

# METODĂ DE MASURARE A PARAMETRILOR ELECTRICI AI SENZORILOR PE BAZĂ DE SEMICONDUCTORI OXIZI NANOSTRUCTURAȚI

Ștefan MAIMESCU, Valerii VERJBIȚKII, Oleg LUPAN

Universitatea Tehnică a Moldovei

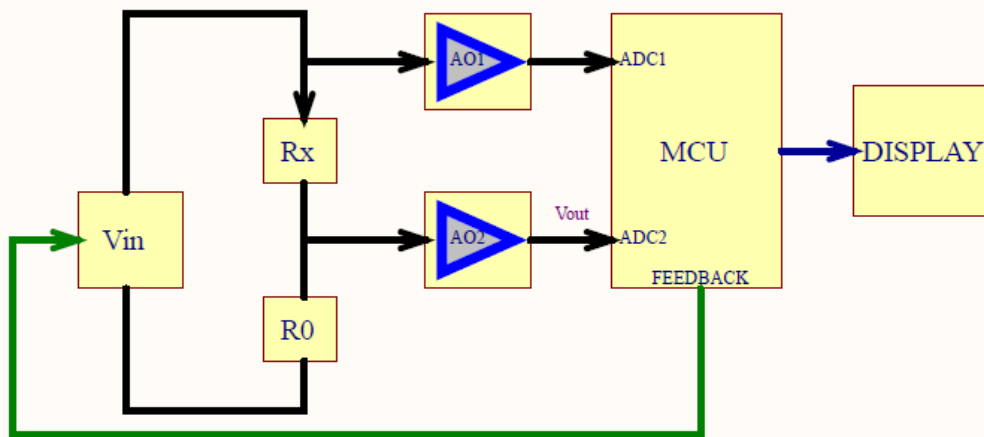
**Abstract:** În acest articol se descrie principiul de măsurare a proprietăților electrice ale senzorilor de gaz pe bază de oxizi semiconductori nanostructurați

**Cuvinte cheie:** peliculă nanostructurată, nanostructură, senzor de gaz

Dezvoltarea senzorilor de gaze pe bază de pelicule nanostructurate decurge foarte rapid și se obțin rezultate foarte bune la un sinecost mic. De aceea trebuie elaborată o metodă de măsurare a parametrilor senzorilor obținuți care să fie una universală, rapidă și precisă care să poată efectua măsurări fără ca să distrugă structura cercetată sau să modifice careva proprietăți prin aplicarea unor curenți relativi mari pentru dimensiunile structurii cercetate. Metoda standardă de măsurare folosită în majoritatea cazurilor necesită utilizarea unei varietăți de aparate precizionale interconectate care sunt voluminoase precum și relativ scumpe.

Utilizând în laborator metoda de măsurare Ampermetru-Voltmetru la fel putem afla rezistența senzorului dar această metodă ne limitează deoarece avem nevoie de a măsura curenți foarte mici de ordinul  $\mu\text{A}$  și  $\text{nA}$  care necesită aparate de măsură foarte sensibile care sunt scumpe. La fel pentru a măsura căderea de tensiune pe senzorul cercetat trebuie utilizat un voltmetru cu o impedanță foarte mare și o capacitate de intrare foarte mică pentru nu a influența valoarea rezistenței senzorului cercetat.

Cunoaștem că proprietățile fiecărui senzor diferă și că în timpul cercetărilor asupra mai multor probe avem nevoie ca metoda de măsurare să fie una universală și să permită măsurarea cu precizie de la Ohmi( $\Omega$ ) până la zeci de Mega Ohmi ( $\text{M}\Omega$ ) am hotărât de a reproduce o metodă simplă de măsurare care constă în instalarea senzorului în serie cu o rezistență bine cunoscută care la fel va servi și ca limitare de curent, astfel obținându-se un divizor de tensiune. Pentru a putea măsura rezistența senzorului trebuie să cunoaștem tensiunea aplicată circuitului, precum și rezistența celei de a doua părți a divizorului de tensiune.



**Figura 1** Schema bloc principală pentru metoda de măsurare a proprietăților senzorilor pe bază de semiconductori oxizi nanostructurați

Schema bloc principală din **Fig.1.** constă din următoarele elemente:

$V_{IN}$  – Sursă de alimentare;

$R_x$  – Senzorul cercetat;

$R_0$  – Rezistență de precizie a cărei valoare este cunoscută;

$AO_1, AO_2$  – Amplificatoare operaționale precizionale cu rezistență de intrare foarte mare;

$MCU$  – Microprocesor cu modul CAD (Convertor Analogic-Digital) cu o rezoluție mai mare de 8 biți, cu cât rezoluția ADC-ului e mai mare cu atât se mărește și rezoluția valorii rezistenței măsurate.

$DISPLAY$  – Indicator pentru a afișa rezultatele în urma efectuării măsurărilor, poate fi un simplu indicator a prezenței gazului sau un ecran pentru a indica rezistența exactă a senzorului.

Algoritmul de măsurare constă în creșterea tensiunii aplicate la circuitul cu senzor până când se obține tensiunea de referință setată în prealabil astfel încât să acopere tot diapazonul de valori cercetat fără a modifica divizorul de tensiune

cu excepția sensorului cercetat. Odată obținută valoarea de referință se poate de monitorizat diferența de tensiune obținută în momentul  $x(t)$  și tensiunea de referință. Astfel obținem un detector de gaz în timp real foarte ieftin din punct de vedere al componentelor utilizate dar la fel se poate de măsurat valoarea tensiunii obținute și calcula rezistența sensorului doar cu o întârziere de ordinul a câteva microsecunde adică cât timp durează citirea, filtrarea, calcularea și afișarea datelor.

Tensiunea aplicată la circuitul cu sensor trebuie să fie controlată pentru a avea aceeași rezoluție de măsurare pe întreg diapazonul cercetat, deoarece aplicând o tensiune constantă rezoluția măsurărilor efectuate se modifică odată cu modificarea rezistenței cercetate.

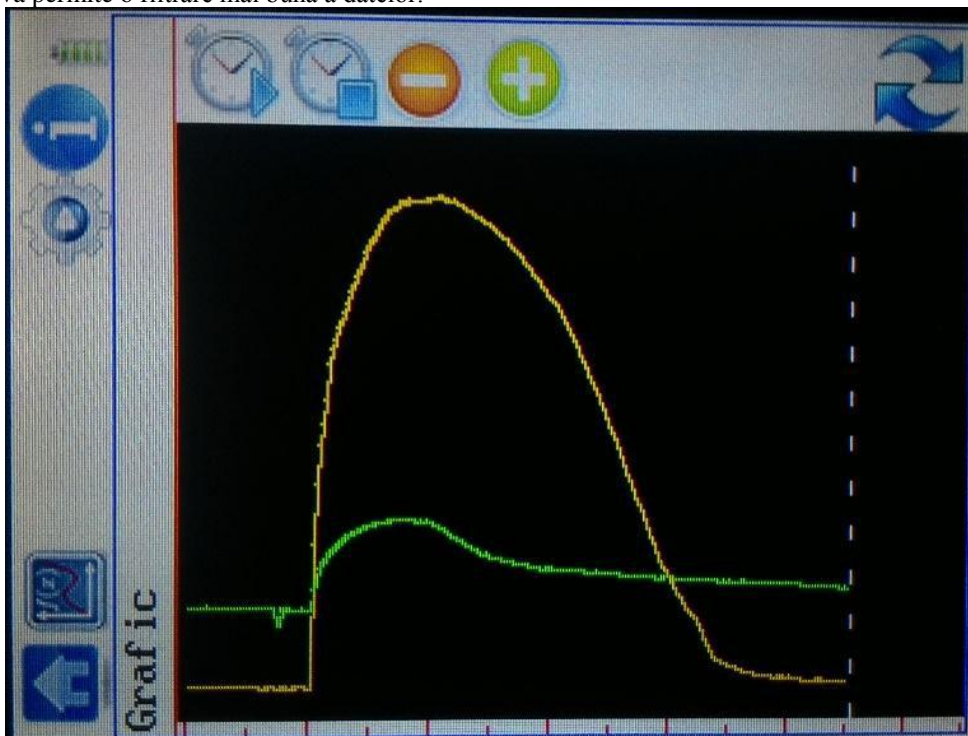
Aplicând formula generală a unui divizor de tensiune:

$$V_{OUT} = V_{IN} * \frac{R_0}{R_S + R_0} \quad (1)$$

Este posibil să aflăm valoarea lui  $R_S$  cunoscând valoarea rezistenței  $R_0$  și având valorile  $V_{IN}$  și  $V_{OUT}$  care sunt măsurate de microprocesor, utilizând următoarea formulă dedusă din formula de mai sus [1]:

$$R_S = \frac{R_0 * (V_{IN} * V_{OUT})}{V_{OUT}} \quad (2)$$

Pentru a executa măsurări de precizie avem nevoie ca sursa de tensiune să fie una foarte precisă și să fie exclus oricare zgomot la ieșire. Considerând că se măsoară valoarea tensiunii la intrare și valoarea tensiunii la ieșire și acel zgomot persistă în ambele valori, noi putem să-l excludem deoarece conform formulei [2] valorile rezistenței nu se modifică și rămân constante. Luând în considerație că măsurarea a două tensiuni în același moment de timp este practic imposibilă, adică se pot executa dar cu o oarecare întârziere care depinde de frecvența de lucru a microprocesorului s-a decis că cel mai eficient toate tensiunile care necesită să fie măsurate, amplificate în putere și filtrate. Pentru a amplifica în putere un semnal se folosesc amplificatoare operaționale de precizie Rail to Rail cu o rezistență de intrare foarte mare, de dorit ca amplificatorul să fie construit folosind tranzistori MOS. Semnalul obținut trebuie filtrat de toate zgomotele de frecvență înaltă deoarece se cercetează doar componenta continuă a semnalului. Ca filtre pentru semnal poate fi folosit cel mai simplu filtru trece-jos RC calculat pentru o frecvență mică de ordinul a 10Hz la fel vor fi excluse și zgomotele induse de la rețeaua de alimentare electrică. Cel mai bine pentru filtrarea semnalului e să se folosească un filtru activ care va permite o filtrare mai bună a datelor.



**Figura 2** Rezultate obținute utilizând metoda dată de măsurare

În **Fig. 2** se pot observa rezultatele obținute utilizând această metodă pentru a cerceta răspunsul în timp a doi senzori diferiți la aplicarea unui gaz pentru un moment de timp scurt și putem foarte ușor să observăm că unul din senzori are un răspuns cu mult mai bun la prezența aceluia gaz la fel și sa restabilit la valoarea inițială în comparație cu a doilea sensor cercetat.

#### **Concluzie:**

Metoda propusă de măsurare a proprietăților electrice a senzorilor nanostructurați constă în abordarea nouă a unui divizor de tensiune rezistiv care ne permite să efectuăm măsurări precise a rezistenței electrice fără a utiliza circuite sofisticate și având posibilitatea de a integra tot circuitul de măsurare foarte ușor. Ca rezultat sa creat un dispozitiv portabil conform schemei principale din **Fig. 1** care poate măsura pînă la 5 Mega Ohmi (MΩ) fără a pierde din

rezoluția de măsurare și poate să ajungă și pînă la 20 Mega Ohmi ( $M\Omega$ ) dar deja cu o rezoluție mai joasă. În **Fig. 2** sunt arătate rezultatele obținute cu dispozitivul care utilizează această metodă.

Metoda dată permite crearea dispozitivelor de măsurare sau a detectoarelor simple de gaz pentru diferiți senzori și diferite gaze, la fel și detectoare portabile. Pe lîngă utilitatea în laborator, asemenea dispozitive bazate pe acest principiu de măsurare pot fi folosite în condiții casnice pentru a detecta diferite deflagrații de gaze sau a detecta prezența în atmosferă a gazelor nocive pentru om. Avînd un oarecare semnal se poate de elaborat și sisteme de protecție împotriva deflagrațiilor de gaze.

***Bibliografie:***

1. O. Lupan, G. Chai, L. Chow. Novel hydrogen sensor based on single ZnO nanorod  
Microelectronic Engineering. Vol.85(11) :2220-2225, November 2008
2. Măsurări electrice și electronice (București 1991)
3. U. A. Bakshi, A. V. Bakshi, K. A. Bakshi Electrical Measurements and Instrumentation  
Technical Publications Pune 2009