifícios menores. A cobertura, se estiver presente, pode ser destacável. Neste monitor portátil relativamente simples, o gás a ser monitorado entra pela entrada do fluido **110**,  
15 e um usuário pode monitorar o elemento de detecção (não mostrado) pela observação do elemento de detecção através da janela do leitor **120**. Observe que a localização e tamanho da janela de leitor **120** podem ser variados em diferentes modalidades para permitir uma fácil visualização do elemento de detecção. A janela do leitor **120** pode ser simplesmente uma abertura ou pode ter uma tampa transparente como, por exemplo, de vidro ou material  
20 polimérico (por exemplo, policarbonato ou poliacrilato). Os botões de controle **130** controlam o dispositivo de liberação de fluido dentro do monitor portátil (não mostrado). O dispositivo de liberação de fluido pode ser um ventilador ou uma bomba, sendo tipicamente uma bomba. Embora dois botões de controle sejam mostrados na Figura 1, poucos ou mais botões de controle podem estar presentes assim como chaves de controle ou mesmo discos automáticos.  
25 Na modalidade mostrada na Figura 1, os dois botões de controle podem ligar e desligar o dispositivo de liberação do fluido e/ou controlar a velocidade com a qual o fluido passa através do monitor portátil.

A Figura 2 é uma vista em recorte do monitor portátil de Figura 1, recortado ao longo do plano **2** mostrado na Figura 1. Nessa modalidade, os gases que passam para  
30 dentro da entrada de fluido **110** passam para dentro do receptáculo **140** contendo a substância de demanda **150** e elemento de detecção **160**. Os gases são transferidos do receptáculo por um dispositivo de liberação do fluido **170**, que é nesta modalidade uma bomba, e é controlada por botões de controle **130**.

A Figura 3 é uma vista em recorte de uma modalidade alternativa do monitor  
35 portátil de Figura 1, cortada ao longo do plano **2** mostrado na Figura 1. Nessa modalidade, os gases que passam para a entrada de fluido **110** passam para dentro do dispositivo de

liberação do fluido **170** e entram no receptáculo **140** contendo a substância de demanda **150** e elemento de detecção **160**. Nesta modalidade, os gases são empurrados através do receptáculo pelo dispositivo de liberação do fluido **170**, que é nesta modalidade uma bomba, e é controlado por botões de controle **130**.

A Figura 4 mostra uma vista em perspectiva de um monitor portátil exemplificador diferente do monitor desta descrição. Na Figura 4, o monitor portátil **200** contém uma entrada para fluidos **210**, uma tela de leitor **220**, botões de controle **230**, caixa acústica **290**, e luz **295**. Neste monitor portátil mais complexo o gás a ser monitorado entra na entrada para fluidos **110**, e um usuário pode monitorar o elemento de detecção (não mostrado) pela observação de uma tela do leitor **220**, que é uma tela eletrônica que pode conter uma variedade de mensagens e informação. Por exemplo, a tela do leitor pode transportar informação como: o estado do monitor (ligado ou desligado); o tempo em que ele ficou em operação; o tempo restante antes do final da vida útil; etc. Os botões de controle **230** podem controlar o dispositivo de liberação do fluido como no monitor portátil **100** assim como controlar as funções da tela do leitor **220**. A caixa acústica **290** e a luz **295** são dispositivos de advertência que podem ser empregados com o monitor portátil. A caixa acústica pode transmitir um sinal audível ou mensagem para alertar a um usuário da alteração do estado do monitor portátil ou que o final da vida útil foi alcançado ou está se aproximando. De modo similar, a luz pode ser ligada e iniciar uma cintilação como um indicador adicional para que o usuário do monitor portátil realize a verificação do mesmo.

A Figura 5 é uma vista em recorte de uma modalidade do monitor portátil de Figura 4, recortado ao longo do plano **5** mostrado na Figura 4. Os gases que entram no monitor portátil através da entrada de gás **210**, entram no dispositivo de liberação do fluido (bomba) **270** e entram no receptáculo **240** contendo a substância de demanda **250** e elemento de detecção **260**. O elemento de detecção **260** pode ser monitorado pelo leitor **280**. O leitor **280** é um leitor eletrônico para detectar alterações no elemento de detecção **260**. O leitor **280** envia um sinal de saída para a tela do leitor (não mostrado mas mostrado como elemento **220** na Figura 4).

A Figura 6 é uma vista em recorte de uma modalidade alternativa do monitor portátil de Figura 4, recortada ao longo do plano **5** mostrado na Figura 4. Os elementos mencionados acima são todos presentes, assim como o elemento de detecção adicional **260b** e leitor adicional **280b**. O elemento de detecção adicional e o leitor adicional podem dar ao monitor portátil a capacidade de detectar vapores orgânicos adicionais, fornecer saídas de detecção adicionais, ou ambos. O elemento de detecção **260b** pode ser igual, similar ou diferente do elemento de detecção **260**. De modo similar, dependendo da natureza do elemento de detecção **260b**, o leitor **280b** pode ser igual, similar ou diferente do leitor **280**.

A Figura. 7 mostra um leitor óptico exemplificador **300** adequado para uso com os monitores da presente descrição. O leitor óptico **300** inclui pelo menos uma fonte de luz (aqui, **312** e **314**) e pelo menos um detector **320**. Uma ou mais fontes de luz (por exemplo, **312** e **314**) e um ou mais detectores **320** podem ser montados em suportes iguais **350**. O leitor óptico **300** pode ser configurado para fixação à caixa do monitor de acordo com a presente descrição. O elemento de detecção **330**, é mostrado como um disco, mas pode ser de qualquer formato adequado e pode ser incluído no receptáculo (não mostrado) ou ser localizado de modo que o fluxo de saída do receptáculo colida com o elemento de detecção **330**. Pelo menos uma porção de luz **312a** e **314a** emitida por pelo menos uma fonte de luz **312** e **314** é refletida do elemento de detecção **330** e capturada por pelo menos um detector **320**.

O método para correlacionar o dispositivo de monitoramento à vida útil de um cartucho de filtro compreende fornecer um dispositivo de monitoramento e calibração da vida útil do dispositivo de monitoramento para corresponder à vida útil de um cartucho de filtro. Dispositivos de monitoramento adequados são descritos abaixo. O dispositivo de monitoramento imita o cartucho de filtro, mas é capaz de ser monitorado para determinar quando a vida útil do cartucho de filtro terminou. Através de monitoração do dispositivo de monitoramento e correlacionamento da resposta do sensor do dispositivo de monitoramento ao final da vida útil de um cartucho de filtro, um usuário é capaz de determinar a vida útil de um cartucho de filtro.

A correlação do dispositivo de monitoramento ao final da vida útil de um cartucho de filtro é determinada pela calibração do dispositivo de monitoramento ao final da vida útil de um cartucho de filtro. Essa calibração é similar ao método usado em estudos anteriores de H.J. Cohen e colegas no periódico de referência *Am. Ind. Assoc. J.*; páginas 486-495 (1989), onde tubos de carbono do respirador, ou RCTs (em inglês, respirator carbon tubes), foram usados para prever a vida útil dos cartuchos do respirador. Esses dispositivos exigem grandes equipamentos, como um espectrômetro infravermelho em escala de topo de bancada para medir a presença de vapores orgânicos no fluxo de saída do RCT. Embora os dispositivos similares descritos por Cohen e colaboradores sejam inadequados para uso com os dispositivos manuais presentes, o método de calibração é similar.

Esta calibração é efetuada pela determinação do tempo de permanência para o cartucho de filtro, calculando-se o tempo de permanência para o dispositivo de monitoramento e também a razão entre o tempo de permanência para o cartucho de filtro e o tempo de permanência para o dispositivo de monitoramento. O termo "tempo de permanência" como usado aqui, refere-se ao tempo necessário por uma molécula ou porção de ar atravessar o meio de filtração para passar completamente através daquele meio. O tempo de permanência pode ser controlado através do controle de uma variedade de parâmetros de liberação do fluido. Alguns desses parâmetros de liberação do fluido são

estabelecidos através do controle do tamanho do receptáculo contendo o meio de filtrante.

Esses parâmetros incluem a área de seção transversal do receptáculo, o volume do receptáculo, e o comprimento do receptáculo. Outros desses parâmetros são controlados pela seleção do meio do filtro e do método pelo qual o meio filtrante é colocado no receptáculo. Esses parâmetros incluem a massa do meio filtrante e a densidade de compressão do meio filtrante. Ainda outros parâmetros de fluido são controlados pelo usuário do dispositivo, como a vazão. O tempo de permanência em um cartucho do respirador é determinado grandemente pela taxa de respiração do usuário.

Tipicamente, o meio filtrante compreende uma substância de demanda. Como usado aqui, o termo "substância de demanda" refere-se a uma substância capaz de absorver um vapor orgânico. Em algumas modalidades, é desejável que a substância de demanda do dispositivo de monitoramento seja igual à substância de demanda do cartucho de filtro. Em outras modalidades, a substância de demanda do dispositivo de monitoramento é diferente da substância de demanda do cartucho de filtro. Substâncias de demanda adequadas são descritas abaixo.

O dispositivo de monitoramento compreende um elemento de detecção com um ponto de detecção, um leitor para o elemento de detecção, e um dispositivo de liberação do fluido que compreende parâmetros de liberação do fluido conforme descrito acima. Cada um desses elementos do dispositivo de monitoramento são descritos em detalhe abaixo. Um dispositivo de monitoramento poderia ser construído de modo que o receptáculo do dispositivo de monitoramento seja uma réplica exata do cartucho de filtro que é projetado para imitá-lo. Por exemplo, o receptáculo do dispositivo de monitoramento pode ser um cartucho de filtro idêntico ao cartucho de filtro usado pelo usuário. Nesse caso, se a vazão do monitor está definida para ser igual à vazão do cartucho de filtro, a razão entre os tempos de permanência do dispositivo de monitoramento e do cartucho de filtro é 1: 1. Embora esses dispositivos estejam dentro do escopo desta descrição, tipicamente, o receptáculo do dispositivo de monitoramento é menor e mais portátil que o cartucho de filtro que é projetado para imitá-lo. Adicionalmente, o uso de um cartucho de filtro real como receptáculo para o dispositivo de monitoramento pode ser muito mais caro que o uso de um receptáculo menor e mais barato.

Conforme descrito acima, a correlação do dispositivo de monitoramento ao final da vida útil do cartucho do filtro é determinada pela calibração do dispositivo de monitoramento ao final da vida útil de um cartucho de filtro. A calibração é efetuada pela determinação do tempo de permanência para o cartucho de filtro, determinação do tempo de permanência para o dispositivo de monitoramento e determinação da razão entre o tempo de permanência para o cartucho do filtro e o tempo de permanência para o dispositivo de monitoramento. Em algumas modalidades, essa razão é determinada para ser 1: 1. Em outras modalidades, pode ser

desejável que essa razão seja menor que 1: 1. Se a razão é 1: 1, o final da vida útil do monitor e do cartucho de filtro são iguais. Quando a razão é menor que 1: 1, o final da vida útil do monitor será anterior ao final da vida útil do cartucho de filtro, fornecendo uma margem de segurança para o usuário desocupar o ambiente perigoso antes do final de vida útil do cartucho de filtro.

Uma técnica adicional para fornecer uma margem de segurança para o usuário, em modalidades onde o elemento de detecção é localizado dentro do receptáculo contendo a substância de demanda, é determinada pela localização do elemento de detecção. Se o elemento de detecção é localizado a montante, mais distante dentro do receptáculo, o elemento de detecção é exposto ao analito orgânico antes do final da vida útil do cartucho do respirador. A calibração da localização do elemento de detecção para o final da vida útil do cartucho de filtro pode ser feita matematicamente para determinar a margem de segurança, isto é, o tempo restante antes do final da vida útil do cartucho do respirador, quando uma resposta é detectada no elemento de detecção do dispositivo de monitoramento. Por exemplo, o elemento de detecção pode ser localizado em uma posição, de modo que a detecção de uma resposta do elemento de detecção corresponda a 20 minutos de vida útil restante no cartucho do respirador.

O dispositivo de posicionamento pode conter adicionalmente mais de um elemento de detecção. Se mais de um elemento de detecção é incluído, mais do que apenas a vida útil do dispositivo de monitoramento pode ser detectada. Por exemplo, se dois elementos de detecção são usados, um pode ser colocado na extremidade do receptáculo contendo a substância de demanda, e o outro poderia ser colocado em um ponto antes da extremidade do receptáculo contendo a substância de demanda. Desse modo, quando o ponto de detecção do elemento de detecção antes da extremidade do receptáculo é detectado, o usuário receberia uma indicação adicional de que o final da vida útil do cartucho de filtro está se aproximando. Da mesma forma, uma série de elementos de detecção pode ser usada para fornecer um conjunto de indicações de aproximação do final da vida útil do cartucho de filtro.

A determinação do tempo de permanência para um dado cartucho de filtro é determinada por parâmetros de liberação do fluido, isto é, as dimensões do cartucho, a densidade de compressão e massa da substância de demanda, e a vazão através do cartucho de filtro. Para desenvolver um dispositivo de monitoramento que imite o trabalho deste cartucho de filtro, todos os parâmetros de liberação do fluido do dispositivo de monitoramento podem ser controlados para controlar o tempo de permanência para o dispositivo de monitoramento. Os tempos de permanência podem ser determinados experimentalmente ou podem ser calculados ou estimados matematicamente. Por exemplo, em algumas modalidades pode ser desejável desenvolver um receptáculo com substância de demanda e densidade de compressão de substância de demanda iguais à do cartucho de filtro, mas com dimensões do receptáculo que



são muito menores que as dimensões do cartucho de filtro. As dimensões do receptáculo podem ser controladas em uma variedade de maneiras diferentes. Por exemplo, a área de seção transversal do receptáculo pode ser um décimo daquela do cartucho de filtro, mas o comprimento do receptáculo pode ser igual ao do cartucho de filtro. Para esse receptáculo de monitoramento, uma vazão de dez vezes a vazão do cartucho de filtro pode fornecer uma razão de tempos de permanência entre o monitor e o cartucho de filtro de cerca de 1: 1.

Em modalidades nas quais a substância de demanda usada é igual e a densidade de compressão da substância de demanda é similar ou igual, um simples método alternativo para correlacionar o dispositivo de monitoramento ao final da vida útil do cartucho de filtro é descrito pela Equação 1 abaixo:

$$t_{SL} = t_b (W_{\text{cartucho}} Q_{\text{monitor}} / W_{\text{monitor}} Q_{\text{cartucho}})$$

Equação 1

Na Equação 1,  $t_{SL}$  é o tempo de vida útil do cartucho de filtro,  $t_b$  é o tempo de vida útil do monitor,  $W_{\text{cartucho}}$  é o peso da substância de demanda no cartucho,  $Q_{\text{monitor}}$  é a vazão no monitor,  $W_{\text{monitor}}$  é o peso da substância de demanda no monitor, e  $Q_{\text{cartucho}}$  é a vazão no cartucho. O termo  $t_b$  pode ser descrito como o "tempo de saturação" para o monitor, ou o ponto no qual a substância de demanda é saturada. Tipicamente,  $t_b$  é, portanto, o ponto de detecção para o monitor. Em outras palavras, quando a substância de demanda é saturada, os vapores orgânicos são capazes de atravessar a substância de demanda e o elemento de detecção é ativado. Presumindo que o  $W_{\text{cartucho}}$  e  $Q_{\text{cartucho}}$  são conhecidos para um dado cartucho de interesse,  $Q_{\text{monitor}}$  e  $W_{\text{monitor}}$  podem ser controlados para aplicar a correlação desejada entre  $t_b$  e  $t_{SL}$ .

#### Exemplos

Esses exemplos se destinam somente a propósitos ilustrativos, e não pretendem ser limitadores do escopo das reivindicações em anexo.

#### Exemplo 1:

Foram preparados tubos de monitor de teste para prever a vida útil de cartuchos de filtro OV da série 6001 disponíveis comercialmente junto à 3M Company, St. Paul, MN, EUA.

#### Preparação da Amostra de Teste:

Uma série de tubos de monitores de teste contendo substância de demanda foi preparada em tubos de vidro. A substância de demanda usada foi carvão ativado Kuraray GG 12 X 20 (o mesmo carvão usado nos cartuchos OV da série 6001). A porção carregada com substância de demanda do tubo mediu 110 milímetros de comprimento e 9,4 milímetros de diâmetro.

#### Teste de Vapor Orgânico:



Para o teste de vapor orgânico, o nitrogênio isento de vapores orgânicos foi passado através do primeiro tubo de amostra para estabelecer um fluxo. Os fluxos de vapor orgânico mencionados na Tabela 1 foram então passados através do tubo de amostra e monitorados até 50% de saturação com o uso de um espectrômetro infravermelho MIRAN Sapphire XL. Os tempos de saturação são mostrados na Tabela 1. Fluxos de vapor orgânico foram gerados fazendo fluir o gás nitrogênio através de um aplicador resfriado contendo o solvente de interesse; os fluxos foram subsequentemente diluídos com nitrogênio adicional (controlado por meio de controladores de fluxo de massa) e monitorados com o uso de uma espectrômetro infravermelho MIRAN Sapphire XL. O espectrômetro foi usado primeiro para determinar a aplicação em ppm correta do fluxo de entrada, e foi então conectado à saída do tubo para rastrear a concentração de saída.

#### Cálculos de Correlação:

Um modelo matemático foi estabelecido por Gerry Wood (consulte: *Am. Ind. Hyg. Assn. J.* volume 55, número 1 páginas 11 a 15, 1994) que permite calcular o tempo de vida útil antecipado do cartucho em um leito filtrante de carvão ativado como uma função da identidade do vapor e concentração.

O modelo descreve o tempo de saturação,  $t_b$ , as:

$$t_b = (W_e W / C_o Q) - (1000 W_e \rho_\beta / k_v C_o) \ln[(C_o - C_x) / C_x]$$

onde:

- $C_x$  = concentração de saída (g/L)
- $C_o$  = concentração de entrada (g/L)
- $Q$  = taxa de fluxo volumétrica (L/min)
- $W$  = peso de carvão ativado (g)
- $\rho_\beta$  = densidade comprimida de leito de carbono (g/cc)
- $W_e$  = capacidade de adsorção de equilíbrio (g/g de carbono)
- $K_v$  = coeficiente de taxa de adsorção (1/min)

O ponto de saturação de 50% é definido com o ponto em que  $C_o = 2C_x$ . No ponto de saturação de 50%, o termo  $\ln[(C_o - C_x) / C_x]$  cai para zero, de modo que  $t_b = (W_e W / C_o Q)$ . O tempo de saturação predito do cartucho de filtro 3M 6001 pode ser calculado para uma dada concentração de vapor orgânico e vazão. Esses valores calculados são apresentados na Tabela 2.

Os tempos de saturação experimentais para os cartuchos de amostra foram correlacionados para apresentar tempos de saturação preditos de 50% para o cartucho de filtro 3M 6001 pela multiplicação do tempo de saturação do tubo de carbono por  $(W_{\text{cartucho}} Q_{\text{tubo}} / W_{\text{tubo}} Q_{\text{cartucho}})$ . Os tempos de saturação preditos para o cartucho de filtro, calculados a partir dos tempos de saturação experimentais dos tubos de amostra também são mostrados na Tabela 2. A diferença percentual entre os tempos de saturação preditos

para o cartucho de filtro calculado a partir dos tempos de saturação experimentais dos tubos de amostra e os tempos de saturação do cartucho de filtro foram calculados a partir da equação são também mostrados na Tabela 2:

$$\% \text{ Diferença} = (\text{Predito} - \text{Calculado}) / \text{Calculado} \times 100\%.$$

#### 5 Cálculos de Correlação de Tempo de Permanência:

Os cálculos foram realizados para determinar o tempo de permanência para o tubo de monitor de teste e para o cartucho de filtro 3M série 6001 OV. Com o uso das dimensões do tubo de monitor de teste e a vazão experimental de 3,2 L/min o tempo de permanência foi calculado para ser 0,14 segundos. Presumindo uma taxa de respiração do cartucho de 32 L/min e com o uso de dimensões do cartucho 3M 6001, o tempo de permanência foi determinado como 0,19 segundos. Os tempos de permanência permitem a predição de 50% do tempo de saturação para o cartucho 6001 a partir do tempo de saturação de 50% do tubo monitor de teste pela multiplicação de 50% do tempo de saturação do tubo monitor de teste pela razão entre o tempo de permanência do cartucho e o tempo de permanência do tubo conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 1

Exemplo	Identidade do vapor orgânico	Peso do carbono no tubo (gramas)	Vazão de vapor (L/min)	Concentração de vapor orgânico (PPM)	Tempo de permanência de 50% (min)
1A	Tolueno	3,23	3,2	788	158
1B	Tolueno	3,31	3,2	871	145
1C	Heptano	3,22	3,2	952	80
1D	Estireno	3,24	3,2	818	178
1E	1-Butanol	3,22	3,2	746	201

Tabela 2

Exemplo	Tempo de saturação de 50% do tubo medido (min)	Tempo de saturação predito de 50% do cartucho 6001 a partir de dados experimentais (min)	Tempo de saturação calculado de 50% do cartucho 6001 (min)	Diferença entre o predito e o calculado (%)
1A	158	225,0	209,0	7,66
1B	145	206,5	191,6	7,78
1C	80	113,9	127,0	10,29
1D	178	253,5	213,5	18,73
1E	201	286,3	269,2	6,34

Tabela 3

Exemplo	Vazão de vapor (L/min)	Tempo de saturação de 50% do tubo de carbono medido (min)	Cálculos do tempo de saturação de 50% do modelo de Wood para o cartucho 6001, 32 L/min (min)	Tempo de saturação de 50% predito para o cartucho 6001 a partir da razão do tempo de permanência (min)
1A	3,2	158	209	209
1B	3,2	145	192	192
1C	3,2	80	127	106
1D	3,2	178	214	235
1E	3,2	201	269	266

#### Exemplo 2:

Foram preparados tubos de monitor de teste para predizer a vida útil dos cartuchos de filtro série 6001 OV disponíveis comercialmente junto à 3M Company, St. Paul, MN, EUA.

#### 5 Preparação de Filme de Detecção:

O filme sensor foi preparado por um primeiro revestimento de uma amostra de Melinex ST 504 PET (tereftalato de polietileno) com uma espessura de 127 micrômetros (5 mils) com Au/Pd (35 mAmps, 20 segundos) com o uso de um dispositivo de aplicação de revestimento por pulverização em bancada. Um polímero intrinsecamente microporoso (PIM) foi preparado com o uso dos métodos descritos anteriormente na literatura (*Chem. Comm.*, 2004, páginas 230 a 231). O polímero foi dissolvido em uma concentração de 4% de concentração por massa em tetra-hidropirano (THP) e aplicados uniformemente em uma camada de Au/Pd a 1000 rpm. Uma tinta de nanopartícula de prata (solução estoque obtida junto à Cabot Labs, lote 457010, 20,1% em peso) foi diluída (0,5 gramas da solução de estoque obtida mais 1 mililitro de etanol) e aplicados uniformemente a 1000 rpm em uma camada de PIM para completar a pilha do sensor. O filme multicamadas foi então aquecido a 125 graus Celsius durante 2 horas antes do uso.

#### Preparação da Amostra de Teste:

Um tubo monitor de teste contendo um filme de detecção foi preparado para imitar os cartuchos de filtro 6001 série OV disponíveis comercialmente junto à 3M Company, St. Paul, MN, EUA. O filme sensor foi colocado dentro de um tubo conforme descrito acima no Exemplo 1, antes de encher e comprimir para conformá-lo o mais firmemente possível à superfície de vidro. O carvão ativado Kuraray GG 12 X 20 (o mesmo carbono usado nos cartuchos de série 6001 OV) foi então carregado no tubo. O filme sensor e a sonda de fibra foram posicionados a 88 milímetros (ou 80% do comprimento total de 110 milímetros do

tubo, perfazendo 20% da capacidade de carbono restante) a partir do ponto de entrada do tubo.

#### Teste de Vapor Orgânico:

O teste de vapor orgânico com tolueno executado (854 ppm, 3,2 L/min de fluxo) conforme descrito acima no Exemplo 1, exceto pelo fato de que um espectrômetro de fibra óptica Ocean Optics foi usado para monitorar o filme do sensor enquanto o espectrômetro MIRAN IR analisava o gás que saía da extremidade do tubo. O IR medido do tempo de saturação (no final do tubo) de 50% assim como o tempo de saturação de 50% medido da Resposta do Filme Sensor (com 20% de carbono restante) são mostrados na Tabela 4.

#### Cálculos de Correlação:

Os cálculos foram executados conforme descrito acima para fornecer o tempo de saturação calculado com 20% do carbono restante para o cartucho de filtro e o tempo de saturação predito com 20% do carbono restante dos dados experimentais do filme sensor. Esses valores são mostrados na Tabela 4 junto com a % de diferença, calculada conforme descrito acima para o Exemplo 1.

Tabela 4

Tempo de saturação medido de 50% de extremidade de tubo (min)	Tempo de saturação medido de 50% do filme sensor de tubo com 20% de carbono restante (min)	Tempo de saturação de 50% de cartucho 6001 a partir de dados experimentais com 20% de carbono restante (min)	Tempo de saturação de 50% de cartucho 6001 calculado com 20% de carbono restante (min)	Diferença entre o predito e o calculado (%)
152	118	168	154	9,1

REIVINDICAÇÕES:

1. Dispositivo **CHARACTERIZADO** por compreender:

uma substância de demanda;

um elemento de detecção localizado dentro ou adjacente à substância de

5 demanda, com um ponto de detecção;

um leitor para o elemento de detecção; e

um dispositivo de liberação do fluido, sendo que tal dispositivo compreende

parâmetros de liberação do fluido sendo que os parâmetro de liberação do fluido e o ponto

de detecção do elemento de detecção estão correlacionados à vida útil de um cartucho de

10 filtro.

2. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a substância de demanda compreende carvão ativado, carvão ativado tratado, alumina, gel de sílica, hopcalita, peneiras moleculares, estruturas metalorgânicas, ou uma combinação dos mesmos.

15 3. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o ponto de detecção é uma resposta do elemento de detecção que compreende uma alteração óptica.

4. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a substância de demanda é um filme em camadas.

20 5. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende, ainda, um receptáculo sendo que o receptáculo contém pelo menos a substância de demanda.

6. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de liberação do fluido compreende uma bomba ou um ventilador.

25 7. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 5, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de monitoramento compreende um tempo de permanência, e o ponto de detecção do elemento de detecção está correlacionado com a vida útil de um cartucho de filtro pela correlação do tempo de permanência do dispositivo de monitoramento com um tempo de permanência de um cartucho de filtro.

30 8. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o tempo de permanência do dispositivo de monitoramento está correlacionado com o tempo de residência do cartucho de filtro pelo controle dos parâmetros de liberação do fluido do dispositivo de liberação de fluido, sendo que os parâmetros de liberação do fluido compreendem, a vazão, a massa da substância de demanda, a área em seção transversal  
35 do receptáculo, o volume do receptáculo, o comprimento do receptáculo, e a densidade de compressão da substância de demanda do dispositivo de monitoramento.

9. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 8, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a substância de demanda e a densidade de compressão da substância de demanda para o dispositivo de monitoramento e o cartucho de filtro são iguais.

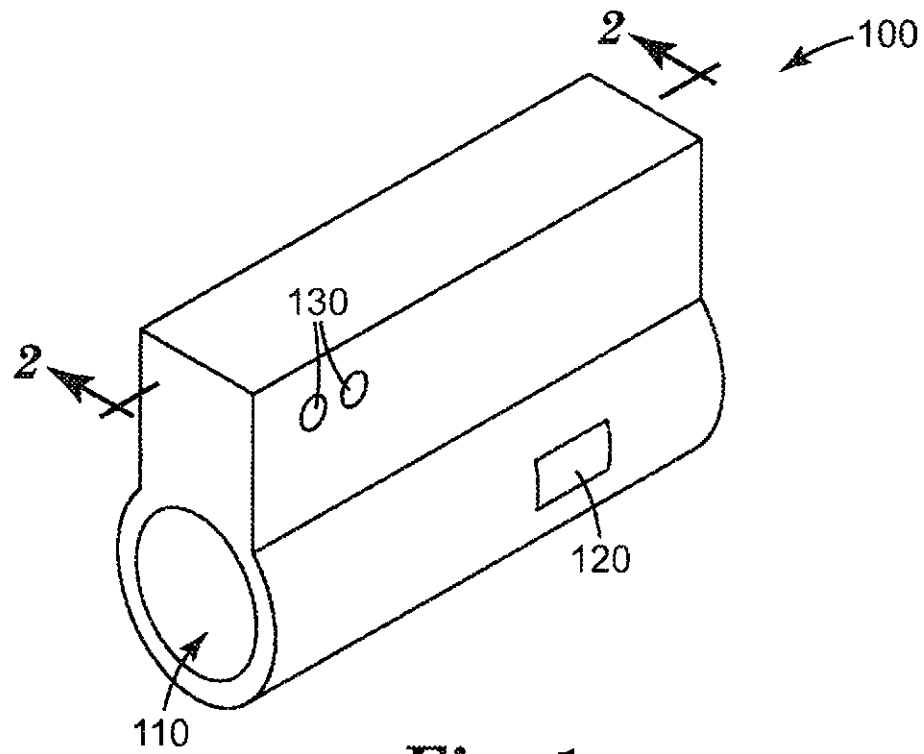
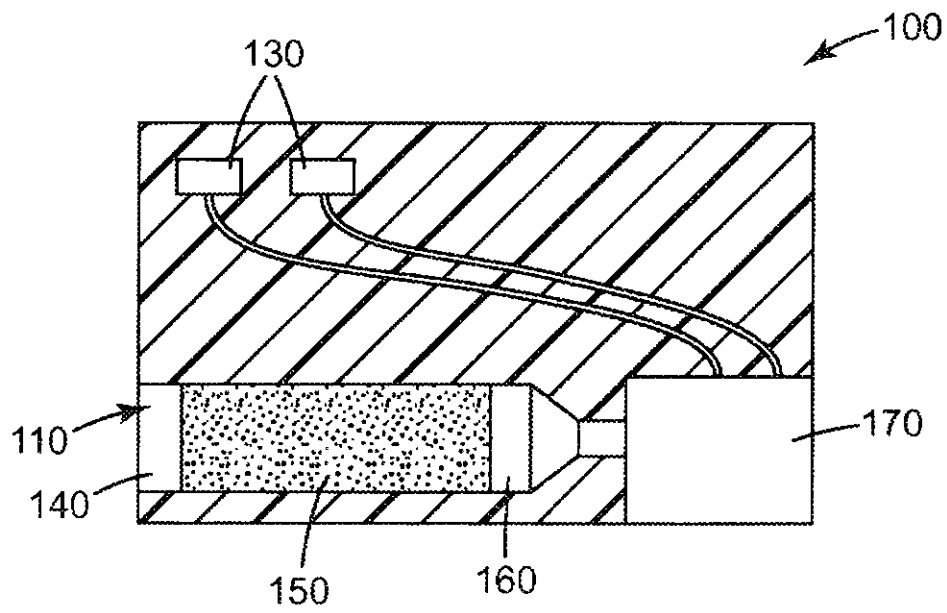
5 10. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 9, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a correlação do ponto de detecção do elemento de detecção com a vida útil de um cartucho de filtro é descrita pela equação:

$$t_{SL} = t_b (W_{\text{cartucho}} Q_{\text{dispositivo}} / W_{\text{dispositivo}} Q_{\text{cartucho}})$$

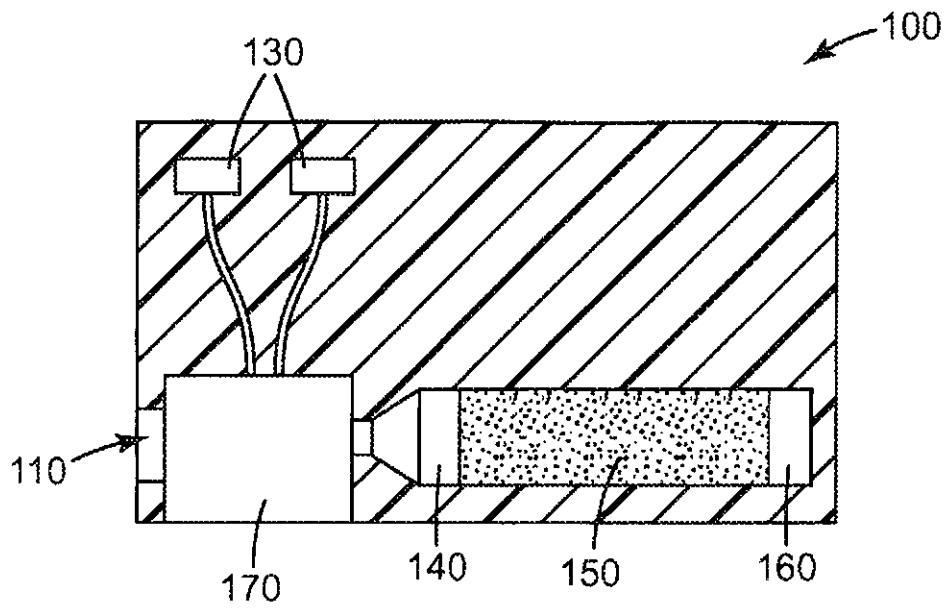
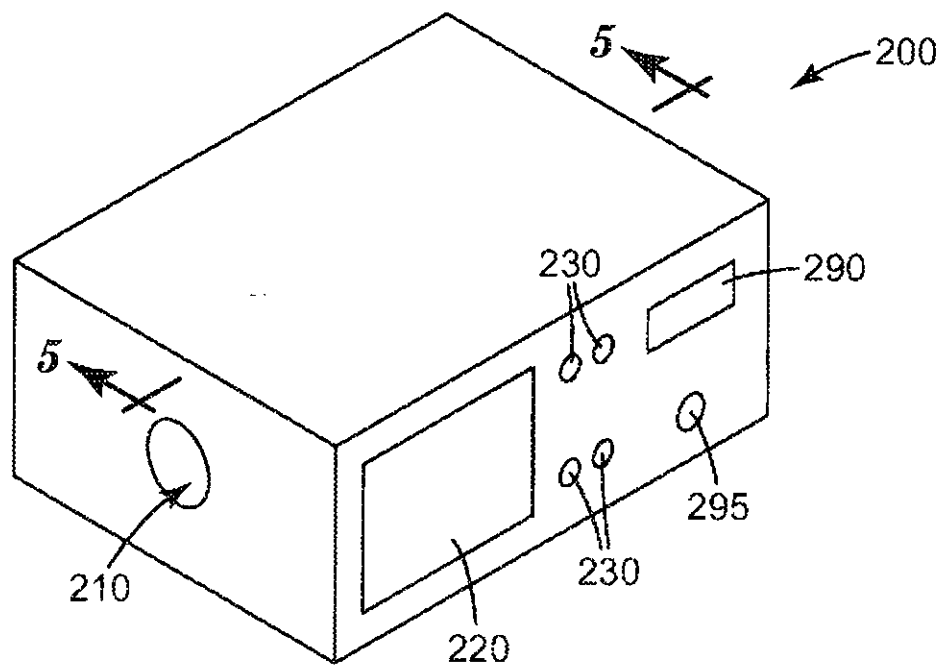
em que

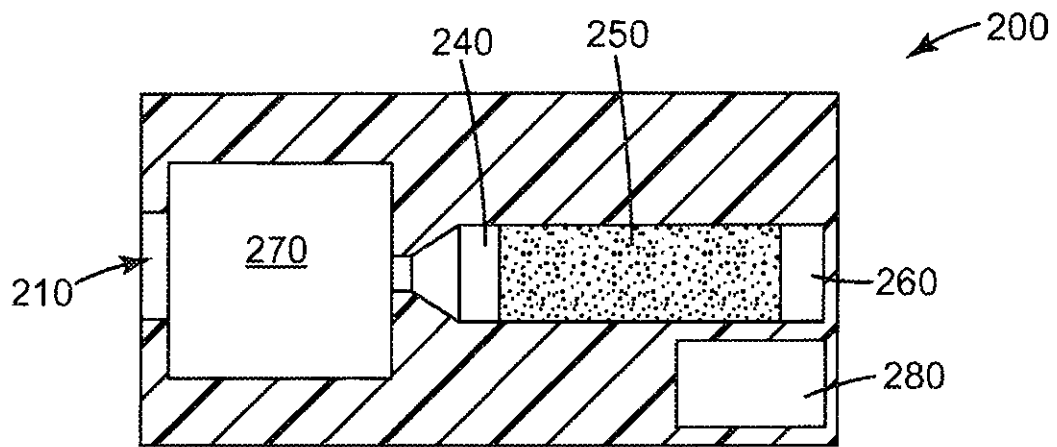
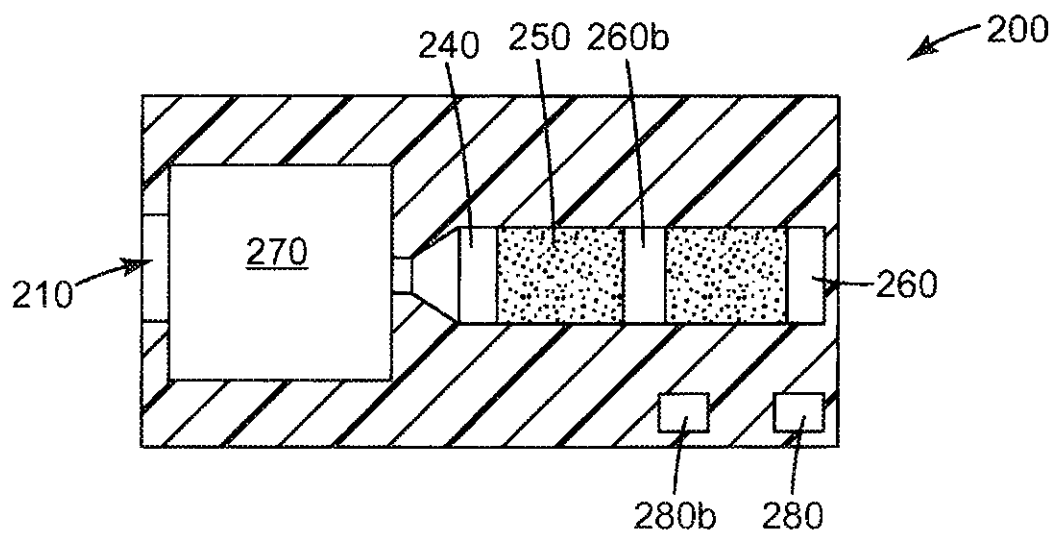
- 10  $t_{SL}$  é a vida útil do cartucho de filtro;
- $t_b$  é o ponto de detecção do elemento de detecção;
- $W_{\text{cartucho}}$  é o peso da substância de demanda no cartucho;
- $Q_{\text{dispositivo}}$  é a vazão no dispositivo;
- $W_{\text{dispositivo}}$  é o peso da substância de demanda no dispositivo;
- $Q_{\text{cartucho}}$  é a vazão no cartucho.

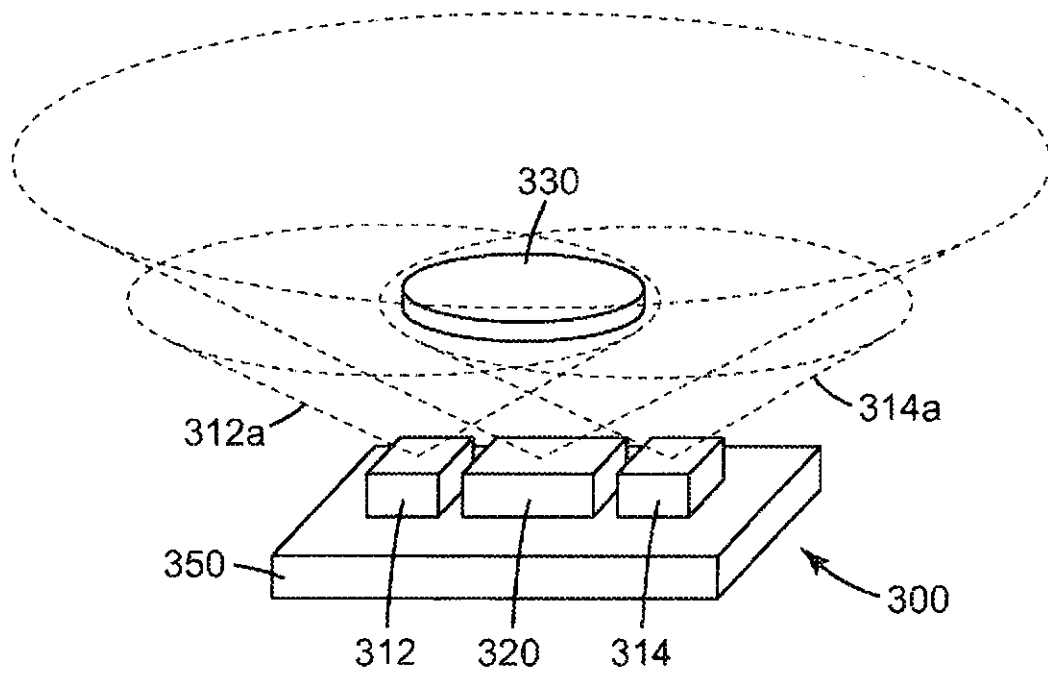
15 11. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 10, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que  $W_{\text{cartucho}} Q_{\text{dispositivo}} = W_{\text{dispositivo}} Q_{\text{cartucho}}$ .

*Fig. 1**Fig. 2*



*Fig. 3**Fig. 4*

*Fig. 5**Fig. 6*



**Fig. 7**

## RESUMO

### “DISPOSITIVO PARA INDICAÇÃO DE FINAL DE VIDA ÚTIL”

A presente invenção refere-se a dispositivos para monitoramento do final da vida útil de um cartucho de filtro que incluem uma substância de demanda, um elemento de detecção com um ponto de detecção localizado dentro ou adjacente à substância de demanda, um leitor para o elemento de detecção, e um dispositivo de liberação do fluido. O ponto de detecção do elemento de detecção está correlacionado com a vida útil de um cartucho de filtro. A correlação é efetuada pela correlação do tempo de permanência do dispositivo de monitoramento com o tempo de permanência de um cartucho de filtro. O tempo de permanência do dispositivo de monitoramento está correlacionado com o tempo de permanência do cartucho de filtro pelo controle dos parâmetros de liberação de fluidos do dispositivo de liberação de fluidos. Os parâmetros de liberação de fluido incluem a vazão, a massa de substância de demanda, a área de seção transversal do receptáculo, o volume do receptáculo, o comprimento do receptáculo, e a densidade de acumulação de substância de demanda do dispositivo de monitoramento.