

Tecnologie “particolari” per sensori di gas

Paolo De Vittor

Alcuni tipi di sensori di gas sfruttano per il loro funzionamento principi fisico-elettrici poco utilizzati in altri dispositivi

È noto come ormai in moltissimi settori la presenza dei controlli di tipo elettronico rappresenta sempre di più una caratteristica assolutamente irrinunciabile, tesa a garantire innegabili vantaggi quali funzionalità, efficienza, prestazioni e flessibilità.

In questi ambiti non sono però presenti solo schede di controllo di tipo intelligente basate su microprocessori, con il supporto di software, memoria e attuatori, ma si rivelano altresì indispensabili - praticamente in ogni ambito - anche i più umili sensori. I sensori rappresentano infatti componenti di importanza fondamentale per il rilevamento di una moltitudine di parametri ambientali, nonché di dati basilari per il monitoraggio del corretto funzionamento del sistema da controllare, senza i quali il concetto stesso di “controllo ad anello chiuso” risulterebbe privo di fondamento.

Sensori avanzati

Fra le società attive in questo settore - e probabilmente poco nota ad alcuni - vi è la britannica e2v, rappresentata in Italia da Celte. Il portafoglio prodotti di questa società è tra l'altro molto ampio, e comprende dispositivi per radiofrequenza (tubi a vuoto di potenza, modulatori e così via), sensori di immagine di elevate prestazioni e semiconduttori di categoria Hi-Rel per applicazioni militari, aerospaziali, di ricerca e professionali.

Nel settore dei sensori, accanto a quelli di immagine e ai rivelatori di raggi X, e2v produce una gamma di sensori di gas utilizzabili in ambito industriale, automotive, medico, della climatizzazione, della sicurezza e del controllo ambientale. Le tecnologie utilizzate per questi sensori sono altresì disparate, e vanno dai “pellistor”, ai sensori elettrochimici, a infrarossi e a ossido di metallo, con un'ampia disponibilità di kit di valutazione.

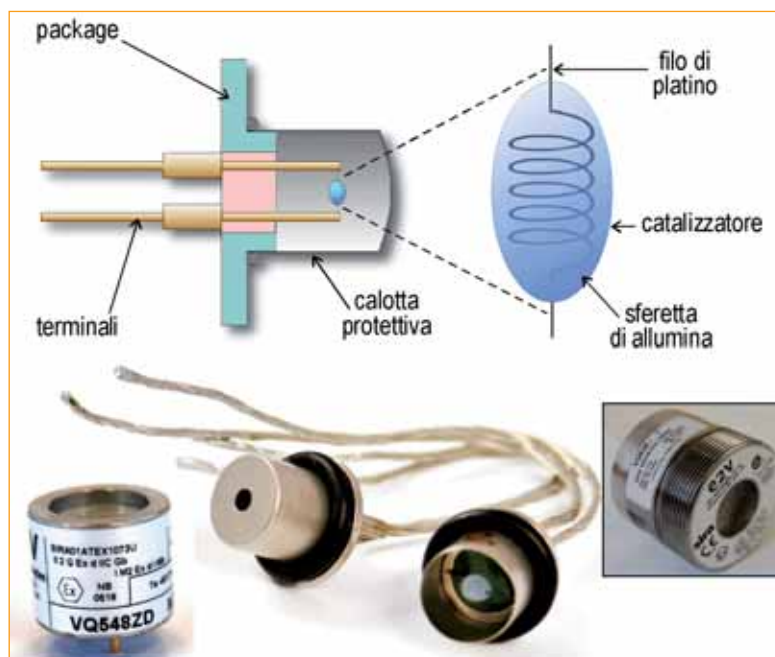


Fig. 1 - Struttura di un pellistor prodotto da e2v a sferetta ceramica con rivestimento catalitico

Pellistor catalitici

Fra le molteplici tecnologie utilizzate per la costruzione dei sensori di gas vi è la cosiddetta “pellistor”, introdotta da e2v nel 1967 e applicata in due varianti: a sfera catalitica e a conduttività termica.

I sensori a sferetta catalitica (catalytic bead) sono dei veri e propri calorimetri miniaturizzati, utilizzati per misurare l'energia liberata dalla combustione di un gas o di un vapore infiammabile. Per svolgere questa funzione, il pellistor contiene un piccolo avvolgimento di sottile filo di platino contenuto in una pallina porosa di materiale refrattario (Fig. 1) su cui è depositato uno strato di materiale catalitico sulla cui superficie viene bruciato il gas da analizzare.

L'avvolgimento metallico serve per due scopi: innanzitutto provvede a riscaldare la sferetta ceramica di allumina alla temperatura operativa ottimale (circa 500 °C) e in secondo

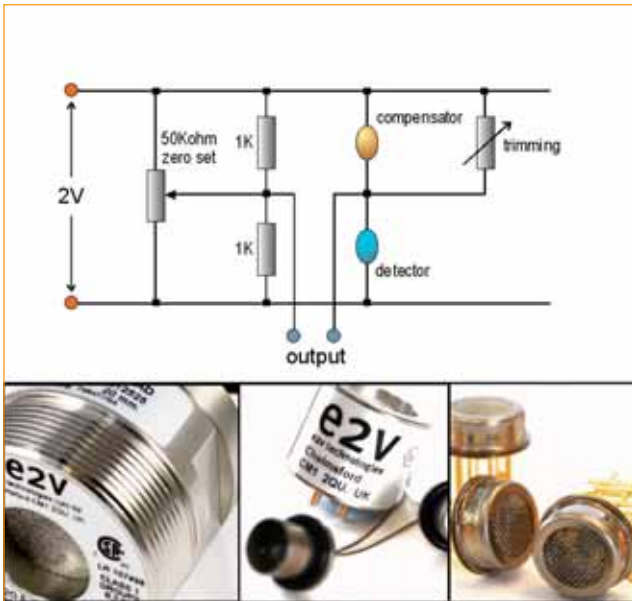


Fig. 2 – Ponte di misura che utilizza due sensori a gas, uno di misura e uno di riferimento e compensazione

luogo provvede, successivamente, a rilevare la temperatura prodotta dall'ossidazione del gas combustibile. Le prime versioni di sensori di questa categoria (tuttora in commercio) utilizzano filo di platino non incapsulato, e richiedono temperature di esercizio comprese fra 800 e 1000 °C, ciò che provoca inevitabilmente la parziale evaporazione del metallo (con conseguente riduzione della sezione del filo e quindi deriva della resistenza) e riduce di conseguenza la vita operativa utile del sensore, che viene specificata in non più di 100 ore.

L'attuale versione, grazie all'impiego della ceramica porosa, permette di usufruire di una maggior superficie catalitica, ciò che permette di ridurre sensibilmente la temperatura di esercizio a soli 500 °C, permettendo di contenere la corrente assorbita e di aumentare la durata del dispositivo. Il fatto di sfruttare una tecnica di combustione catalitica si basa sull'osservazione che di fatto rappresenta il metodo più sicuro per determinare se nell'aria è presente una sostanza infiammabile.

Si noti però che la combustione – grazie alla temperatura scelta e alla presenza dello strato di materiale catalitico – avviene senza fiamma, ma consiste solo in un'ossidazione controllata. Questa ossidazione è comunque di tipo esotermico, per cui la temperatura del filamento di platino aumenta rispetto al valore di equilibrio determinato dalla sola corrente di alimentazione, e tale incremento produce una corrispondente variazione nella resistività del platino, che viene rilevata dal circuito esterno.

L'elemento sensibile è connesso in configurazione a ponte di

Wheatstone, in cui è inserito un altro sensore ma inerte (Fig. 2), ovvero contenente una sferetta simile a quella sensibile, ma sprovvista di rivestimento catalitico e quindi sulla cui superficie non avviene alcuna reazione esotermica. Questa seconda sferetta reagisce alle variazioni di umidità e temperatura ambientale, e viene quindi utilizzata da riferimento per il sensore e per la misura del segnale utile.

Pellistor a conducibilità termica

Un'altra categoria di sensori del tipo "pellistor" sfrutta invece il fenomeno della variazione della conducibilità termica. Il motivo di questa scelta risiede nel fatto che, proprio poiché i pellistor prima visti misurano l'infiammabilità di un gas, essi non possono essere utilizzati per determinare livelli di gas al di sopra del limite detto LEL (Lower Explosive Limit), in quanto il ridotto tenore di ossigeno - in rapporto al gas - porterebbe a un falso valore del segnale di uscita. Per questo motivo, se il tenore di gas da monitorare è elevato, sono da preferire i pellistor a conducibilità termica.

La gamma di pellistor a conducibilità termica prodotta da e2v è abbastanza ampia, tale da completare la gamma di caratteristiche elettriche dei pellistor a sfera catalitica e permettere di inserirli nel medesimo circuito a ponte di

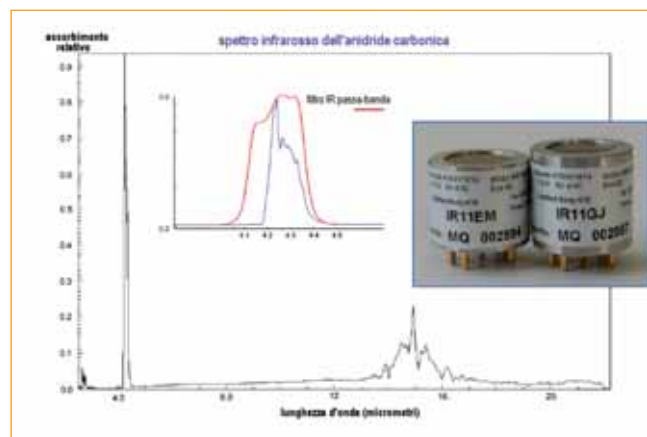


Fig. 3 – Ogni spettro di assorbimento evidenzia andamenti che rappresentano una "impronta" tipica di ogni particolare gas

Wheatstone. Questi sensori vengono forniti con una sferetta di compensazione in contenitore stagno, in modo da fungere da conducibilità termica di riferimento per la compensazione del pellistor.

Poiché la misura della conducibilità termica prescinde dalla caratteristica di infiammabilità o meno del gas, questo tipo di pellistor può essere utilizzato per rilevare la presenza di un'ampia gamma di gas e di miscele, a patto che siano presenti solo due gas, e che essi presentino conducibilità termi-

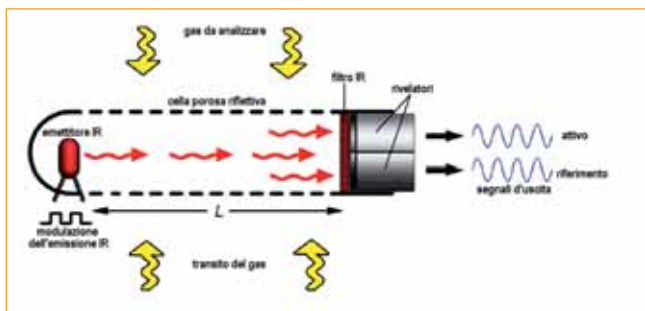


Fig. 4 – I sensori di gas all'infrarosso integrano un emettitore e due rivelatori IR con opportuni filtri

che significativamente differenti, come ad esempio le miscele di idrogeno e aria, metano e aria, monossido di carbonio in metano, monossido di carbonio in aria ed elio in aria in proporzioni dallo 0 al 100%. Per contro, la determinazione del tenore di ossigeno nell'aria risulterebbe ad esempio impossibile con questo metodo, in quanto la conducibilità termica dell'ossigeno è troppo simile a quella dell'azoto.

La tecnica a infrarossi

Questa gamma di sensori si basa sull'osservazione che molti gas assorbono la radiazione elettromagnetica nella gamma che va dai 2 ai 14 micrometri, tipica dell'infrarosso. Ogni spettro di assorbimento (Fig. 3) evidenzia andamenti che rappresentano una "impronta" tipica di ogni particolare gas, che permette quindi di identificarlo e di determinarne la concentrazione.

I sensori di questo tipo contengono una sorgente di radiazione infrarossa e un sensore all'infrarosso (Fig. 4), entrambi integrati nella cavità che accoglie il gas da analizzare, che modifica il segnale ricevuto dal sensore infrarosso. La possibilità di identificare vari tipi di gas è consentita dall'utilizzo di

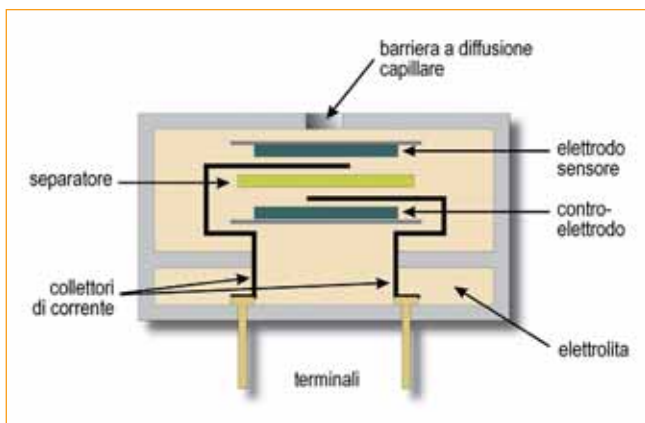


Fig. 5 – Struttura di un sensore di gas di tipo elettrochimico prodotto da e2v

vari filtri per l'infrarosso. La realizzazione di questi sensori li rende insensibili all'azione di ambienti chimicamente aggressivi, mentre la compensazione termica viene effettuata via software.

Con questa tecnica si possono ottenere sensori piuttosto precisi, come ad esempio il nuovo IR11BR, capace di misurare il tenore di CO₂ (anidride carbonica) fino al 100% in volume, con una risoluzione dello 0,5%. Oppure l'IR15TT-R che, ospitando due sensori nel medesimo contenitore, è in grado di rilevare metano e anidride carbonica fino al 100% in volume, con una risoluzione dello 0,5% e con una buona stabilità termica, grazie alla presenza di un termistore di compensazione integrato.

Sensori elettrochimici

Un'altra tecnica utilizzata nei sensori di gas prodotti da e2v è quella elettrochimica, che si basa sul fatto che il gas è in grado di essere coinvolto in una reazione chimica, che produce una corrente direttamente proporzionale alla concentrazione del gas stesso. La tensione richiesta per l'attivazione della reazione

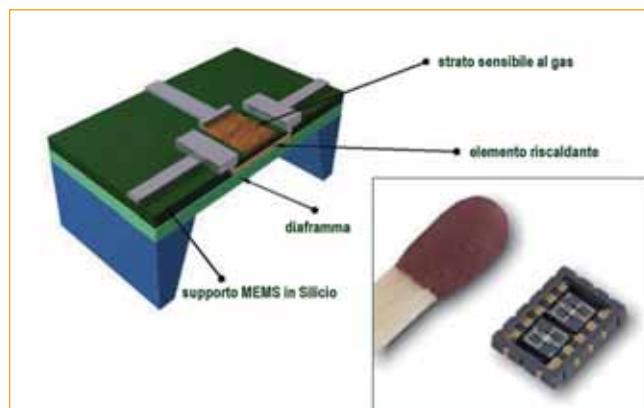


Fig. 6 – I nuovi sensori a semiconduttori MOS realizzati con tecnica Mems di e2v garantiscono un'elevata sensibilità

ne è modesta, e questi sensori sono in grado di rilevare vari tipi di gas a diverse concentrazioni, con una buona precisione e in un ampio range di condizioni ambientali.

Questi sensori – che possono essere considerati al pari delle celle a combustibile – contengono due elettrodi realizzati tramite due sottili dischi di PTFE poroso su cui è depositato uno strato di metallo catalitico. Sulla superficie dell'elettrodo di lavoro (Fig. 5) il gas da rilevare (ad esempio monossido di carbonio o idrogeno solforato) reagisce con l'acqua per produrre anidride carbonica o acido solforico rispettivamente, con la formazione di ioni idrogeno e di elettroni. Sul contro-elettrodo l'ossigeno reagisce con gli ioni idrogeno per

formare acqua. Si noti che l'ossigeno viene prelevato dall'aria o, in mancanza di questo, dall'elettrolita del sensore stesso. Questi sensori elettrochimici sono disponibili anche per il rilevamento di vari tipi di gas pericolosi o tossici, come ad esempio idrogeno, cloro, monossido di carbonio, acido solfidrico, ossido di azoto, anidride solforosa, ossido di etilene, fosfina e così via.

Sensori in tecnologia MOS

e2v ha a catalogo anche una particolare categoria di sensori di gas di recente produzione caratterizzati da un elevato contenuto tecnologico, che sfrutta semiconduttori di tipo MOS (Metal Oxide Semiconductor) combinati con tecniche Mems e l'impiego di strati sensibili basati su nano-particelle e un elemento riscaldante in silicio policristallino.

L'integrazione di queste tecniche abbinata all'impiego di materiali innovativi ha permesso alla società di realizzare sensori MOS caratterizzati da un'elevata sensibilità, robustezza e stabilità, capaci di rilevare concentrazioni di gas a livelli anche solo di poche parti per miliardo (PPB). Gli impieghi vanno dal settore industriale a quello ambientale, sia per applicazioni di misura sia di allarme per superamento di una soglia di guardia. Nel settore automobilistico, le maggiori case costruttrici di autovetture hanno integrato in vari loro modelli la tecnica di rilevamento automatico dell'inquinamento atmosferico, con la chiusura delle prese d'aria.

Fra le principali caratteristiche ottenute con questa nuova tecnica costruttiva, si segnalano: una ridotta corrente di riscaldamento, elevata sensibilità, ampio range di rilevamento, dimensioni miniaturizzate (package TO39 e versioni SMD, Fig. 6), resistenza a shock e vibrazioni, elevata vita operativa, risposta termica rapida e insensibilità alle cariche elettrostatiche.

Un particolare gas che è opportuno monitorizzare per le sue proprietà fortemente ossidanti è l'ozono, ampiamente utilizzato in un'ampia gamma di applicazioni come ad esempio il trattamento delle acque, la purificazione dell'aria e il condizionamento domestico. Poiché però la presenza di ozono nell'aria è dannoso per la salute umana, è necessario monitorare accuratamente la sua presenza per controllare che la concentrazione nell'aria non superi le 0,1 parti per milione. Un sensore ideale per queste applicazioni – anche in campo industriale – è il 2610 prodotto da e2v.

Un altro gas che è utile monitorare – in questo caso nel respiro delle persone fermate dalla polizia – è l'etanolo, ovvero l'alcol etilico. Grazie al sensore 5135 è possibile realizzare un alcol-tester per uso personale a basso costo. Infine, grazie al sensore 5524 – disponibile in versione per montaggio superficiale – è possibile realizzare delle schede per il monitoraggio del monossido di carbonio e degli idrocarburi. ■