

Invenția se referă la tehnica cu semiconductori, în special la senzori de gaze toxice pe bază de semiconductori și poate fi utilizată la detectarea gazelor toxice în concentrații mici.

Este cunoscută o varietate de senzori pe bază de semiconductori pentru detectarea și controlul gazelor toxice și poluante [1].

Acești senzori sunt elaborați în baza semiconductoarelor din oxizi de metale, cum ar fi SnO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, GeO<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, CaO, SrO, BaO, Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CeO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgO, NiO, ZnO, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sensibilizați cu catalizatori din metale, cum ar fi Sb, Pt, Pd, Au, Cd, Ni, W, Fe, In, Co.

Dezavantajul acestor senzori constă în aceea că ei funcționează numai la temperaturi înalte între 200...400°C și prezintă un timp mare (aproximativ 30 min) de răspuns la existența gazului poluant.

Este cunoscut sensorul de gaze toxice care funcționează la temperatura camerei și posedă timp relativ scurt de răspuns la detectarea gazului toxic [2].

Acest sensor constă dintr-o peliculă sensibilă de calcogenid semiconductor ce conține telur ori aliajele lui, în raport cu care longitudinal ori transversal sunt aranjați doi electrozi metalici de contact.

Dezavantajul acestui sensor constă în sensibilitatea scăzută și timpul mare de recuperare a stării inițiale după înlăturarea mediului ce conține gaze toxice.

Problema pe care o rezolvă invenția este majorarea sensibilității acestui sensor concomitent cu micșorarea timpului de recuperare a stării inițiale a lui după acțiunea gazelor toxice.

Esența invenției constă în aceea că sensorul include un substrat izolator, pe care este depus un strat sensibil, și electrozi. Stratul sensibil conține un strat din sticlă calcogenică semiconductoare, pe care este depus un strat de telur sau aliajele lui.

Rezultatul invenției constă în majorarea sensibilității sensorului, ceea ce permite detectarea concentrațiilor de sute de ppm ale gazelor toxice într-o perioadă de timp redusă.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-4 care reprezintă:

fig. 1, secțiunea transversală a sensorului heterojuncțional de gaze toxice;

fig. 2, caracteristicile cinetice de detectare a dioxidului de azot cu sensorul heterojuncțional la polarizare constantă;

fig. 3, răspunsul sensorului heterojuncțional la acțiunea mixturii de dioxid de azot cu concentrații diverse;

fig. 4, dependențele sensibilității și sensibilității pe un ppm de concentrația dioxidului de azot.

Structura schematică a sensorului heterojuncțional de gaze pe bază de semiconductori este reprezentată în fig. 1. Sensorul constă dintr-un substrat izolator 1, electrodul de jos (contraelectrod) 2, un strat de sticlă calcogenică semiconductoare 3; un strat sensibil de telur ori aliajele lui 4, sursă de alimentare cu curent continuu 5, aparat de măsurare 6.

Substratul izolator poate fi fabricat din sticlă pirex, ceramică, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, monocristal de siliciu cu un strat de SiO<sub>2</sub> sau din alți izolatori solizi cu rezistența mai mare de 10<sup>8</sup> Ω•cm. Stratul sensibil la gaze este compus dintr-un strat din sticlă calcogenică semiconductoare pe care este depus un strat de telur ori aliajele lui, cum ar fi As-Te, Sb-Te, Ge-Te, etc. Electrodul de jos poate fi realizat din metale cum ar fi Al, Pt, Ni ori Gr de la care, prin bonderizare, se conectează circuitul exterior.

Substratul din sticlă pirex se pregătește prin tăiere de plăci cu dimensiuni ce ar permite fixarea în celula respectivă a sensorului, spălarea lor în acetonă și apă distilată urmată de uscarea. Stratul de sticlă calcogenică semiconductoare trebuie să aibă o rezistență electrică comparabilă cu rezistența electrică a stratului sensibil la gaze toxice și poate fi realizată, de exemplu, din materiale de sticlă semiconductoare cum ar fi sistemul ternar As-S-Ge.

Stratul sensibil la acțiunea gazelor toxice (electrodul de deasupra) se realizează din telur ori aliajele lui.

Sensorul se confecționează prin depunerea succesivă în vid a electrodului metalic de jos – stratului de sticlă calcogenică semiconductoare – stratului sensibil (electrodului de deasupra) pe substratul izolator.

Depunerea straturilor componente ale sensorului se efectuează prin evaporarea în vid a substanțelor respective. Evaporarea se realizează la presiuni mai mici de 10<sup>-5</sup> Torr. Grosimea stratului sensibil (electrodului de deasupra) este de 0,05...5,0 μm. Grosimea stratului de sticlă calcogenică semiconductoare se alege reieșind din condiția realizării comparării rezistenței electrice a acestui strat cu rezistența electrică a electrodului de deasupra (stratului sensibil). Electrozii de contact se depun pe heterojuncțiune prin măști speciale, ce permit bonderizarea circuitului exterior.

Sensorul funcționează în modul următor. Între electrozii 2-4 se aplică tensiune electrică și concomitent se măsoară devierea intensității curentului cauzată de prezența gazului respectiv în mediul ambiant. Gazul considerat poate fi toxic, cum ar fi dioxidul de azot (NO<sub>2</sub>), propilamina sau oxidul de carbon (CO). Moleculele de gaz sunt absorbite la suprafața peliculei sensibile de telurid și alterează conductivitatea ei electrică. În funcție de tipul gazului toxic poate avea loc micșorarea ori creșterea respectivă a rezistenței electrice a stratului sensibil.

Variația conductivității electrice a stratului sensibil de telur (ori telurid) la interacțiunea cu gazul toxic are loc datorită efectului de dopare ce conduce la variația lucrului de ieșire a sarcinilor electrice din acest material semiconductor. Drept consecință are loc variația înălțimii barierei de contact la interfața heterojoncțiunii telur (ori telurid) – sticlă calcogenică semiconductoare.

În câmp electric exterior variația înălțimii barierei de contact este însoțită de variația bruscă a fluxului de electroni prin interfața heterojoncțiunii, creșterea sau micșorarea rapidă și esențială a rezistenței totale a sensorului.

Fig. 2 reprezintă caracteristica de tranziție aer-mixtură de aer cu dioxid de azot la polarizare constantă. Ciclurile de trecere la mixtură de NO<sub>2</sub> nu sunt periodice. Schema variației compoziției mediului gazos este indicată cu o linie întreruptă. Fiecare treaptă corespunde mixturilor cu concentrația dioxidului de azot de 0; 0,75 sau 1,5 ppm. Se vede că curentul electric în structura sensibilă variază după aceeași schemă cu diverse perioade de atingere a valorilor de saturație pentru procesele de absorbție-disorbție.

Perioadele de răspuns și de recuperare (definite ca perioade de atingere a valorii de 90% din starea de saturație a curentului) sunt aproximativ de 2 și 50 min, respectiv.

Timpul de recuperare este mult mai mic dacă măsurarea concentrației gazului toxic are loc imediat după măsurarea respectivă într-o altă mixtură cu altă concentrație a acestui gaz toxic. De exemplu, tranziția de recuperare în cazul trecerii de la mixtura cu concentrația de 0,75 ppm la mixtura cu concentrația de 1,5 ppm de NO<sub>2</sub> constituie doar 30 s. Această performanță este ilustrată în fig. 3, care reprezintă caracteristica de tranziție a sensorului la diverse concentrații ale mixturii de dioxid de azot. Polarizarea aplicată este constantă și directă.

Fig. 3 indică clar și faptul că sensorul este foarte sensibil și detectează dioxidul de azot cu concentrații extrem de mici până la 0,075 ppm.

Fig. 4 reprezintă sensibilitatea sensorului față de dioxidul de azot în funcție de concentrația gazului. Sensibilitatea este definită ca variație relativă a rezistenței sensorului luată în procente.

$$S = \frac{R_a - R_g}{R_g} \cdot 100\%,$$

unde

R<sub>a</sub> și R<sub>g</sub> este rezistența sensorului în aer ambiant și în prezența gazului toxic, respectiv. Se observă că dioxidul de azot are o influență reductivă.

Sensibilitatea crește brusc cu creșterea concentrației gazului. La concentrații mai mari de 0,2 ppm crește mai lent, aproximativ liniar. În fig. 4 este reprezentată și dependența sensibilității raportată la un ppm de gaz, se observă că această dependență este inversă, adică acest parametru are valori mari la concentrații mici (sutimi de ppm) și se micșorează odată cu creșterea concentrației gazului.

Sensorul propus permite detectarea gazelor toxice și poluante, cum ar fi dioxidul de azot, în concentrații deosebit de mici, inclusiv în regiunea subppm la temperatura camerei, necesitând durate mici de recuperare a stării inițiale după înlăturarea mediului toxic.

Sensorul poate fi utilizat pentru controlul și monitorizarea nivelului de poluare a mediului ambiant.