

PROPRIETAȚILE SENZORILOR DE TiO_2 LA VARIAȚIA TEMPERATURII DE OPERARE

Dinu LITRA^{1*}, Cristian LUPAN²

¹ Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, grupa MN-171, Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, Chișinău, Republica Moldova

² Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, grupa MN-201M, Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Litra Dinu, dinu.litra@mib.utm.md

Rezumat. In această lucrare sunt prezentate rezultatele obținute experimental privind proprietățile senzorilor de TiO_2 nanostructurat la variația temperaturii de operare. Gazul detectat de acest tip de senzor fiind H_2 la o temperatură de operare de $150^\circ C$ și răspunsul maximal obținut de aproximativ 18. A fost analizată morfologia senzorului cu ajutorul microscopului SEM și proprietățile electrice.

Cuvinte cheie: Temperatura de operare, TiO_2 , senzor, Hidrogen

Introducere

În prezent una din cele mai mari probleme ale omenirii este problema poluării mediului. În scopul monitorizării calității aerului sunt utilizați senzorii de gaze. Diverse aspecte ale vieții zilnice moderne necesită utilizarea senzorilor de vapori sau gaze. Sarcina principală care trebuie să fie îndeplinită de senzor este de a indica rapid prezența gazelor nocive sau explozive pentru a crea un avertisment pentru oamenii din jur că a fost atins un anumit prag. Astfel, în ultimile decenii, senzorii pe bază de semiconductori oxidici au atras un interes tot mai mare datorită anumitor factori: dimensiunilor mai mici, costului, fiabilității și posibilității de a detecta diferite gaze inflamabile și toxice, compuși organici volatili sau doar pentru monitorizarea calității aerului în mediul ambiant. În ciuda spectrului larg de domenii posibile de aplicare, selectivitatea și stabilitatea senzorilor rămâne în continuare o provocare care necesită investigații suplimentare [1]. Dioxidul de titan se folosește pe larg, atât în industria de construcții cât și în scopuri științifice, datorită proprietăților sale deosebite: constanta dielectrică mare, conductivitatea electrică ridicată, sensibilitate pentru domeniul UV, din punct de vedere biologic nu este toxic, etc. [2]. În această lucrare am analizat proprietățile morfologice, structurale și senzoriale ale TiO_2 nanostructurat.

Partea experimentală

TiO_2 a fost obținut prin depunerea atomică la o temperatură de $300^\circ C$. Nanostructurile de TiO_2 au fost depuse din precursorii $TiCl_4$ și H_2O [3]. Cu ajutorul microscopului electronic au fost obținute imaginile SEM ale suprafeței nanostructurilor de TiO_2 . Au fost cercetate proprietățile electrice și senzoriale ale oxidului la diferite gaze și temperaturi. Măsurările au fost efectuate cu ajutorul multimetrului Keithley 2400 și camera de testare.

Rezultate și discuții

În figura 1 sunt reprezentate imaginile SEM ale nanostructurilor de TiO_2 dopate cu impurități și tratate termic la temperatura de $625^\circ C$, unde se observă formarea unui lanț de nanocristale între electrozii din Au, ce se obține datorită dopării. Aceste nanocristale au dimensiuni și forme diferite, fiind distribuite neomogen pe suprafață sub formă de ramuri.

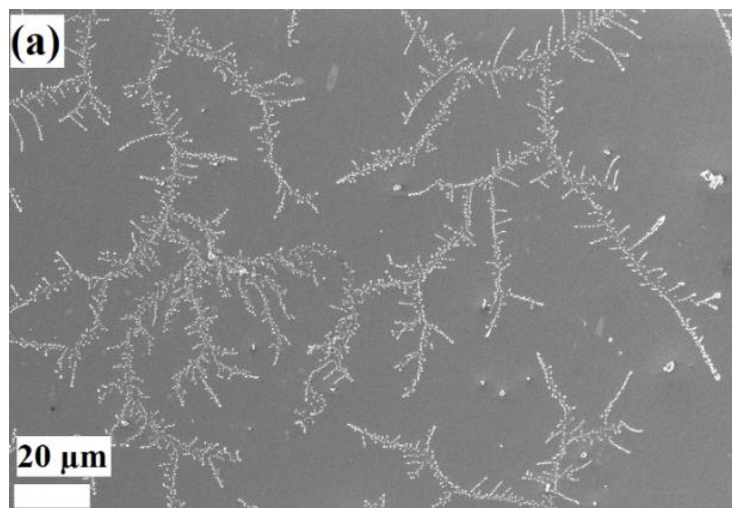


Figura 1. Imaginile SEM ale nanostructurilor de TiO₂ dopate cu impurități tratate termic la temperatura de 625 °C, suprafață largă (a).

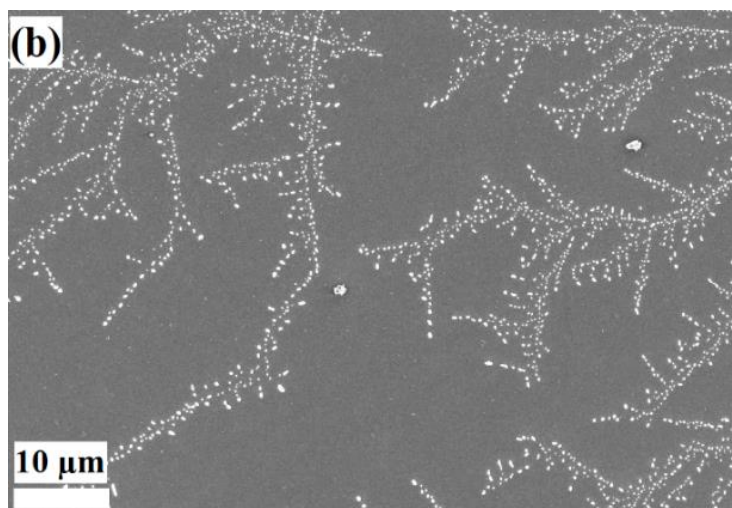


Figura 2. Imaginile SEM ale nanostructurilor de TiO₂ dopate cu impurități tratate termic la temperatura de 625 °C, amplificare mai mare (b).

Răspunsul la gaz se va determina prin formula următoare:

$$S = \frac{I_{gaz}}{I_{aer}} \quad (1)$$

Unde:

S – Răspunsul la gaz,

I_{gaz} – Curenții electrici la expunerea în gaz,

I_{aer} – Curenții electrici la expunerea în aer.

În figura 3 este reprezentat răspunsul dinamic al TiO₂ la 100 ppm H₂ la temperatura de operare de 125 °C și valoarea răspunsului S=10. Timpul de răspuns este de aproximativ 1.51s, iar cel de recuperare este de aproximativ 1.23 ms.

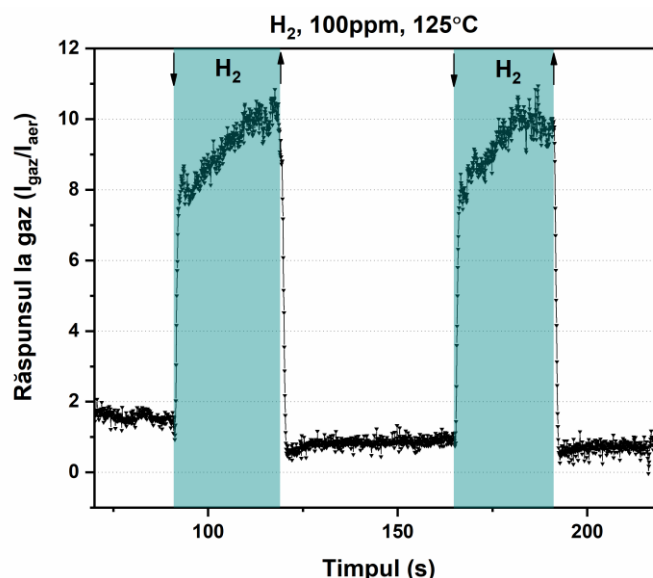


Figura 3. Răspunsul dinamic la 100 ppm H₂ la temperatura de lucru 125°C a dioxidului de titan nanostructurat.

Următorul grafic (fig. 4) reprezintă răspunsul la gazul H₂ cu concentrația de 100ppm în funcție de temperatura de operare unde se observă că răspunsul maxim este de $S=18$, la temperatura de operare 150°C. Din datele obținute experimental observăm că rezistența senzorului scade în timpul expunerii la gaz ceea ce este tipic pentru oxizii cu n-tip de conducție. Se observă clar efectul temperaturii de operare asupra răspunsului la gaz.

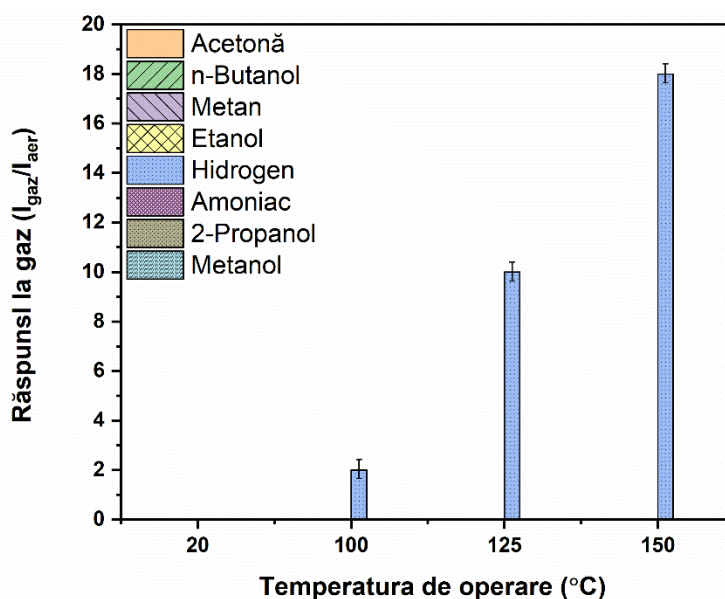


Figura 4. Răspunsul față de gazele cercetate la temperaturile de operare de 20°C, 100°C, 125°C și 150°C pentru nanostructurile din dioxid de titan.

Concluzii

În această lucrare sunt prezentate rezultatele obținute în urma cercetării proprietăților senzorilor de gaze pe baza de TiO₂ la temperaturi de operare diferite. Din graficile obținute, se poate observa că valoarea cea mai mare de răspuns $S=18$ a fost atinsă la temperatura de 150°C la aplicarea gazului H₂ cu concentrația de 100ppm. Au fost analizate imaginile SEM ale nanostructurilor de TiO₂ dopate cu impurități și tratate termic la temperatura de 625 °C, unde s-a

observat formarea unui lanț de nanocristale, ce se obține datorită dopării. Cu ajutorul datelor obținute am determinat timpul de răspuns la gaz 1.51s, acest factor este important la detectarea gazelor periculoase. Rezultatele obținute pot fi utilizate ca recomandări pentru fabricarea senzorilor de gaze pe bază de TiO₂.

Mulțumiri. Dinu Litra este recunoscător Universității Tehnice a Moldovei, pentru stagiul practic de licență la Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori în a.2021, în special Prof. Dr. Hab. O. Lupan. C. Lupan gratefully acknowledges Kiel University, Functional Nanomaterials, Germany and PSL Université, Chimie-ParisTech IRCP, Paris, France for internship positions in 2018-2019, especially Professor Adelung team, and TUM for constant support.

Referințe:

1. Nicolai ABABII, Mathias HOPPE, Sindu SHREE, Alexander VAHL, Maria ULFA, Thierry PAUपोर्टÉ, Bruno VIANA, Vasiliu CRETU, Nicolae MAGARIU, Vasile POSTICA, Victor SONTEA, Maik-Ivo TERASA, Oleksandr POLONSKYI, Franz FAUPEL, Rainer ADELUNG, Oleg LUPAN, Effect of noble metal functionalization and film thickness on sensing properties of sprayed TiO₂ ultra-thin films In: *Sensors and Actuators A: Physical*, 2019, pp. 242-258.
2. CORCOVEANU M. Lucrare științifică. TiO₂ – structură, proprietăți electronice și optice, pp. 2-3.
3. V. POSTICA, T. REIMER, E. LAZARI, N. ABABII, S. SHISHIYANU, S. RAILEAN, V. KAIDAS, S. KAPS, O. LUPAN, W. BENECKE, R. ADELUNG, Sensing properties of ultra-thin TiO₂ nanostructured films based sensors. In: V. Sontea, I. Tiginyanu (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering: ICNBME-2015, September 23–26, 2015, Chisinau, Republic of Moldova*, Springer Singapore, Singapore, 2016, pp. 149-152.