



**MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO**  
**DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE**  
**UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI**

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| <b>DOMANDA NUMERO</b>     | <b>101998900698044</b> |
| <b>Data Deposito</b>      | <b>11/08/1998</b>      |
| <b>Data Pubblicazione</b> | <b>11/02/2000</b>      |

|                |               |                    |               |                    |
|----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
| <b>Sezione</b> | <b>Classe</b> | <b>Sottoclasse</b> | <b>Gruppo</b> | <b>Sottogruppo</b> |
| G              | 01            | N                  |               |                    |

Titolo

|                                                        |
|--------------------------------------------------------|
| DISPOSITIVO SENSORE OTTICO DI GAS IN MATERIALE POROSO. |
|--------------------------------------------------------|

**"DISPOSITIVO SENSORE OTTICO DI GAS IN MATERIALE POROSO"**

di Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, di nazionalità italiana, con sede in s. delle Cacce, 91, Torino, ed elettivamente domiciliata presso il Mandatario Ing. Roberto Dini, c/o Metroconsult S.r.l., Piazza Cavour 3, 10060 None (TO).

Inventori designati: Gilles LERONDEL, Etalleville, 76560 Doudeville, Francia

Giampiero AMATO, Via Saccarelli 30, 10143 Torino

Luca BOARINO, Via Asti 10/37, Torino

Depositata il

11 AGO. 1998

No.

**NO 98A 000706**

**RIASSUNTO**

Un dispositivo ottico sensore di gas, del tipo che sfrutta l'assorbimento spettrale del gas, che prevede almeno una sorgente di radiazioni e un elemento sensibile almeno in parte realizzato in materiale poroso. Secondo l'invenzione si ha che detto dispositivo ottico sensore di gas (GS;GS1;GS2;GS3) comprende inoltre almeno una cavità ottica risonante (BR;BR1).

Ing. Roberto DINI

*Roberto Dini*

**DESCRIZIONE**

La presente invenzione si riferisce ad un dispositivo ottico sensore di gas, del tipo che sfrutta l'assorbimento spettrale del gas, che prevede almeno una sorgente di radiazioni e un elemento sensibile almeno in parte realizzato in materiale poroso.

Sono note diverse tipologie di sensore di gas allo stato solido, che fanno uso della variazione delle proprietà fisiche di un materiale in presenza del gas da rivelare. Ad esempio sono noti sensori di gas a base di ossidi semiconduttori quali, ad esempio, biossido di stagno, nei quali il gas da rivelare, localizzandosi ai bordi di grano di detto materiale, ne muta le proprietà di conduzione, potendo in questo modo essere rilevato.

Sono peraltro noti sensori di gas che fanno uso della variazione di proprietà ottiche di un

materiale in presenza del gas da rivelare. Si usano ad esempio strutture ottiche come filtri per la rivelazione del gas, basandosi sulla coincidenza tra le linee d'assorbimento ottico delle molecole di gas e la risposta spettrale del filtro.

Un materiale utilizzato per la realizzazione di dispositivi a sensore di gas è ad esempio il silicio poroso. Il silicio poroso e, più in generale, i materiali porosi, possono venire sfruttati a causa della grande superficie che la porosità conferisce loro. Quindi, impregnando i pori del silicio poroso mediante impregnazione chimica o elettrochimica con gli ossidi semiconduttori sopra citati, si ottiene un sensore di elevata sensibilità. Il processo di impregnazione è però efficace se la dimensione dei pori è grande, cioè il loro diametro  $D$  è superiore a 100 nm, il che riduce evidentemente la superficie specifica e la sensibilità del sensore stesso. Nel caso di materiale nanoporoso ( $D < 5$  nm) i processi di impregnazione diventano difficoltosi, perché la sostanza impregnante può ostruire i pori già nelle prime fasi del processo, impedendo la penetrazione completa nello strato di materiale poroso. Non si può quindi trarre pieno vantaggio delle opportunità offerte dalla grande superficie specifica del materiale poroso, e, in particolare del silicio poroso, materiale per il quale negli ultimi anni si è sviluppata una consolidata tecnologia di produzione. Questo tipo di sensori inoltre è scarsamente selettivo rispetto a differenti tipi di gas, e, comunque, un aumento di selettività può essere ottenuto solo tramite una diminuzione della sensibilità.

E' noto realizzare sensori di gas ottici passivi, nei quali si usano strutture ottiche di silicio poroso quale riflettore selettivo al fine di ottenere una selettività spettrale delle molecole di gas. Si veda in proposito ad esempio la pubblicazione di S. Hilbrich, R. Arens-Fischer, L. Küpper, W. Theiss, M. G. Berger, M. Krüger and M. Thönissen in *Thin Solid Films*, 297, 250 (1997).

E' noto realizzare sensori di gas ottici attivi, basati sulla variazione di indice di rifrazione del silicio poroso con l'adsorbimento delle molecole di gas sulla superficie interna dei pori del

Ing. Roberto DINI



silicio poroso. La variazione dell'indice di rifrazione viene rilevata studiando la modificazione della posizione delle frange di interferenza in trasmissione o in riflessione. Anche detti sensori risultano però poco sensibili e inoltre richiedono l'impiego di uno spettrometro per valutare lo spostamento delle frange.

La presente invenzione si propone di risolvere gli inconvenienti sopra citati e di indicare un dispositivo ottico sensore di gas di realizzazione migliorata e più efficiente rispetto alle soluzioni note.

In tale ambito, scopo principale della presente invenzione è quello di indicare un dispositivo ottico sensore di gas che permetta di ottenere contemporaneamente un'elevata sensibilità e un'elevata selettività.

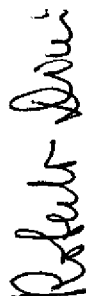
Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di indicare un dispositivo ottico sensore di gas di basso costo e elevata integrabilità con i dispositivi basati sulla tecnologia del silicio.

Per raggiungere tali scopi, forma oggetto della presente invenzione un dispositivo ottico sensore di gas incorporante le caratteristiche delle rivendicazioni allegate che fanno parte integrante della presente descrizione.

Ulteriori scopi, caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno chiari dalla descrizione particolareggiata che segue e dai disegni annessi, forniti a puro titolo di esempio esplicativo e non limitativo, in cui:

- la figura 1 rappresenta uno schema di principio di un dispositivo ottico sensore di gas secondo l'invenzione;
- la figura 2a rappresenta un diagramma spettrale della risposta ottica di un componente del dispositivo ottico sensore di gas secondo l'invenzione;
- la figura 2b rappresenta un diagramma spettrale dell'assorbimento di una molecola di gas rivelabile attraverso il dispositivo ottico sensore di gas secondo l'invenzione;
- la figura 3a rappresenta uno schema di principio di una variante al dispositivo ottico

Ing. Roberto DINI



seniore di gas di figura 1;

la figura 3b rappresenta uno schema di principio di una variante al dispositivo ottico  
seniore di gas di figura 3a;

- la figura 4a rappresenta uno schema di principio di una seconda variante al dispositivo  
ottico seniore di gas di figura 1;
- la figura 4b rappresenta uno schema di principio di una terza variante al dispositivo  
ottico seniore di gas di figura 1;

In figura 1 è rappresentato un dispositivo seniore di gas GS secondo l'invenzione.

Detto dispositivo seniore di gas GS comprende un diodo emettitore di luce IRL,  
emettente radiazioni nel campo dell'infrarosso, un elemento sensibile al gas ES in silicio,  
un seniore di radiazione IRD, anch'esso sensibile a radiazioni nel campo dell'infrarosso,  
nonché un dispositivo di acquisizione e elaborazione di dati DA.

L'elemento sensibile al gas ES è realizzato attraverso uno strato intermedio LA, in silicio  
poroso, compreso in una microcavità a riflettore di Bragg BR. La microcavità a riflettore  
di Bragg BR è costituita da due riflettori di Bragg S1 e S2. Ciascuno di detti riflettori di  
Bragg S1 e S2 è realizzato attraverso un superreticolo in silicio poroso, composto da una  
serie di strati a maggior porosità L1 e strati a minor porosità L2 alternati. Lo strato a  
maggior porosità L1 è uno strato di silicio poroso con porosità del 72%, che presenta un  
indice di rifrazione  $n$  nell'infrarosso di 1,43. Lo strato a minor porosità L2 è uno strato di  
silicio poroso con porosità del 57%, che presenta un indice di rifrazione  $n$  nell'infrarosso  
di 1,84. Detti indici di rifrazione vengono scelti per avere una modulazione massima  
dell'indice di rifrazione.

Gli spessori degli strati a maggior porosità L1 e strati a minor porosità L2 sono scelti in  
modo da raggiungere la nota condizione di Bragg

$$n \cdot d = \lambda / 2$$

Ing. Roberto DINI  
*Roberto Dini*

dove  $d$  è la periodicità in spessore del superreticolo componente il riflettore di Bragg S1 o S2, mentre  $\lambda_L$  è la lunghezza d'onda di lavoro alla quale la microcavità BR opera, in questo caso  $\lambda_L$  vale 4  $\mu\text{m}$ .

La microcavità BR e lo strato intermedio LA sono ottenuti per dissoluzione elettrochimica di uno strato di substrato SA di silicio cristallino, che è un substrato di tipo p a basso drogaggio, con resistività quindi fra 4 e 6 Ohm cm e trasparente nell'infrarosso. La microcavità BR e lo strato intermedio LA vengono ottenuti da detto strato di substrato SA tramite dissoluzione elettrochimica, facendo uso di una soluzione contenente il 35% in volume di acido fluoridrico, il 30% di etanolo e il 30% di acqua deionizzata. I superreticoli componenti i riflettori di Bragg L1 e L2 vengono realizzati modulando la corrente durante il processo di dissoluzione elettrochimica. Viene impiegata una densità di corrente di 16,6 mA/cm<sup>2</sup> per lo strato a minor porosità L2 e una densità di corrente di 333 mA/cm<sup>2</sup> per lo strato a maggior porosità L1. Lo strato intermedio LA ha uno spessore di 1.09  $\mu\text{m}$ .

In figura 2a è rappresentato un diagramma spettrale della risposta ottica della microcavità BR, che riporta la trasmittanza  $T$  in funzione dell'inverso della lunghezza d'onda  $\lambda$ , cioè della frequenza. Come si può notare la microcavità BR determina un intervallo di frequenze proibite FR, nel quale la trasmittanza  $T$  è sostanzialmente nulla. In detto intervallo di frequenza proibite FR è presente un unico picco di risonanza TPK, centrato a 2500 cm<sup>-1</sup>, per il quale la trasmittanza  $T$  è massima.

In figura 2b è rappresentato un diagramma spettrale dell'assorbanza  $A$  di una molecola di gas CO<sub>2</sub> in funzione dell'inverso della lunghezza d'onda  $\lambda$ . Come si può osservare vi è un picco di assorbimento APK, dovuto a un modo vibrazionale della molecola di gas, anch'esso centrato intorno alla frequenza di 2500 cm<sup>-1</sup>, che corrisponde all'inverso della lunghezza d'onda di lavoro  $\lambda_L$ .

Ing. Roberto DINI  
*Roberto Dini*

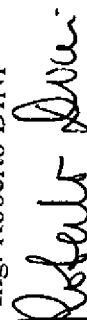
Il funzionamento del dispositivo sensore di gas GS secondo l'invenzione è il seguente:

- il diodo emettitore di luce IRL emette una radiazione infrarossa a largo spettro;
- in assenza di gas, l'assorbimento di radiazione infrarossa da parte dell'elemento sensibile al gas ES è trascurabile, sicché il rilevatore di radiazioni IRD misura una prima intensità di radiazione infrarossa incidente, il cui valore o è noto o è comunque ottenibile attraverso opportune procedure di taratura;
- in presenza di gas, l'elemento sensibile al gas ES presenta un assorbimento di radiazione infrarossa che è determinato dal picco di assorbimento APK convoluto al picco di risonanza TPK. Il rilevatore di radiazioni IRD rileva perciò una seconda intensità di radiazione infrarossa incidente, notevolmente inferiore alla prima intensità di radiazione infrarossa, in virtù di detto assorbimento da parte del gas, esaltato dalla microcavità BR;
- il dispositivo di acquisizione e elaborazione di dati DA analizza la variazione dell'intensità rilevata dal rilevatore di radiazioni IRD e, in base alla sua programmazione, determina allarmi e calcola la quantità di gas presente.

E' chiaro che le diverse tipologie di rilevatori di radiazioni IRD e di dispositivi di acquisizione e elaborazione DA, nonché la loro combinazione danno origine a molteplici possibilità per trattare l'informazione generata dal sensore di gas GS secondo l'invenzione. In particolare, l'assorbimento del gas all'interno della stessa microcavità BR determina uno spostamento della frequenza del picco di risonanza TPK. Conoscendo la curva di risposta del rilevatore di radiazioni IRD è possibile calcolare anche lo spostamento o shift di frequenza del picco di risonanza TPK, ottenendo quindi una seconda informazione sulla quantità di gas presente.

Lo spessore dello strato attivo LA è particolarmente importante per stabilire la frequenza del picco di risonanza TPK. Variazioni dello spessore minori di mezza lunghezza d'onda

Ing. Roberto DINI



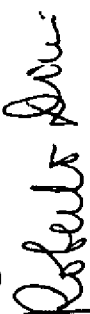
di lavoro  $\lambda_L$  determinano uno spostamento della frequenza del picco di risonanza all'interno dell'intervallo di frequenze proibite FR, permettendo di mutare la selettività del sensore di gas GS.

In figura 3a è rappresentato lo schema di principio di un dispositivo sensore di gas GS1, variante al dispositivo sensore di gas GS di figura 1. Detto dispositivo sensore di gas GS1 comprende un elemento sensibile al gas ES1 a sua volta comprendente una mezza microcavità BR1, ottenuta dallo strato di substrato SA e realizzata attraverso il solo riflettore di Bragg S1 inferiore, mentre uno strato metallico M1 semitrasparente, depositato sullo strato attivo LA, costituisce il secondo riflettore e completa la mezza microcavità BR1. Lo strato di substrato SA è inferiormente ricoperto da uno strato metallico M2 di alluminio.

Una sorgente di corrente IS è connessa allo strato metallico M1, che funge quindi da primo elettrodo, mentre lo strato metallico M2 costituisce il secondo elettrodo di un circuito elettrico EC che inoltre comprende un dispositivo di acquisizione e elaborazione di dati DA1 atto a misurare la corrente che fluisce attraverso il circuito elettrico EC.

Il sensore di gas GS1 è un sensore di gas di tipo passivo, in quanto lo strato metallico M1 impedisce l'adsorbimento del gas all'interno della mezza microcavità BR1. Quindi il funzionamento consta delle combinazione di due modalità di funzionamento: una prima modalità di funzionamento quale filtro ottico risonante per la radiazione emessa dal diodo emettitore di luce IRL e una seconda modalità di funzionamento quale fotorivelatore. Infatti la giunzione fra lo strato metallico M2 e lo strato di substrato SA determina un'elevata densità di stati elettronici di superficie alla loro interfaccia, che è tipica dei contatti alluminio-silicio, e più in generale delle giunzioni metallo-semiconduttore che originano diodi Schottky. Detti stati elettronici di superficie iniettano delle lacune, che normalmente modificano la corrente che fluisce nel dispositivo. Sotto

Ing. Roberto DINI



illuminazione detti stati elettronici di superficie vengono eccitati secondo l'intensità della radiazione incidente, sicché il loro effetto di modificazione viene progressivamente eliminato. Questa variazione nella corrente può essere quindi misurata per misurare l'intensità delle radiazioni che attraversa il dispositivo. Si misura cioè una fotocorrente funzione dell'intensità di radiazione che incide sulla giunzione fra lo strato metallico M2 e lo strato di substrato SA. Detta fotocorrente viene misurata tramite il dispositivo di acquisizione e elaborazione di dati DA1.

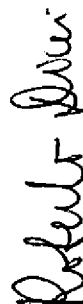
E' peraltro possibile utilizzare il sensore di gas GS1 solo nella prima modalità, rimuovendo il secondo strato metallico M2 e sostituendolo con il rivelatore di radiazioni IRD di figura 1, Ciò corrisponde ad impiegare la mezza microcavità BR1 incapsulata, includendo lo strato di substrato SA, solo con funzione di filtro ottico. Detta prima modalità può essere utile in presenza di concentrazioni di gas particolarmente elevate, mentre la seconda modalità può essere impiegata per concentrazioni di gas intermedie.

In figura 3b è mostrato parzialmente un dispositivo sensore di gas GS1', in cui si ha un elemento sensibile al gas ES1' che è anch'esso del tipo passivo incapsulato come nel sensore di gas GS1, ma fa uso della microcavità BR, mentre sullo strato di substrato SA sono apposti due elettrodi MP in configurazione planare. In questo modo la corrente iniettata tramite la sorgente di corrente IS fluisce solo attraverso lo strato di substrato.

Fra i due elettrodi MP è definita una finestra F, attraverso la quale incide la radiazione emessa da una sorgente di luce visibile VL.

In questo modo lo sfruttamento degli stati elettronici di superficie all'interfaccia alluminio-silicio, in questo caso fra lo strato di substrato SA e quello fra gli elettrodi MP che mostra il comportamento rettificante, può essere effettuato facendo uso, in aggiunta al diodo emettitore di luce IRL, della sorgente di luce visibile VL, la quale di per sé introduce un mutamento della conducibilità dello strato di substrato SA, poiché il silicio cristallino non è

Ing. Roberto DINI



trasparente per la luce visibile. Il funzionamento è opposto a quello del sensore di gas GS1: in questo caso gli stati elettronici di superficie hanno un effetto di limitazione della fotocorrente, in quanto agiscono da trappole per le lacune. Questo effetto dipende dal numero di stati saturati dovuti all'intensità della radiazione infrarossa emessa dal diodo emettitore di luce IRL e lasciata passare dalla microcavità BR, che si vuole misurare.

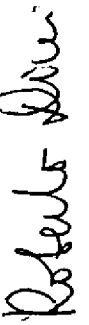
In figura 4a è mostrato un elemento sensibile al gas ES2 di un dispositivo sensore di gas GS2, costituito da due microcavità BR3 e BR4 sovrapposte, analoghe alla microcavità BR di figura 2. Detto dispositivo sensore di gas GS2, facilmente ottenibile con procedimenti di dissoluzione elettrochimica sopra descritti, permette di rilevare due gas con due picchi di assorbimento a frequenze differenti, impostando semplicemente differenti spessori degli strati attivi, qualora detti picchi di assorbimento siano vicini, o due microcavità BR3 e BR4 con caratteristiche interamente differenti. Qualora si volesse oltre alla sensibilità ai due gas, anche la selettività rispetto a detti due gas è possibile fare uso di due sorgenti di radiazione a frequenze differenti, eventualmente in congiunzione a tecniche di modulazione di tipo lock-in. E' inoltre da osservare che qualora le microcavità BR3 e BR4 presentino le stesse caratteristiche, cioè la stessa frequenza del picco di risonanza TPK, gli effetti di risonanza si combinano esaltando l'effetto di assorbimento e rendendo il sensore GS2 più sensibile.

Il dispositivo sensore di gas GS2 è sostanzialmente composto da sensori di gas in serie.

E' peraltro possibile porre in serie anche elementi sensibili al gas di tipo passivo, quali gli elementi sensibili al gas ES1 e ES1' precedentemente descritti.

In figura 4b è rappresentato un elemento sensibile al gas ES3 di un dispositivo sensore di gas GS3, costituito da tre microcavità BR5, BR6 e BR7 sovrapposte e di superficie decrescente. Dette microcavità BR5, BR6 e BR7 sono di tipo analogo alla mezza microcavità BR1 e recano quindi superiormente degli strati metallici semitrasparenti M1, che le incapsulano. Dette microcavità BR5, BR6 e BR7 presentano ciascuna una propria frequenza di risonanza

Ing. Roberto DINI



TPK e un proprio intervallo di frequenze proibite FR, diversi da quelli propri delle altre microcavità, sicché ciascuna microcavità è sensibile a un gas differente.

Inferiormente sono quindi disposti strati di metallo M5, M6, M7 che rappresentano elettrodi corrispondenti a ciascuna microcavità BR5, BR6 e BR7 e permettono di raccogliere la fotocorrente corrispondente originata da ciascuna microcavità.

Il dispositivo sensore di gas GS3 presenta quindi una selettività al gas determinata dal fatto che vi è una matrice di elettrodi, gli strati metallici M5, M6 e M7, a ciascuna dei quali corrisponde una diversa fotocorrente e quindi un diverso segnale. Il dispositivo sensore di gas GS3 è sostanzialmente composto da tre sensori di gas in parallelo.

E' possibile evidentemente porre in parallelo anche sensori di gas di tipo attivo, quali il sensore GS precedentemente descritto.

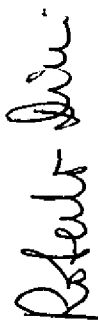
Più in generale, sarà anche possibile avere delle matrici bidimensionali di sensori di gas GS1 o GS2, o di tutti e due i tipi insieme.

Dalla descrizione effettuata risultano pertanto chiare le caratteristiche della presente invenzione, così come chiari risultano i suoi vantaggi.

Il dispositivo ottico sensore di gas secondo l'invenzione vantaggiosamente concilia un elevata sensibilità, derivante dall'amplessima superficie interna del silicio poroso, con un'elevata selettività, derivante dall'introduzione delle microcavità e quindi dalla possibilità di impostare un assorbimento di risonanza definibile a priori su qualsiasi intervallo spettrale.

Inoltre, vantaggiosamente il dispositivo ottico sensore di gas secondo l'invenzione è basato sulla tecnologia del silicio, sicché può avvalersi di tutti i processi di produzione ad esso connessi e oramai altamente raffinati e stabilizzati, ad esempio per quanto attiene le metallizzazioni, gli attacchi chimici, l'integrazione di pluralità di dispositivi sullo stesso chip di silicio, la disponibilità di circuiti di analisi e elaborazione dati già integrati.

Ing. Roberto DINI



Infine, il dispositivo ottico sensore di gas nella versione di sensore con misura della conducibilità secondo l'invenzione presenta una bassa complessità circuitale, che si riflette in facilità di implementazione e replica del circuito, nonché nel basso costo. In particolare, l'elettrodo di alluminio sulla superficie posteriore del substrato è già presente in quanto viene ivi depositato per eseguire il processo di dissoluzione elettrochimica che origina gli strati di silicio poroso.

E' chiaro che numerose varianti sono possibili per l'uomo del ramo al dispositivo ottico sensore di gas descritto come esempio, senza per questo uscire dai principi di novità insiti nell'idea inventiva, così come è chiaro che nella sua pratica attuazione le forme dei dettagli illustrati potranno essere diverse, e gli stessi potranno essere sostituiti con degli elementi tecnicamente equivalenti.

Ad, esempio, quando si usa il sensore di gas incapsulato in modalità di filtro ottico, l'incapsulamento può essere effettuato non solo tramite strati metallici, ma tramite qualsiasi strato che isoli la microcavità dal gas, quali ad esempio strati di ossido di silicio, oppure gel trasparenti nell'infrarosso.

E' possibile utilizzare i sensori di gas sopra descritti in riflessione, cioè raccogliendo la radiazione riflessa dalle microcavità. Ciò può rivelarsi particolarmente utile se il substrato utilizzato è di tipo p+, cioè pesantemente drogato, sicché si ha un assorbimento eccessivo da parte del substrato se il sensore funziona in trasmissione.

Oltre al silicio poroso, potranno essere eventualmente impiegati altri materiali semiconduttori porosi resi disponibili dalla tecnica e più adatti ad altri campi di lunghezza d'onda. Ad esempio, per lunghezze d'onda più corte potrà essere utilizzato carburo di silicio poroso.

\* \* \* \* \*

Ing. Roberto DINI



## RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo ottico sensore di gas , del tipo che sfrutta l'assorbimento spettrale del gas, che prevede almeno una sorgente di radiazioni e un elemento sensibile almeno in parte realizzato in materiale poroso caratterizzato dal fatto che detto dispositivo ottico sensore di gas (GS;GS1;GS2;GS3) comprende inoltre almeno una cavità ottica risonante (BR;BR1).

2. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta cavità ottica risonante è compresa nell'elemento sensibile (ES; ES1; ;ES2; ES3).

3. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detta cavità ottica risonante (BR; BR1) ha una lunghezza d'onda di risonanza ( $\lambda_L$ ) sostanzialmente uguale alla lunghezza d'onda caratteristica di un picco di assorbimento (APK) del gas da rivelare.

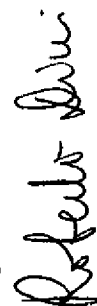
4. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detta cavità ottica risonante comprende un primo superreticolo (S1) in materiale poroso realizzante un riflettore di Bragg e mezzi semiriflettenti (S2;M1)

5. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detta i mezzi semiriflettenti (S2, M1) sono costituiti da un secondo superreticolo in materiale poroso (S2).

6. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che fra il primo superreticolo in materiale poroso (S1) e il secondo superreticolo in materiale poroso (S2) è compreso uno strato attivo di materiale poroso (LA).

7. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detti superreticolo in materiale poroso (S1), secondo superreticolo in

Ing. Roberto DINI



materiale poroso (S2) e lo strato attivo di materiale poroso (LA) sono posti su di uno strato di substrato non poroso (SA).

8. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che l'elemento sensibile (ES) comprende detti primo superreticolo in materiale poroso (S1), secondo superreticolo in materiale poroso (S2), lo strato attivo di materiale poroso (LA) e lo strato di substrato non poroso (SA).

9. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che l'elemento sensibile (ES) è disposto fra la sorgente di radiazioni (IRL) e un rivelatore di radiazioni (IRD).

10. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che i mezzi semiriflettenti (S2, M1) sono realizzati tramite uno strato semitrasparente metallico (M1).

11. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che fra il superreticolo in materiale poroso (S2) e lo strato semitrasparente metallico (M1) è compreso uno strato attivo di materiale poroso (LA).

12. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 11 caratterizzato dal fatto che detti superreticolo in materiale poroso (S2), strato semitrasparente metallico (M1) e lo strato attivo di materiale poroso (LA) sono posti su di uno strato di substrato non poroso (SA), a sua volta posto su di un secondo strato metallico (M2).

13. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 12 caratterizzato dal fatto che detti superreticolo in materiale poroso (S2), strato semitrasparente metallico (M1) e lo strato attivo di materiale poroso (LA), lo strato di substrato non poroso (SA), il secondo strato metallico (M2), costituiscono l'elemento sensibile (ES1).

Ing. Roberto DINI  
*Roberto Dini*

14. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 12 caratterizzato dal fatto che detto elemento sensibile (ES1) riceve la radiazione emessa dalla sorgente di radiazioni (IRL) ed è connesso tramite lo strato semitrasparente metallico (M1) e il secondo strato metallico ad una sorgente di corrente (IS) e a un dispositivo di acquisizione (DA1).

15. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 4 caratterizzato dal fatto che presenta un elemento sensibile (ES2) realizzato attraverso microcavità (BR3, BR4) in serie.

16. Dispositivo ottico sensore di gas secondo la rivendicazione 4 caratterizzato dal fatto che presenta un elemento sensibile (ES3) realizzato attraverso microcavità (BR5, BR6, BR7) in parallelo.

17. Metodo di rilevazione di gas del tipo che fa uso di un sensore a stato solido sensibile l'assorbimento ottico del gas ad una determinata lunghezza d'onda di assorbimento, caratterizzato dal fatto di utilizzare una microcavità risonante in materiale poroso, accordata sulla lunghezza d'onda di assorbimento del gas.

18. Metodo di rilevazione di gas secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto di prevedere i seguenti passi:

- a) emettere una radiazione infrarossa tramite una sorgente di radiazioni (IRL) e farla incidere sull'elemento sensibile (ES, ES2, ES3);
- b) misurare attraverso un rilevatore di radiazioni (IRD) l'intensità della radiazione infrarossa transitata attraverso l'elemento sensibile (ES, ES2, ES3);
- c) associare una prima intensità di radiazione infrarossa incidente all'assenza di gas;
- d) associare seconde intensità di radiazione infrarossa incidente, inferiori alla prima intensità di radiazione infrarossa alla presenza di gas.

19. Metodo di rilevazione di gas secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal

Ing. Roberto DINI  
*Roberto Din*

fatto di prevedere il seguente passo aggiuntivo:

e) impiegare un dispositivo di acquisizione e elaborazione (DA) per analizzare la variazione dell'intensità rilevata dal rilevatore di radiazioni (IRD) e, secondo la programmazione di detto dispositivo di acquisizione e elaborazione (DA), calcolare la quantità di gas presente.

19. Metodo di rilevazione di gas secondo la rivendicazione 18, caratterizzato dal fatto di prevedere il seguente passo aggiuntivo:

f) impiegare un dispositivo di acquisizione e elaborazione (DA) per misurare lo spostamento della lunghezza d'onda di lavoro della cavità risonante (BR).

21. Metodo di rilevazione di gas secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che l'elemento sensibile (ES1, ES3) è isolato dal gas attraverso uno strato sigillante semitrasparente (M1).

22. Metodo di rilevazione di gas secondo la rivendicazione 20, caratterizzato dal fatto di prevedere i seguenti passi:

a) emettere una radiazione infrarossa tramite una sorgente di radiazioni (IRL) e farla incidere sull'elemento sensibile (ES1, ES3);

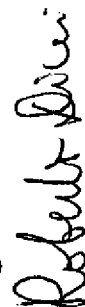
b) iniettare una corrente attraverso una sorgente di corrente (IS) attraverso strati metallici (M1, M2; M1, M5, M6, M7) compresi in detto elemento sensibile (ES1, ES3)

c) misurare la fotocorrente generata all'interfaccia tra uno strato di substrato (SA) e uno degli strati metallici (M2; M5, M6, M7) dalla radiazione incidente sull'elemento sensibile (ES1, ES3).

23. Metodo di rilevazione di gas secondo la rivendicazione 21, caratterizzato dal fatto di prevedere i seguenti passi:

a) emettere una radiazione infrarossa tramite una sorgente di radiazioni (IRL) e farla incidere sull'elemento sensibile (ES1, ES3);

Ing. Roberto DINI



- b) misurare attraverso un rilevatore di radiazioni (IRD) l'intensità della radiazione infrarossa transitata attraverso l'elemento sensibile (ES1, ES3);
- c) associare una prima intensità di radiazione infrarossa incidente all'assenza di gas;
- d) associare seconde intensità di radiazione infrarossa incidente, inferiori alla prima intensità di radiazione infrarossa alla presenza di gas.

24. Dispositivo di rilevazione di assorbimento di radiazioni in una struttura di silicio caratterizzato dal fatto di comprendere una sorgente di radiazioni (IRL; VL), terminali di connessione elettrica (M1, M2, MP) realizzanti un diodo Schottky con la struttura di silicio, una sorgente di corrente (IS) connessa fra detti terminali di corrente elettrica (M1, M2, MP) e mezzi di misurazione della resistenza (DA) della struttura di silicio.

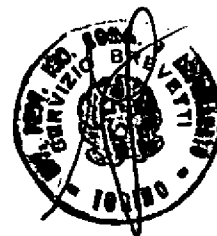
25. Dispositivo ottico sensore di gas e/o metodo di rilevazione di gas e/o dispositivo di rilevazione di assorbimento di radiazioni in una struttura di silicio secondo gli insegnamenti della presente descrizione e dei disegni annessi.

\* \* \* \* \*

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris

Ing. Roberto DINI

*Roberto Dini*



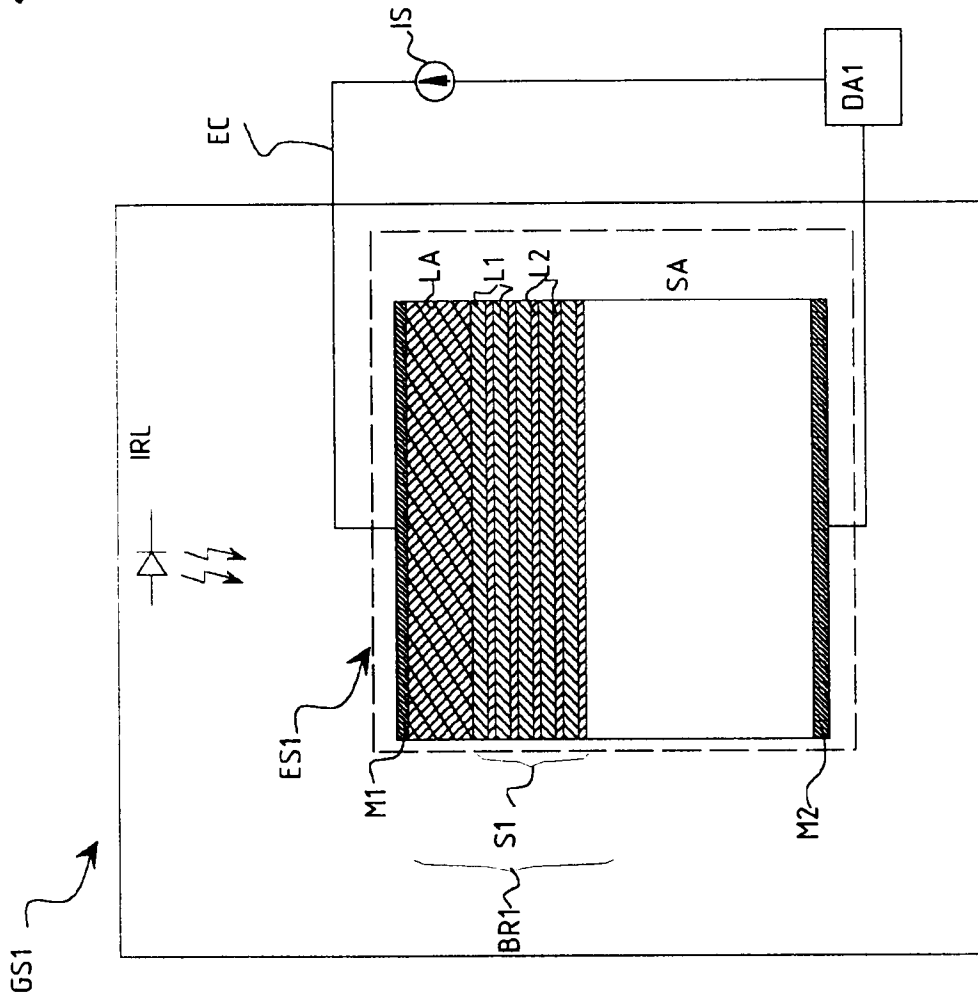


Fig. 3a

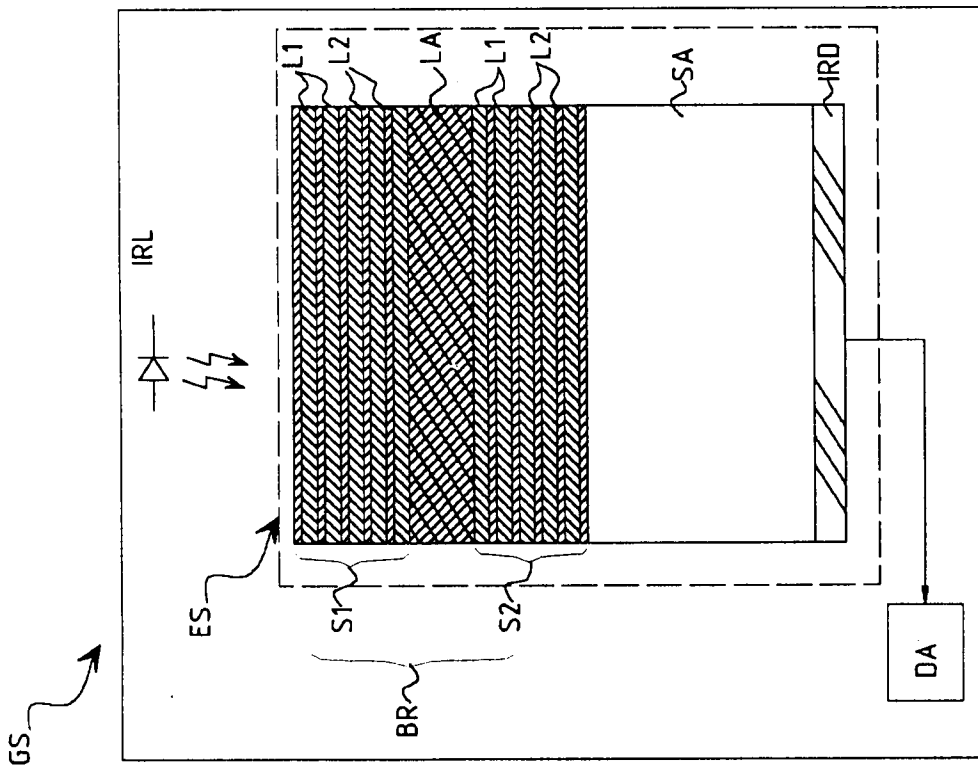
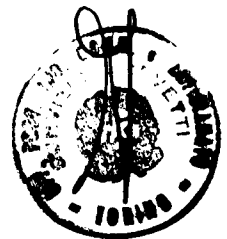


Fig. 1



Ing. Roberto DINI  
Roberto DINI

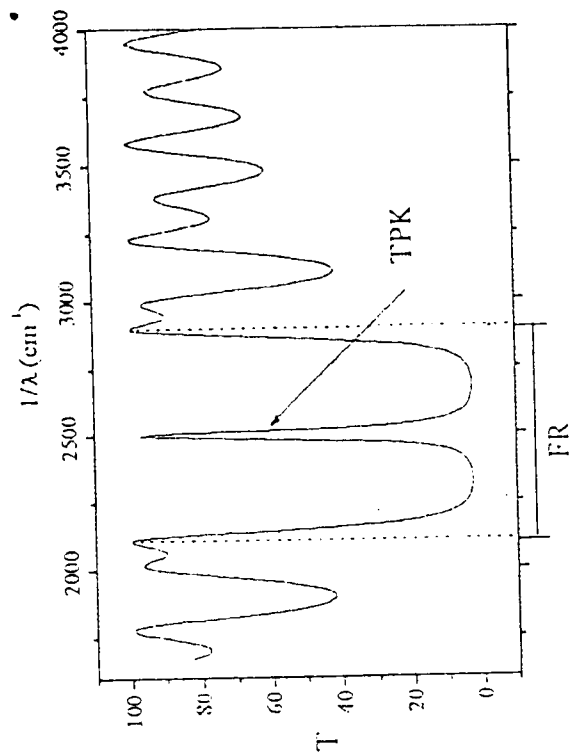


Fig. 2a

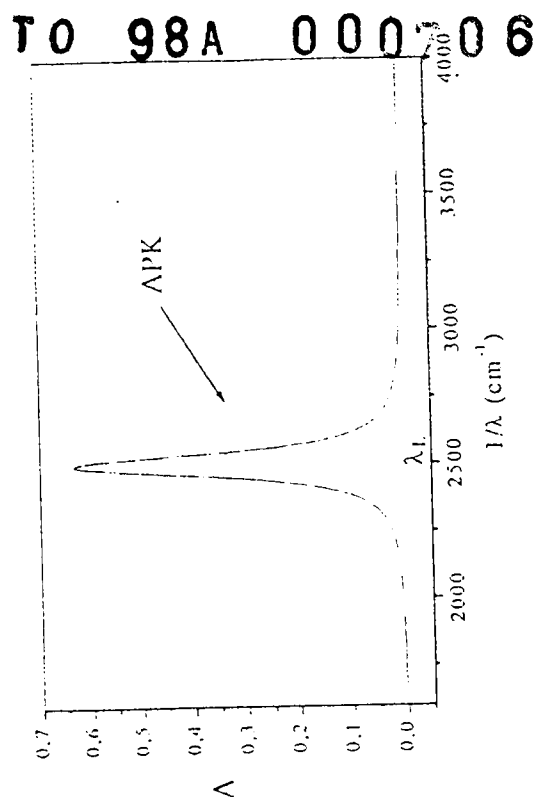


Fig. 2b

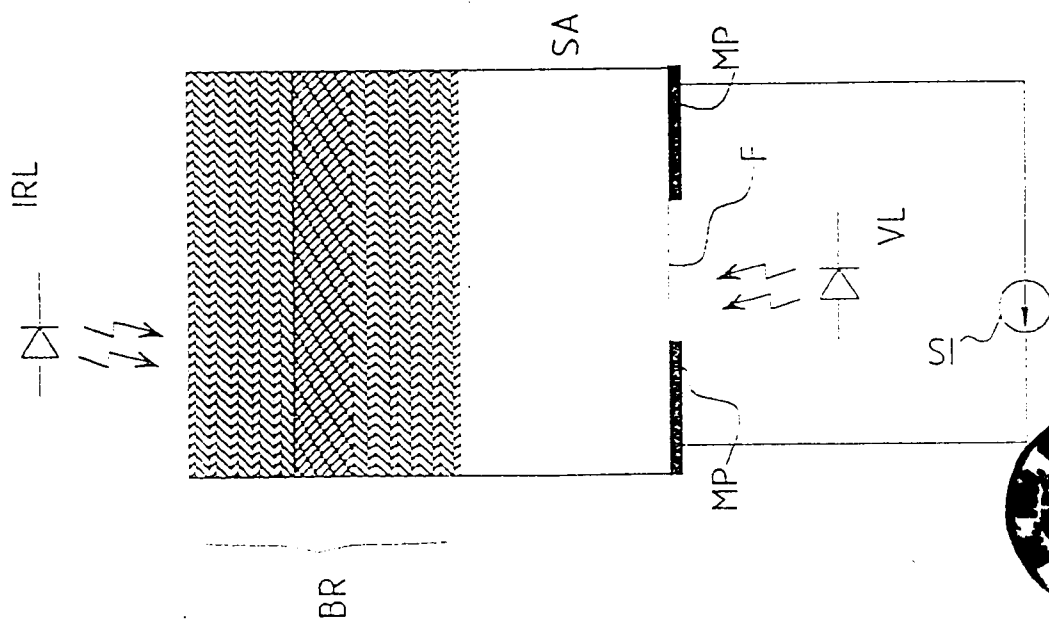


Fig. 3b

Ing. Roberto DINI  
Roberto Dini



GS2

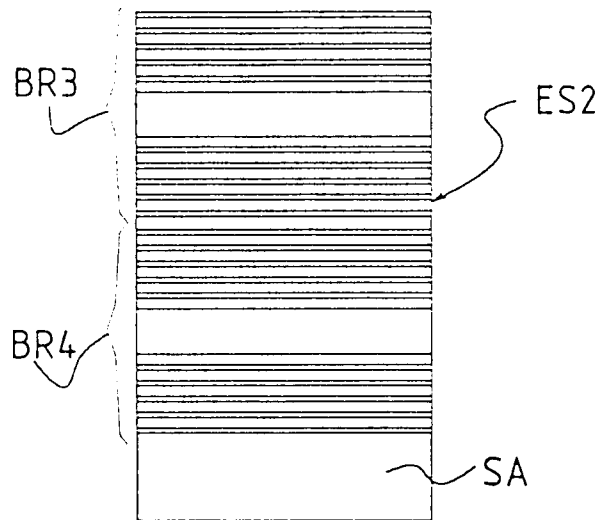
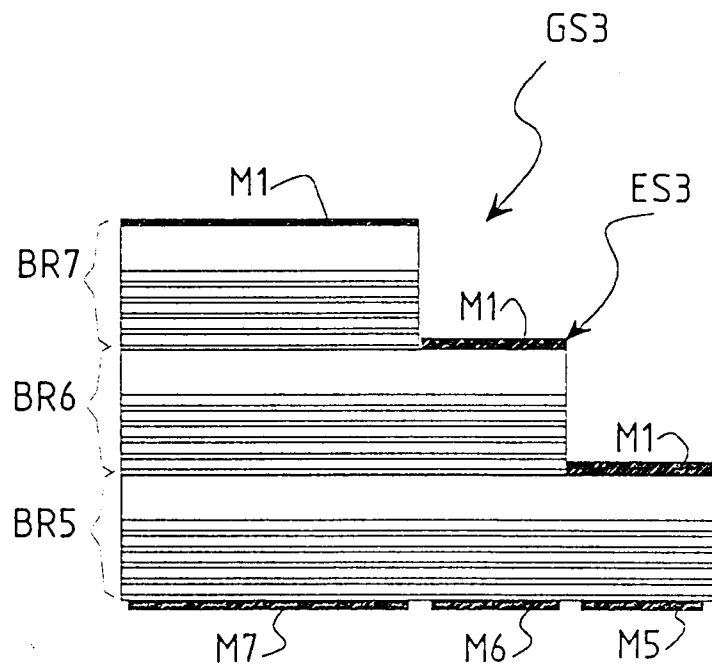


Fig. 4a

Fig. 4b



Ing. Roberto DINI

*Roberto Dini*