



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	102000900891231
Data Deposito	24/11/2000
Data Pubblicazione	24/05/2002

Priorità	2009/99
Nazione Priorità	AT
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	N		

Titolo

PROCEDIMENTO PER LA MISURA DELL'OPACITA' IN GAS, IN PARTICOLARE IN GAS DI SCARICO O NELL'ATMOSFERA.



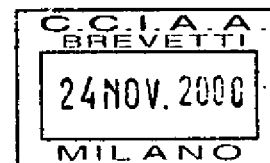
AVL List GmbH,

con sede a Graz (Austria)

MI 2000A002545

* * * * *

DESCRIZIONE



L'invenzione riguarda un procedimento per la misura dell'opacità in gas, in particolare in gas di scarico o nell'atmosfera, presso o vicino al massimo della sensibilità dell'occhio nel campo di lunghezze d'onda verde da 550 a 570 nm di lunghezza d'onda centrale, nonché un dispositivo per la misurazione dell'opacità in gas, in particolare in gas di scarico o nell'atmosfera, che è equipaggiato con un dispositivo di filtraggio ottico per il campo spettrale verde visibile presso o vicino al massimo della sensibilità dell'occhio da 550 a 570 nm di lunghezza d'onda centrale del percorso di raggio davanti ad almeno un rivelatore ottico ed è collegabile o munito di una elettronica di valutazione.

Nel caso di opacimetri si misura al giorno d'oggi secondo la legge o la norma nel caso di una lunghezza d'onda nel "campo spettrale verde", nel caso di una lunghezza d'onda di picco da 550 a 570 nm e una frequenza di taglio minore del 4% della sensibilità di valori di picco della lunghezza d'onda di picco per trasmissioni minori di 420 nm e maggiori di 680 nm. L'opacità è definita in questo caso come misura dell'"intorbidimento nel campo spettrale visibile della sensibilità dell'occhio umano". La misura in questo campo spettrale della "sensibilità dell'occhio" è volutamente scelta in modo tale che perciò l'intorbidimento dell'atmosfera, provocato da emissioni, rispettivamente la "formazione di smog" debba venire controllata. In alternativa molto spesso viene impiegato anche il "valore k"



in questo campo spettrale come misura per l'intorbidimento, ove i due valori sono convertibili l'uno nell'altro matematicamente mediante la legge di Lambert Beer:

$100\text{-Opacità} = 100^{\circ} \text{EXP}(-k \cdot L)$, con L = lunghezza della cella di misura
rispettivamente lunghezze del percorso di
misura.

Principalmente vengono/sono stati rilevati mediante la misura di opacità le particelle di fuliggine "nere", rispettivamente al giorno d'oggi nelle leggi e nei controlli prescritti per legge viene assunto che l'intorbidimento rispettivamente il valore k nel campo spettrale verde viene provocato soltanto da particelle di fuliggine. Nel caso degli opacimetri impiegati attualmente con la misura dell'opacità nel "campo spettrale visibile" in caso di soltanto una lunghezza d'onda definita quindi non si può fare differenza se il valore di misura "opacità" o il valore k (in m^{-1}) viene provocato realmente da fuliggine o non anche da altri componenti del gas di scarico.

Nel caso di motori però in realtà possono manifestarsi anche componenti del gas di scarico potenziale (per esempio alcuni legami di azoto, in particolare NO_2), che assorbono anch'essi in questo campo spettrale e possono provocare un intorbidimento. Questi componenti supplementari vengono misurati insieme nel caso dei sistemi a opacimetro tradizionali erroneamente come "fuliggine". In concetti di motore che in anni precedenti sono stati impiegati, realmente la parte provocata dall'emissione di fuliggine era dominante nell'opacità, questo non è però più valido per le generazioni attuali e future di motori.



Nei concetti di motori moderni, per esempio con post-trattamento del gas di scarico CRT (Continuous Regenerating Type), particelle di fuliggine vengono ossidate per la maggior parte cataliticamente, dall'altra parte però una parte delle concentrazioni di NO, presenti nel gas di scarico, viene convertita da questi processi catalitici in NO₂. NO₂ è però una componente di gas che viene anch'essa assorbita nel campo spettrale dell'opacimetro verde e misurata insieme come "fuliggine".

D'altro lato possono manifestarsi anche particelle "bianche", non assorbenti, per esempio solfati con acqua accumulata o anche altri prodotti di reazione a forma di particelle come idrocarburi condensati) che grazie all'indebolimento della luce in conseguenza di una dispersione della luce possono provocare anch'essi un effetto di misura.

Analogamente con gli apparecchi di misura che misurano nel campo infrarosso medio, non può venire eseguita una simile discriminazione, in particolare non per solfati e per NO₂. NO₂ non può venire misurato correttamente in gas di scarico di motori per mezzo di assorbimento di infrarossi a causa dell'elevata sensibilità trasversale con il vapore acqueo presente nel gas di scarico, rispettivamente l'acqua non può venire eliminata anche per questa misura per mezzo di un raffreddamento di gas, poichè NO₂ è solubile in acqua e in questo caso viene contemporaneamente eliminato insieme. La misura della concentrazione di NO₂ può avvenire al momento soltanto mediante rivelatori a chemilumescenza (CLD) e in questo caso anche però soltanto indirettamente per mezzo di una misura di differenza (NO_x-NO = NO₂).

Particelle di solfato nel campo infrarosso per ragioni simili non



possono venire neanch'esse misurate, in particolare non è misurabile una misura diretta della parte, provocata dalla dispersione di luce delle particelle di solfato, dell'opacità nel campo spettrale visibile nel campo infrarosso. Lo stesso vale anche per le parti di particelle di idrocarburo non assorbenti ma condensate e quindi anch'esse disperdenti la luce.

Tutti i concetti presenti al momento nel campo infrarosso per la misura di particelle complessive si basano su misure delle concentrazioni complessive di idrocarburi (come gas oppure come gas + particella) e modelli di calcolo all'indietro (così anche gli esempi nelle pubblicazioni brevettuali EP 0 094 374 e EP 0 123 458). Un'parte dei concetti presenti al momento per il calcolo di particelle di idrocarburi si basa su misure complicate a temperature differenti, filtraggio del gas, misura della concentrazione di idrocarburi presente "in forma gassosa" e un calcolo all'indietro delle parti di particelle, come rappresentato nella pubblicazione brevettuale EP 0 616 205.

Una misura diretta dell'"intorbidimento" a causa della dispersione della luce, che è ancora decisivo per il campo spettrale verde visibile, non è possibile per ragioni fisiche nel campo infrarosso, poichè a causa della proporzionalità dell'effetto alla quarta potenza del rapporto fra lunghezza d'onda della luce e grandezza di particella, nell'infrarosso effettivamente non è presente alcuna dispersione della luce per particelle da gas di scarico di motori.

Un calcolo all'indietro come potrebbe essere possibile teoricamente - anche per NO_2 - almeno in misure degli spettri di assorbimento complessivi del gas di scarico nell'infrarosso (da NIR a FIR) con sistemi



FTIR veloci e ad alta risoluzione, che sono però estremamente costosi e dispendiosi, fallisce infine anche per il fatto che le condizioni dinamiche momentanee, che si manifestano per esempio nel caso dell'accelerazione libera, e influenzano senz'altro decisivamente la composizione momentanea delle particelle, non sono calcolabili all'indietro dai dati ottenuti. Lo stesso vale anche per misure con diodi laser, come descritto all'incirca nella pubblicazione brevettuale EP 0 920 285, ove anche lì vengono misurati soltanto fuliggine e idrocarburi.

Tutti i metodi attuali, a causa delle forti differenze fra i campi di lunghezze d'onda "infrarosso medio", non possono descrivere o possono descrivere soltanto in modo molto incompleto le condizioni presenti nel campo spettrale visibile.

Nella pubblicazione brevettuale DE 25 57 268 è descritto un procedimento per la misura di estinzione, che può venire impiegato per esempio per la determinazione della densità di fumo in camini, ma anche per la misura della concentrazione di polvere in luoghi di lavoro, l'immissione nell'ambiente di fabbriche di calcio e per la determinazione della distanza visuale in caso di nebbia in autostrade e in aeroporti. In questo caso mediante la misura di estinzione a due diverse lunghezze d'onda viene resa possibile una differenziazione fra particelle assorbenti e non assorbenti, primariamente fra fuliggine rispettivamente particelle di aerosol e acqua sotto forma di vapore. Invece non viene determinato in qual modo e in qual misura un'opacità in un campo di lunghezze d'onda determinato influenza il valore per l'opacità in un altro campo di lunghezze d'onda.

Il compito della presente invenzione era quindi un procedimento che



in modo semplice, evitando gli svantaggi menzionati precedentemente dello stato della tecnica, rende determinabili separatamente i componenti, che sono responsabili per l'intorbidimento nel campo di lunghezze d'onda visibile, rispettivamente che consente per la misura dell'opacità sulla base delle particelle di fuliggine una correzione tenendo conto di ulteriori componenti, riflettentesi nel campo visibile. Un ulteriore compito era un dispositivo per l'esecuzione del procedimento.

Per la soluzione del compito precedente, il procedimento menzionato all'inizio è caratterizzato per il fatto che l'opacità viene misurata inoltre anche in almeno un secondo campo di lunghezze d'onda, che si trova nel campo spettrale da 200 nm fino a 2 μm , e si sovrappone in modo minimo nel migliore dei casi con il primo campo di lunghezze d'onda.

L'invenzione si basa sul fatto che sorprendentemente è stato stabilito che grazie all'impiego di almeno un filtro colorato supplementare e quindi una misura in un ulteriore campo di lunghezze d'onda si può distinguere, su quale parte dell'opacità misurata (o del valore k) viene provocata per esempio dalle particelle di fuliggine e quale parte da altri componenti, per esempio mediante luce dispersa di particelle piccolissime, non assorbenti e/o da altri componenti di gas assorbenti luce, come NO_2 .

Secondo un'ulteriore caratteristica dell'invenzione è previsto che i valori di misura di almeno un ulteriore campo di lunghezze d'onda impiegato vengano confrontati automaticamente con il valore di misura del campo di lunghezze d'onda verde, e che da ciò venga calcolata una correzione per il valore di misura nel campo di lunghezze d'onda verde.

Vantaggiosamente anche i segnali di tutti i campi di lunghezze d'onda



impiegati possono venire confrontati automaticamente insieme e da ciò viene determinata automaticamente la parte di segnale di almeno un ulteriore componente, che prende parte all'opacità nel campo di lunghezze d'onda verde.

Quando secondo un'ulteriore caratteristica dell'invenzione viene effettuata almeno un'ulteriore misura in un campo con la lunghezza d'onda centrale da 300 a 450 nm, la parte dell'opacità misurata (o del valore k), che viene provocata nel campo spettrale verde da particelle disperdenti "bianche", può venire determinata rispettivamente calcolata. Questo è possibile poichè si è riconosciuto che per i valori k , gli effetti provocati dalla dispersione della luce in particelle piccole sono proporzionali alla quarta potenza della lunghezza d'onda della luce, mentre l'effetto provocato dall'assorbimento di fuliggine è dipendente linearmente dalla lunghezza d'onda del filtro.

Quando in alternativa a ciò o in aggiunta viene effettuata ancora almeno una misura supplementare in un campo con la lunghezza d'onda centrale da 600 nm a 2 μm , perciò la partecipazione della maggior parte delle componenti di gas, che possono provocare anch'esse nel campo spettrale verde un effetto di misura, e la parte di segnale provocata dalla luce dispersa, possono venire determinate, cosicchè si può tener conto di queste parti per la correzione del valore di misura nel campo visibile e può venire determinata sostanzialmente più precisamente la partecipazione della "fuliggine".

Preferibilmente in questo caso la lunghezza d'onda centrale della misura supplementare è nel campo da 600 nm a 1,2 μm .



Secondo un'ulteriore caratteristica dell'invenzione, nel caso del procedimento descritto è previsto che le misure vengano eseguite una dopo l'altra in modo comandato automaticamente nei diversi campi di lunghezze d'onda, cosicchè sia evitato un intervento manuale e la serie di misure sia eseguibile in modo rapido e semplice.

Ancora più rapidamente, quando anche con un dispendio di apparecchiature maggiore, il procedimento secondo l'invenzione può venire eseguito secondo uno dei paragrafi precedenti, quando le misure vengono eseguite contemporaneamente in tutti i campi di lunghezze d'onda.

Il dispositivo descritto all'inizio per l'esecuzione del procedimento secondo l'invenzione, per la soluzione del compito posto è caratterizzato dal fatto che inoltre è previsto almeno un secondo dispositivo di filtraggio ottico per un secondo campo di lunghezze d'onda, la cui lunghezza d'onda centrale si trova nel campo spettrale da 200 nm a 2 μ m e che si sovrappone nel caso migliore in modo minimo con il primo campo di lunghezze d'onda.

Vantaggiosamente il dispositivo secondo la rivendicazione 9 è caratterizzato dal fatto che l'elettronica di valutazione è munita di un circuito o di un programma, che interroga automaticamente i valori di misura e calcola da ciò automaticamente una correzione per il valore di misura nel campo di lunghezze d'onda verde.

Secondo un'ulteriore caratteristica dell'invenzione, l'elettronica di valutazione può essere munita di un circuito o di un programma, che interroga automaticamente i valori di misura in tutti i campi di lunghezze d'onda impiegati e calcola da ciò automaticamente valori, per differenzia-



re le parti di segnale almeno di un componente responsabile per l'opacità nel campo di lunghezze d'onda verde da altri componenti, anch'essi assorbenti in questo campo di lunghezze d'onda.

Per determinare la parte dell'opacità misurata (o del valore k), che viene provocata nel campo spettrale verde da particelle disperdenti "bianche", secondo un'ulteriore caratteristica dell'invenzione è previsto almeno un dispositivo di filtraggio ottico supplementare per un campo di lunghezze d'onda con la lunghezza d'onda centrale nel campo da 300 a 450 nm.

Dall'altro lato, anche in aggiunta o in alternativa alla caratteristica appena menzionata, può essere previsto almeno un dispositivo di filtraggio ottico supplementare per un campo di lunghezze d'onda con la lunghezza d'onda centrale nel campo da 600 a 2 μm , per cui allora può venire determinata la partecipazione della maggior parte dei componenti di gas nel campo spettrale verde e anche la partecipazione della luce dispersa nel campo spettrale verde e può venire impiegata per la correzione del valore di misura sulla partecipazione provocata dalla fuliggine.

Preferibilmente in questo caso è previsto che il dispositivo di filtraggio ottico supplementare sia previsto per un campo di lunghezze d'onda con la lunghezza d'onda centrale nel campo da 600 a 1,2 μm .

Un azionamento manuale viene evitato quando gli scorrevoli, bracci orientabili, dischi girevoli o simili, portanti i dispositivi di filtraggio ottici, per l'inserzione o l'orientamento in dentro dei o di tutti i dispositivi di filtraggio ottici sono previsti nel percorso dei raggi davanti al rivelatore. Perciò il processo di misura è completamente automatizzabile e anche eseguibile più facilmente e più rapidamente che a mano.



Vantaggiosamente, per una struttura compatta e semplice può essere previsto che sia previsto un diaframma con aperture mobili davanti al rivelatore, nelle quali aperture sono inseriti i dispositivi di filtraggio ottici.

In questo caso preferibilmente per il funzionamento completamente automatico del dispositivo, è previsto un dispositivo di azionamento per il diaframma, collegato con l'elettronica di valutazione.

Dall'altro lato secondo un'ulteriore caratteristica dell'invenzione può essere previsto che siano previsti in parallelo più rivelatori e siano collegati con una elettronica di valutazione comune, ove nel percorso dei raggi davanti a ciascun rivelatore è previsto almeno rispettivamente un dispositivo di filtraggio ottico. Perciò la misura è eseguibile più rapidamente, cosicchè possano venire seguite in tempo reale anche condizioni rapidamente variabili.

Nella seguente descrizione l'invenzione deve venire illustrata più in dettaglio con l'aiuto di un esempio di esecuzione preferito per la misura delle particelle di fuliggine.

Si è potuto stabilire che in particolare in concetti di motore moderni senz'altro una parte decisiva della "opacità" può originare da altri componenti, oltre che da particelle di fuliggine, cioè in particolare da NO_2 , ma in parte anche da particelle "trasparenti" non assorbenti, come solfati e acqua accumulata su queste particelle di solfato.

Sorprendentemente è stato stabilito che grazie all'impiego di almeno un ulteriore "filtro ottico" nel campo spettrale visibile o anche nel campo infrarosso vicino fino a circa massimo $2 \mu\text{m}$, le parti provocate da



questi componenti del valore di misura nel campo spettrale verde, cioè dell'intera opacità misurata, possono venire determinate e perciò la "opacità", misurata nel campo spettrale verde, può venire separata selettivamente nelle parti che vengono provocate da "fuliggine", da NO_2 e da "solfati", oppure da altre particelle di idrocarburo condensate.

In questo caso è di particolare significato che grazie a questo modo secondo l'invenzione di misura nel campo spettrale visibile - non nel campo spettrale infrarosso medio - per la prima volta vi è la possibilità di selezionare i componenti NO_2 e le parti, provocate dall'intorbidimento di NO_2 , all'opacità (rispettivamente il valore k) nel campo spettrale "di opacità" verde e anche inoltre misurare separatamente le partecipazioni provocate dalle particelle di solfato (e anche le particelle di idrocarburo non assorbenti in questo campo spettrale). Perciò inoltre è direttamente possibile per la prima volta anche la misura della concentrazione di NO_2 , quando il sistema di misura viene calibrato per mezzo di un gas di calibrazione NO_2 .

Inoltre la nuova invenzione offre la possibilità di controllare separatamente e ad alta dinamica, per futuri controlli di gas di scarico, la parte di fuliggine emessa nel caso di libera accelerazione di motori, e contemporaneamente la parte di NO_2 emessa. In caso di misure a folle normali o con gli opacimetri impiegati attualmente non può venire misurata l'espulsione di NO_2 . Il controllo di veicoli o di motori con il procedimento secondo l'invenzione e con il dispositivo corrispondente nonchè con il metodo impiegato per la valutazione, è quindi eseguibile in modo sostanzialmente più semplice.



Un ulteriore vantaggio non trascurabile di questa invenzione è anche da vedere nel fatto che il concetto impiegato in confronto ad altri concetti di misura come FTIR o MID NDIR o misure con diodi laser, è effettuabile sostanzialmente in modo più economico e più semplice, e inoltre possono venire impiegati concetti di hardware tradizionali robusti per apparecchi di misura di opacità (da corrente piena a corrente parziale). Lo sfondo è il fatto che le particelle di fuliggine assorbono fortemente e a causa della loro tradizionale distribuzione di grandezza il valore k proporzionale alla concentrazione delle particelle di fuliggine dipende linearmente dalla lunghezza d'onda della luce.

Dall'altro lato la maggior parte dei componenti di gas, che possono provocare anch'essi nel campo spettrale verde un effetto di misura, nel "campo spettrale visibile rosso" o anche nel campo infrarosso vicino, non assorbono più o assorbono almeno sostanzialmente meno, analogamente nel campo spettrale rosso gli effetti a causa della luce dispersa diventano sostanzialmente più piccoli rispettivamente trascurabili, cosicché lì viene misurata soltanto "fuliggine", e le parti sono misurabili separatamente mediante un formalismo.

Nel caso in cui una parte sostanziale dell'opacità misurata (o del valore k) viene provocata nel campo spettrale verde da particelle disperse "bianche", mediante impiego di un filtro alternativo o supplementare nei campi "blu o vicini ultravioletti" l'effetto da ciò provocato può venire anch'esso discriminato. Gli effetti provocati dalla dispersione della luce su particelle piccole sono proporzionali alla quarta potenza della lunghezza d'onda della luce, mentre, come già menzionato precedentemente,



L'effetto provocato dall'assorbimento di fuliggine è dipendente linearmente dalla lunghezza d'onda del filtro.

La misura delle diverse parti di componenti può avvenire perciò per il fatto che il filtro verde dell'apparecchio di misura da un lato - per esempio mediante uno scorrimento, manualmente o anche automaticamente - viene sostituito da un filtro nel campo spettrale rosso (o anche infrarosso vicino) e/o da un filtro nel campo spettrale blu (o nel campo ultravioletto vicino). In alternativa anche contemporaneamente due o anche più rivelatori possono essere equipaggiati con diversi filtri spettrali, oppure i filtri vengono introdotti uno dopo l'altro, per esempio mediante una ruota chopper, nel percorso dei raggi. Perciò la misura può avvenire in tutti i campi di lunghezze d'onda contemporaneamente o almeno rapidamente in sequenza.

Nel primo caso la valutazione deve avvenire o dopo la misura esternamente o anche, preferibilmente comandata a programma, internamente. In questo caso è adatta soprattutto la variante descritta per prima per misure costanti a lungo termine, mentre per processi di misura dinamici rapidi deve venire impiegata la seconda alternativa.

Grazie a diversi algoritmi di conversione perciò dai due o tre valori di misura possono venire misurate selettivamente le parti di assorbimento provocate nel campo spettrale normalizzato verde da fuliggine o anche da altri componenti. La concentrazione, la parte di valori k o anche la partecipazione all'opacità, che sono provocate dagli altri componenti assorbenti come per esempio NO_2 e particelle disperdenti la luce, possono quindi venire inoltre determinate. Grazie a questo principio di misura e alla



valutazione si può perciò distinguere quale parte dell'opacità provocata nel campo spettrale verde rispettivamente del valore k viene provocata da fuliggine, un gas come NO_2 , o da particelle disperdenti come solfati o idrocarburi. Inoltre possono venire calibrate e calcolate anche le concentrazioni dei componenti gassosi. Dal valore di opacità o valore k corretto per "fuliggine" può venire calcolata rispettivamente misurata analogamente la concentrazione vera, poichè il valore k è direttamente proporzionale alla concentrazione di fuliggine. La determinazione della concentrazione del solfato o delle parti di particelle di idrocarburi può avvenire analogamente con questo metodo - almeno grossolanamente, ove qui sono calcolabili selettivamente soltanto le concentrazioni accumulanti come particelle. Grazie alla variazione presente della distribuzione di grandezza delle particelle puramente disperdenti la precisione di misura del calcolo di concentrazione è possibile soltanto limitatamente. La precisione di misura rispettivamente di calcolo della parte di valore k provocata da queste particelle nei diversi campi spettrali non viene però da ciò limitata.

In caso di impiego di tre filtri in presenza di tre componenti di cui tener conto o di due filtri e in presenza di soltanto due componenti è quindi possibile anche un calcolo di concentrazione.

Per evitare sensibilità trasversali eventuali i campi spettrali supplementari, in particolare nel campo infrarosso vicino, devono venire scelti in modo tale che non vengano provocati, o solo minimamente, assorbimenti o effetti di misura da parte del vapore acqueo presente nel gas di misura o il contenuto di CO_2 .

Un simile esempio di calcolo per misura e valutazione viene presenta-



to di seguito esemplificativamente, così come un esempio di esecuzione per un dispositivo secondo l'invenzione. La figura 1 mostra in questo caso la sensibilità spettrale per un sistema esemplificativo con tre filtri nella cella di misura, la figura 2 mostra valori di misura risolti spettralmente, che vengono provocati da concentrazioni di fuliggine, particelle disperdenti o un gas assorbente, la figura 3 è una sezione longitudinale schematica di un opacimetro secondo l'invenzione, la figura 4 è una sezione longitudinale dell'unità di lampade di figura 3 in scala ingrandita, la figura 5 mostra una sezione longitudinale ingrandita della unità rivelatrice della figura 3, le figure 6a e 6b mostrano ciascuna una vista in pianta di un inserto di filtro per un opacimetro secondo l'invenzione e la figura 7 è una vista in pianta di una piastrina di filtro per un simile opacimetro.

Il sistema è calibrabile per esempio anche per i componenti di gas NO_2 e perciò anche nel caso della fase di accelerazione - per esempio l'accelerazione libera - può venire misurato il valore di emissione NO_2 emesso oltre al valore di emissione di fuliggine, con altra dinamica. Il calcolo delle singole concentrazioni dei diversi componenti o i loro valori k rispettivamente opacità (nel caso di una determinata lunghezza d'onda) può avvenire grazie all'impiego di funzioni a matrice matematiche tradizionali. Per esempio, nel caso rappresentato nelle precedenti figure 1 e 2 per i tre filtri e i tre componenti nel campo spettrale verde può venire risolto come segue, per esempio per il valore k :

I valori k misurati di tre filtri differenti vengono moltiplicati con una matrice di calibrazione trasposta e da ciò può venire calcolata la



parte del valore k provocata nel campo spettrale verde dai singoli componenti. Questa matrice di calibrazione risulta parzialmente dalle relazioni matematiche puramente fisiche per dispersione e assorbimento. In presenza di dipendenze non lineari, come per gas, è possibile una calibrazione.

Valori (fuliggine, gas, particelle disperdenti) = matrice di calibrazione trasposta * (valore di misura (filtro 1, filtro 2, filtro 3))

La matrice di calibrazione è in questo caso una matrice 3x3 del tipo seguente:

KR(F1)	KR(F2)	KR(F3)
KG(F1)	KG(F2)	KG(F3)
KS(F1)	KS(F2)	KS(F3)

KR, KG, KS sono fattori di calibrazione per fuliggine, gas e particelle disperdenti.

F1, F2 e F3 rappresentano i tre filtri.

Poichè i valori nella matrice di calibrazione sono continui almeno in parte funzionalmente, naturalmente anche il valore k e/o l'opacità e/o la concentrazione per i campi spettrali degli altri filtri può venire calcolata o anche per "filtri teorici", che non sono stati impiegati. Si deve qui però tener conto nei calcoli di eventuali non linearità.

Sensatamente la matrice di calibrazione deve venire effettuata come matrice di valori k , poichè perciò possono venire semplificate sostanzialmente la calibrazione del sistema di misura, la separazione nelle diverse parti di componenti, e i calcoli di concentrazione, valore k e opacità. Il calcolo di opacità e concentrazione dalle parti di valore k può avvenire secondo la legge di Lambert-Beer. E' possibile infatti anche una matrice



di calibrazione in unità di opacità o di concentrazione, in ogni caso allora i valori della matrice di calibrazione risultanti sono almeno parzialmente funzioni non lineari delle singole grandezze di componente e devono venire adattati alternativamente, dipendentemente dai valori di misura stessi. Una simile procedura richiede dispendio di calibrazione e di calcolo non necessario.

Un opacimetro secondo l'invenzione potrebbe essere costituito per esempio come rappresentato nelle figure da 3 a 7 e viene illustrato di seguito. In un corpo o in un telaio 1 è supportato un tubo di misura 2. In questo tubo di misura attraverso il collegamento 3 viene introdotto il gas da analizzare. Di fronte al collegamento 3 è prevista preferibilmente una lamiera di impatto 4. Ad entrambe le estremità del corpo 1 sono previste camere di uscita 5, in cui sbocca il tubo di misura 2 e che sono chiuse rispetto a questi sbocchi con elementi a finestra 6 riscaldabili. Da un lato, qui dietro preferibilmente un diaframma 7, è prevista una unità rivelatrice con un rivelatore 8 per la determinazione dell'intensità della luce attraversante il tubo di misura 2 di una unità a lampada che si trova all'estremità opposta del tubo di misura 2.

L'unità a lampada equipaggiata anch'essa con un diaframma 7 contiene una o più lampade 9, preferibilmente lampade alogene, nonchè almeno un ulteriore filtro colorato 10, che è inserito in uno scorrevole 11 o simile unità, spostabile preferibilmente automaticamente nel percorso dei raggi dell'unità a lampada.

Il gas, dopo l'attraversamento del tubo di misura 2 e delle camere di uscita 5, esce dal dispositivo attraverso i collegamenti di uscita 12.



L'inserto di filtro 11 per l'alloggiamento dei diversi filtri di misura 10 negli almeno due campi spettrali è per esempio alloggiato di lato rispetto all'unità a lampada, ma si può trovare anche in alternativa naturalmente anche dal lato del rivelatore.

In figura 4 è rappresentata una unità a lampada esemplificativa in scala ingrandita. Fra le unità a finestra 13 per l'unità a finestra 6, riscaldabile elettricamente attraverso la bussola di collegamento 14, e il corpo di lampada 15 è inserito lo scorrevole 11 azionabile automaticamente o manualmente (vedere anche la figura 6b) per i filtri colorati. Nel corpo di lampada 15 sono montati il supporto 16 per le lampade alogene 9 nonché la bussola di collegamento 17 per la loro alimentazione di corrente. Al posto dell'inserto di filtro 11 spostabile nella sua direzione longitudinale può venire impiegato anche un dispositivo con una ruota di filtro 18 ruotante (vedere la figura 6a), in cui sono inseriti i filtri 10.

Un'altra forma di esecuzione dell'invenzione può prevedere che l'unità rivelatrice sia equipaggiata con una piastrina di rivelatore 19 (vedere la figura 7). Su questa piastrina 19 possono essere presenti allora più rivelatori 8, davanti ai quali sono orientabili i filtri colorati 10 nel percorso dei raggi. Possono essere però previste anche almeno due unità rivelatrici - a filtro colorato 20 separate, ove in questo caso può venire impiegata una disposizione senza inserto di filtro 11 o ruota di filtro 18 proprio, cosa che è vantaggiosa in particolare per misure ad alta dinamica con contemporanea misura in tutti i campi spettrali contemporaneamente.

Una unità rivelatrice con piastrina di rivelatore 19 è rappresentata ingrandita in figura 5. Dietro all'elemento a finestra 6 riscaldabile



nell'unità di finestra 13 e una lente 21 è montata la piastrina di rivelatore 19 e collegata attraverso la bussola di collegamento 22 attraverso il corpo del rivelatore 23 con l'alimentazione di corrente e con l'elettronica di valutazione.

* * * * *



RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la misura dell'opacità in gas, in particolare in gas di scarico o nell'atmosfera, presso o vicino al massimo della sensibilità dell'occhio in un primo campo di lunghezze d'onda verde da 550 a 570 nm di lunghezza d'onda centrale, caratterizzato dal fatto che l'opacità viene misurata inoltre anche in almeno un secondo campo di lunghezze d'onda, che si trova nel campo spettrale da 200 nm a 2 μ m, e nel caso migliore si sovrappone in modo minimo con il primo campo di lunghezze d'onda.
2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che i valori di misura di almeno un campo di lunghezze d'onda impiegato ulteriormente vengono confrontati automaticamente con i valori di misura del campo di lunghezze d'onda verde, e dal fatto che da ciò viene calcolata una correzione per il valore di misura nel campo di lunghezze d'onda verde.
3. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che i segnali di tutti i campi di lunghezze d'onda impiegati vengono confrontati insieme automaticamente e dal fatto che da ciò viene determinata automaticamente la parte di segnale di almeno un ulteriore componente che prende parte all'opacità nel campo di lunghezze d'onda verde.
4. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 3, caratterizzato dal fatto che l'opacità viene misurata inoltre almeno in un campo con lunghezza d'onda centrale da 300 a 450 nm.
5. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4, caratterizzato dal fatto che l'opacità viene misurata inoltre almeno in un campo



con una lunghezza d'onda centrale da 600 nm a 2 μ m.

6. Procedimento secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che la lunghezza d'onda centrale della misura supplementare è nel campo da 600 nm a 1,2 μ m.

7. Procedimento secondo una delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che le misure nei diversi campi di lunghezze d'onda vengono eseguite automaticamente comandate una dopo l'altra.

8. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 6, caratterizzato dal fatto che le misure vengono eseguite contemporaneamente in tutti i campi di lunghezze d'onda.

9. Dispositivo per la misura dell'opacità in gas, in particolare in gas di scarico o nell'atmosfera, che è equipaggiato con un dispositivo di filtraggio ottico per il campo spettrale verde visibile presso o vicino al massimo della sensibilità dell'occhio con lunghezza d'onda centrale da 550 a 570 nm nel percorso di raggi davanti ad almeno un rivelatore (8) ottico, ed è collegabile o munito di una elettronica di valutazione, caratterizzato dal fatto che inoltre è previsto almeno un secondo dispositivo di filtro (10) ottico per un secondo campo di lunghezze d'onda, la cui lunghezza d'onda centrale si trova nel campo spettrale da 200 nm a 2 μ m, e che nel caso migliore si sovrappone in modo minimo con il primo campo di lunghezze d'onda.

10. Dispositivo secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che l'elettronica di valutazione è munita di un circuito o di un programma, che interroga automaticamente i valori di misura e da ciò calcola automaticamente una correzione per il valore di misura nel campo di lunghez-



ze d'onda verde.

11. Dispositivo secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che l'elettronica di valutazione è munita di un circuito o di un programma, che interroga automaticamente i valori di misura in tutti i campi di lunghezze d'onda impiegati e da ciò calcola automaticamente i valori, per differenziare le parti di segnale almeno di un componente responsabile per l'opacità nel campo di lunghezze d'onda verde da eventualmente altri componenti assorbenti in questo campo di lunghezze d'onda.

12. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni da 9 a 11, caratterizzato dal fatto che è previsto almeno un dispositivo di filtraggio (10) ottico supplementare per un campo di lunghezze d'onda con la lunghezza d'onda centrale da 300 a 450 nm.

13. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni da 9 a 12, caratterizzato dal fatto che è previsto almeno un dispositivo di filtraggio ottico supplementare per un campo di lunghezze d'onda con la lunghezza d'onda centrale da 600 a 2 μm .

14. Dispositivo secondo la rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che è previsto almeno un dispositivo di filtraggio (10) ottico supplementare per un campo di lunghezze d'onda con la lunghezza d'onda centrale da 600 nm 1,2 μm .

15. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni da 9 a 14, caratterizzato dal fatto che sono previsti nel percorso dei raggi davanti al rivelatore (8) scorrevoli, bracci orientabili, dischi girevoli o simili (11, 18), portanti i dispositivi di filtraggio (10) ottici, per l'inserzione o l'orientamento in dentro dei o di tutti i dispositivi di filtraggio (10)



ottici.

16. Dispositivo secondo la rivendicazione 15, caratterizzato dal fatto che è previsto un diaframma (18) con aperture mobili davanti al rivelatore (8), nelle quali aperture sono inseriti dispositivi di filtraggio (10) ottici.

17. Dispositivo secondo la rivendicazione 16, caratterizzato dal fatto che è previsto un dispositivo di azionamento per il diaframma (11, 18), collegato con l'elettronica di valutazione.

18. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni da 9 a 14, caratterizzato dal fatto che sono previsti in parallelo più rivelatori (8, 20) che sono collegati con una elettronica di valutazione comune, ove nel percorso dei raggi davanti a ciascun rivelatore è previsto rispettivamente almeno un dispositivo di filtraggio (10, 20) ottico.

Il Mandatario:

- Dr. Ing. Guido MODIANO -



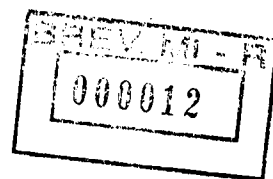


FIG. 1

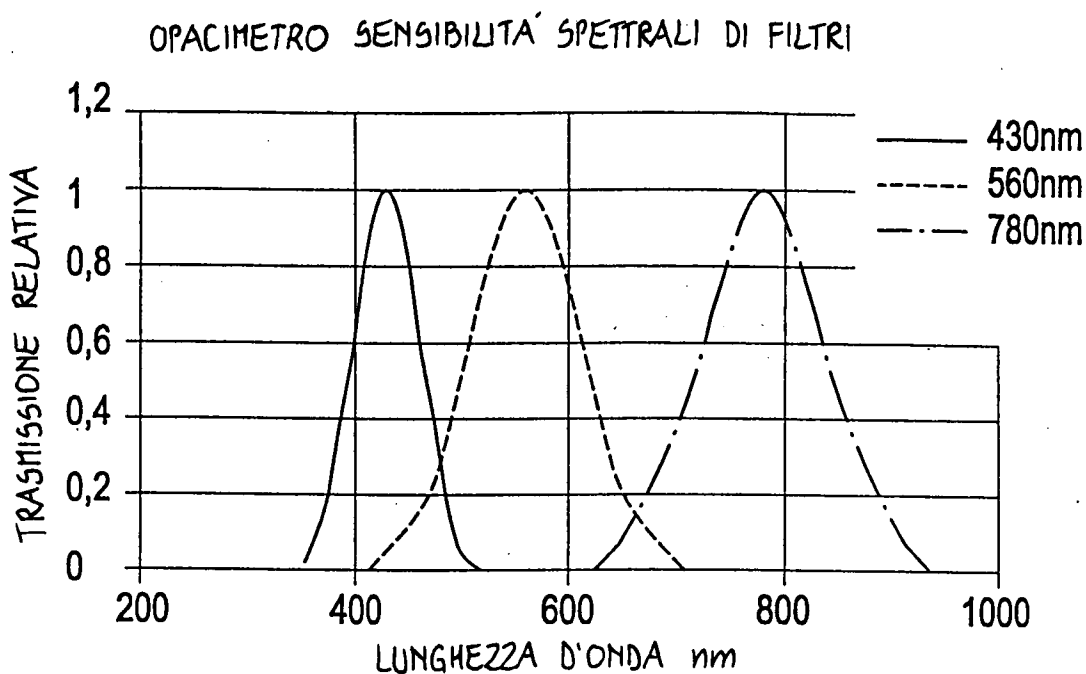
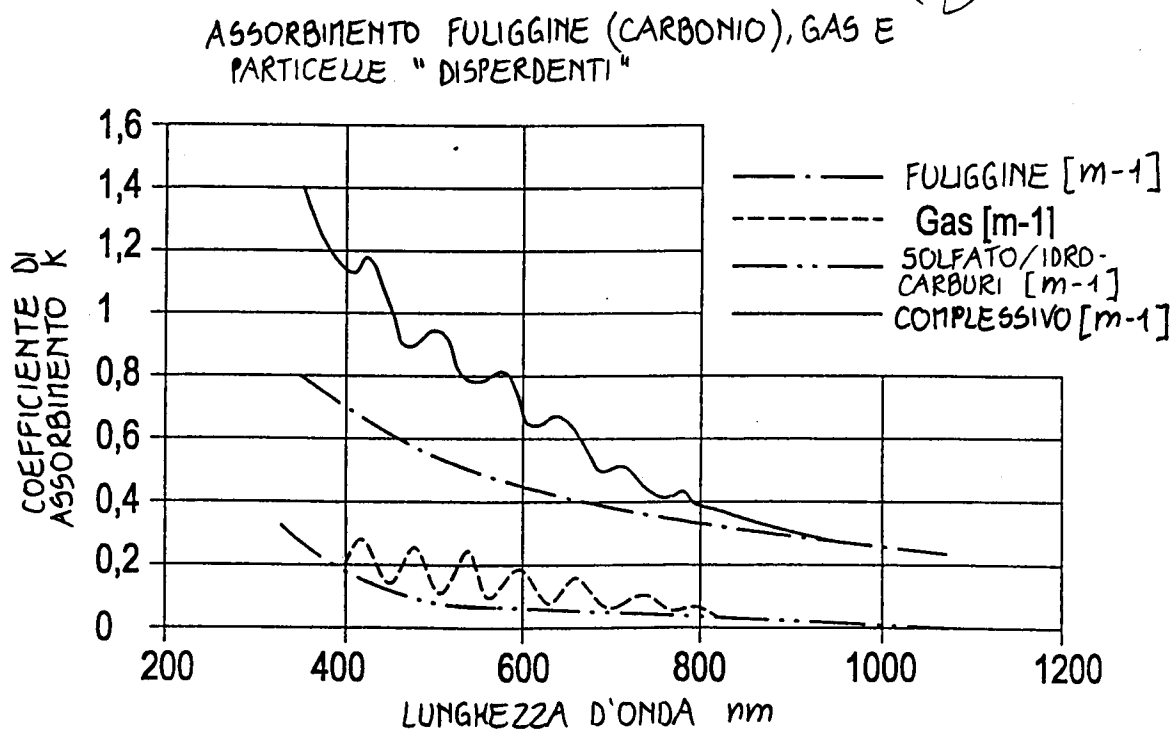


FIG. 2



8

BREV. MI - R
000012

FIG. 3

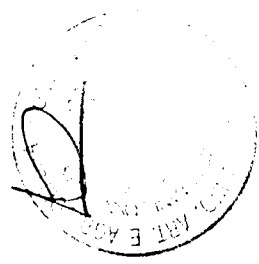
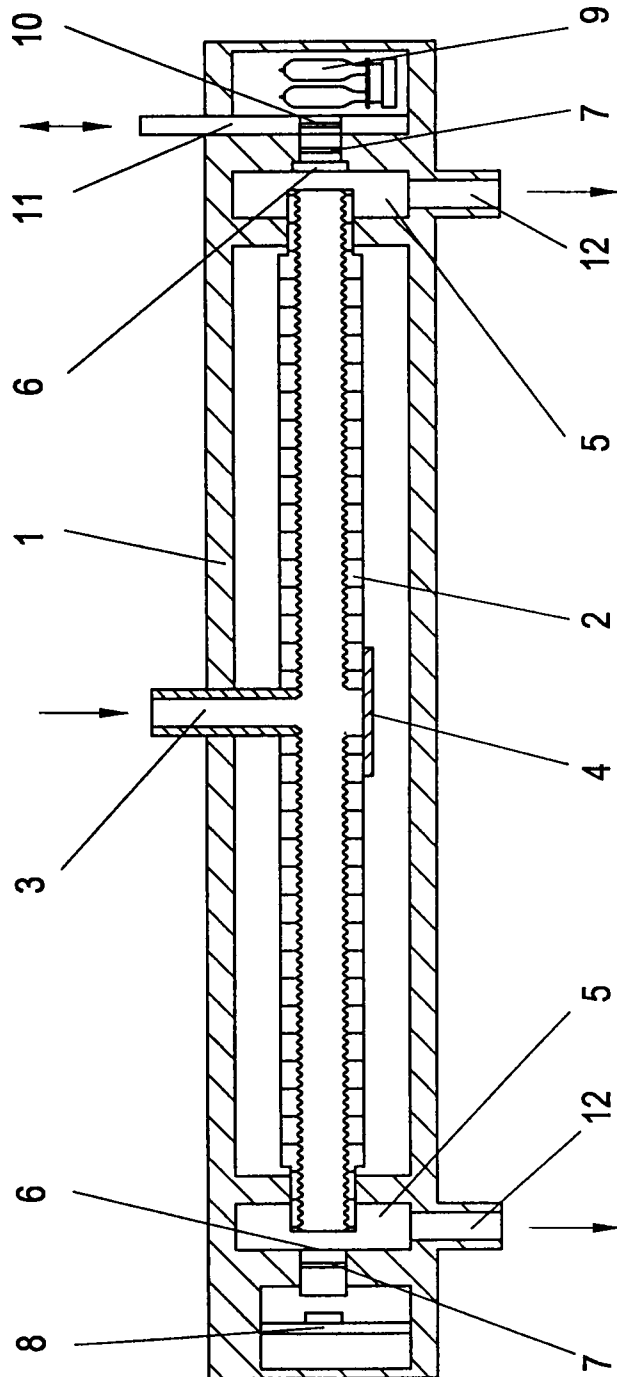


FIG. 4

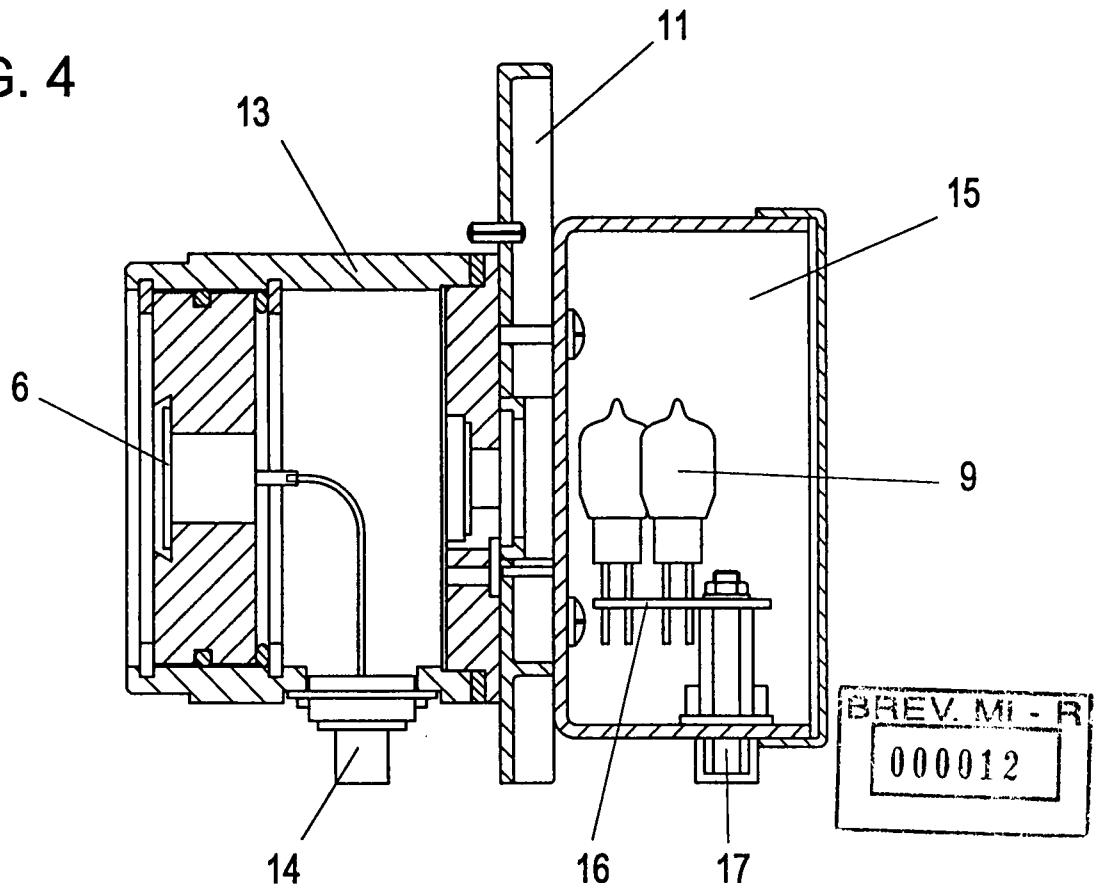


FIG. 5

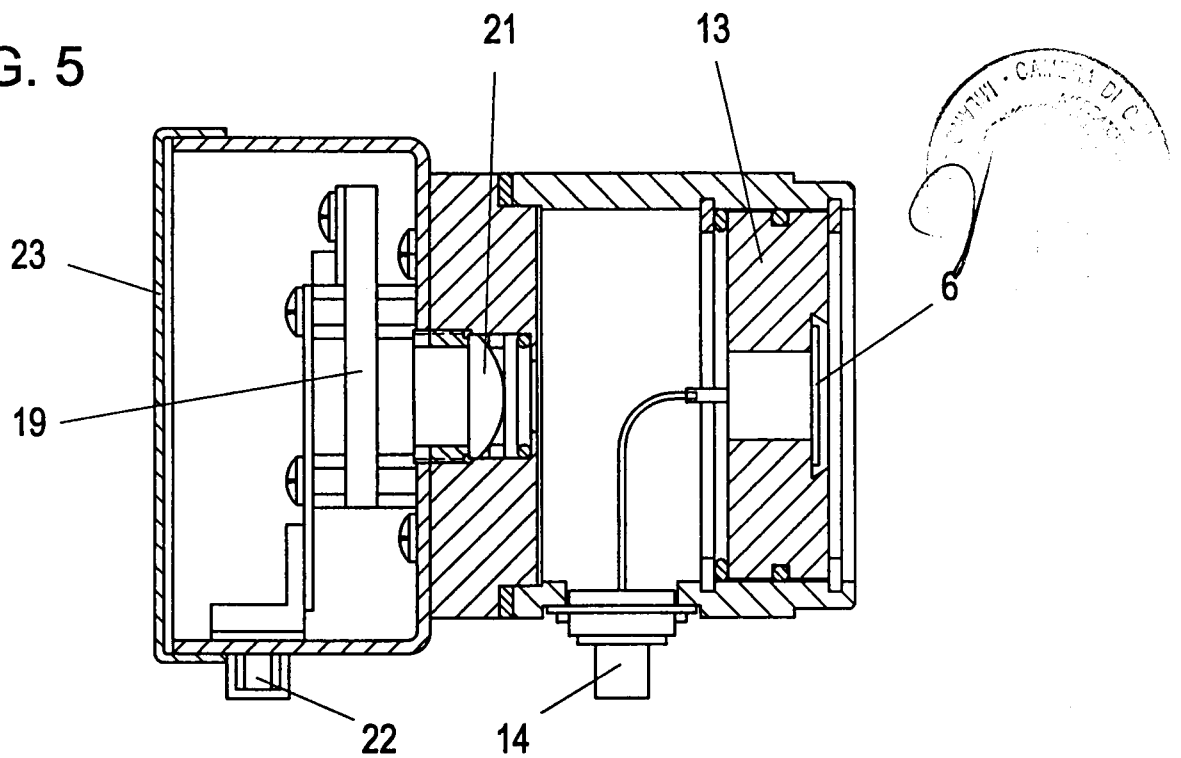


FIG. 6a

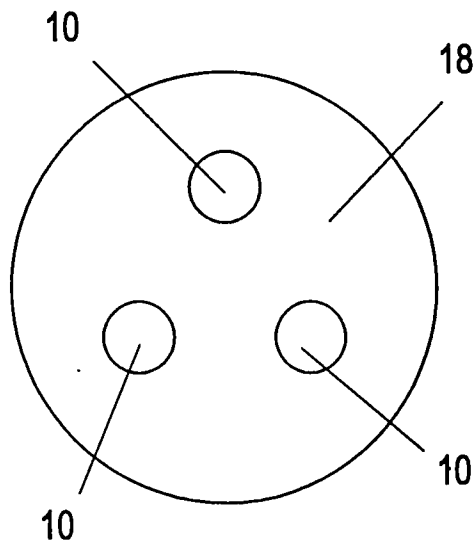


FIG. 6b

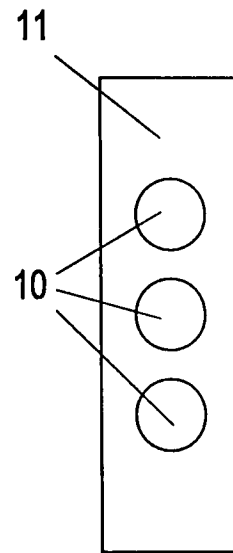
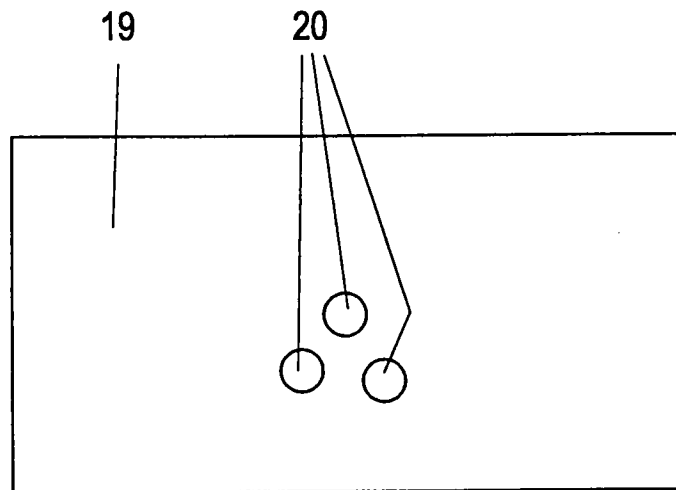


FIG. 7



BREV. MI - R
000012

