

UTILIZAREA TiO_2S/CdS ÎN CALITATE DE SENZOR PENTRU DETECTAREA RADIAȚIEI ULTRAVIOLETE

Adrian BÎRNAZ

Centrul Nanotehnologii și Nanosenzori, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Adrian Bîrnaz, adrian.birnaz@ee.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific **Oleg LUPAN**, dr. hab., Centrul Nanotehnologii și Nanosenzori, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. Zi de zi, omenirea se confruntă cu radiațiile solare. Una dintre componentele sale importante, care nu numai că oferă beneficii organismului, dar poate reprezenta și o amenințare, este radiația UV. Radiațiile extreme pot provoca diverse boli; cu toate acestea, radiațiile solare pot fi, de asemenea, o sursă de energie regenerabilă și pot avea un impact asupra producerii culturilor agricole și asupra mai multor industrii. Astfel, este important să se cerceteze și să se adapteze noi detectoare care să contribuie la monitorizarea nivelurilor UV. Respectând această necesitate, o direcție de cercetare este studierea proprietățile senzoriale ale calcogenurilor de metale, care permit obținerea unor structuri stratificate promițătoare, precum și a proprietăți fizico-chimice de fotodetecție. În această lucrare, este studiată o probă de TiO_2S/CdS din perspectiva caracteristicilor detecție UV și pentru posibilitatea de a o aplica în industrie. În acest articol sunt prezentate rezultatele iradierii ultraviolete a unei probe TiO_2S/CdS la 2 lungimi de undă. Testarea probei la lungimile de undă, 450 nm și 500 nm, a arătat un rezultat interesant, răspunsul fiind aproape instantaneu și o recuperare de până la 30 secunde.

Cuvinte cheie: sensor, room temperature sensor, UV response, chalcogenide

Introducere

Materialele semiconductoare II-VI sunt pe larg utilizate în dispozitivele semiconductoare care sunt destinate aplicațiilor optice cum ar fi diodele luminescente și diodele laser cu lungimi de undă scurte, datorită proprietăților benzii interzise directe. Dezvoltarea continuă și inovarea în domeniul semiconductoarelor și tehnologiilor de fabricare al acestora, au permis fabricarea traductoarelor ultraviolete care sunt pe larg utilizate în așa aplicații cum ar fi detectarea flăcării, curățirea aerului, detectarea scurgerilor și în mediile de comunicare avansate [1].

O bună parte din aceste aplicații sunt realizate în baza materialelor semiconductoare bazate pe calcogenuri de metale, ca exemplu sulfura de zinc-cadmium. $CdZnS$ poate utilizat în fabricarea bateriilor solare care vor genera un curent mai înalt față de elementele solare fabricate din CdS [2]. Pornind de la ideea că materiale care au un răspuns bun în bateriile solare ar putea fi utilizate ca detectoare de ultraviolet, o direcție promițătoare este studierea proprietăților senzoriale ale acestor materiale.

În unele cercetări peliculele de CdS/TiO_2 sunt cercetate în calitate de traductori de gaz [3]. În cercetările recente dioxidul de titan este utilizat pentru a reduce banda interzisă, care ulterior va permite extinderea limitei lungimii de undă care poate fi absorbită, permițând astfel controlul recombinării purtătorilor fotogenerați, obținând astfel capacitatea de captare a luminii [4, 5].

În prezenta lucrare acest sunt studiate proprietățile electro-optice a TiO_2S/CdS , și anume posibilitatea utilizării în senzori, meniți pentru a detecta impulsurile ultraviolete de ordinul secundelor. Așa detectoare par a avea un răspuns rapid și timpul de revenire la starea de până la iradiere comparabil cu durata impulsului.

Partea experimentală

Metodologia de măsurare a probei: pentru studiarea răspunsului probei de $\text{TiO}_2\text{S}/\text{CdS}$ la o serie de impulsuri ultraviolete, a fost utilizată instalația de laborator prezentată în Fig. 1. Instalația permite plasarea probei într-o cameră unde nu pot pătrunde alte surse de lumină. Carcasa acestei camere este construită din bare de aluminiu, asupra căreia este plasată o stofă de culoare neagră, dintr-un material opac. Grosimea stofei este de aproximativ 5 mm. Impermeabilitate optică a fost determinată cu măsurătorul de putere optică Newport Model 843-R.

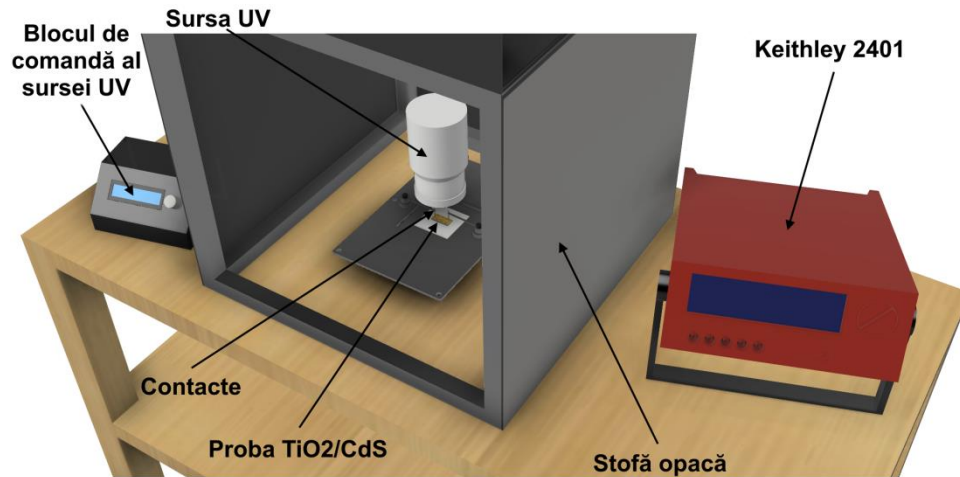


Figura 1. Instalația de laborator utilizată pentru măsurare

Aplicarea radiației ultraviolete asupra probei studiate se face prin intermediul unei surse comandate de la calculator. Blocul de comandă al acestei surse se conectează la calculator prin intermediul interfeței USB. De la calculator se setează parametrii necesari măsurării, cum ar fi lungimea de undă și parametrii de timp al seriei de impulsuri aplicate.

În Fig. 2 este prezentată analiza spectrală a lungimilor de undă generate de instalație. Datele despre lungimile de undă au fost colectate prin intermediul spectrometrului Ocean Insight STS-UV. În grafiul de mai jos sunt evidențiate două vârfuri ale semnalului optic, care corespund lungimilor de undă 450 nm și respectiv 500 nm.

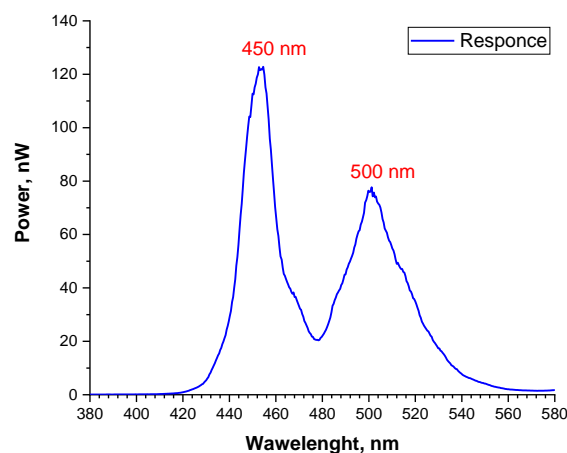


Figura 2. Puterea optică maximă generată de instalație în dependență de lungimea de undă. Distanța de la sursa de lumină și probă este de 50 mm

Din graficul prezentat în Fig. 2. se poate observa că puterea optică maximală generată de instalație este diferită pentru 450 nm și 500 nm. Pentru determinarea exactă a valorii puteri emanate a fost utilizat măsurătorul de putere optică Newport Model 843-R. În urma măsurărilor efectuate, sa determinat că la lungimea de undă 450 nm, și distanța dinte sursa de radiație și

probă de 50 mm, puterea optică este egală cu 122.8 nW. Iar pentru lungimea de undă 500 nm și distanța dintre sursa și probă identică, puterea optică este egală cu 76.5 nW.

Aceste lungimi de undă vor fi utilizare pentru măsurările ulterioare, ținându-se cont de puterea optică maximă generată.

Rezultate și discuții

Proba din TiO₂S/CdS a fost plasată în instalația de laborator prezentată în Fig. 1. Semnalul de pe probă a fost măsurat în curent, prin intermediul multimetrului cu sursă reglabilă integrată de tensiune Keithley 2401. Conexiunea multimetrului cu proba a fost realizată prin metoda de măsurare cu 2 contacte. Utilizând sursa integrată de tensiune al dispozitivului de măsură, asupra probei a fost aplicată tensiunea de 1 V. Curentul de întuneric la această tensiune, determinat în urmă măsurării lui și este egal cu $8.667 \cdot 10^{-3}$ A.

Prin intermediul softului utilizat, au fost aplicate o serie de impulsuri de radiație ultravioletă de 2 lungimi de undă, 450 nm și 500 nm. Durata impulsurilor este de 10 s. După aplicarea impulsurilor sa așteptat revenirea semnalului la curentul inițial, de dinainte aplicării impulsului. Timpul de așteptare a constituit 30 s.

Rezultatele măsurărilor sunt prezentate în Fig. 3.

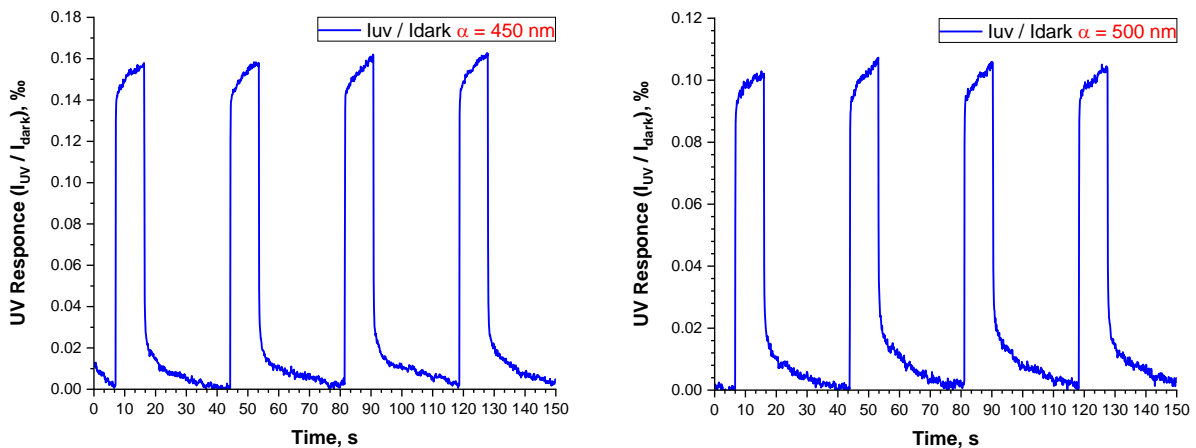


Figura 3. Răspunsul probei TiO₂S/CdS la impulsurile repetate de radiație ultravioletă

Răspunsul probei este calculat conform Ec. (1), unde I_{dark} este curentul de întuneric, considerat ca curent de referință, măsurat în momentul în care asupra probei nu era aplicat nici un semnal luminos. I_{UV} este curentul măsurat în momentul de timp când asupra probei au fost aplicate o serie de impulsuri de radiație ultravioletă. Din acest raport a fost scăzut 1, valoarea de deplasare pe axa ordonatelor, rezultantă a cazului în care curenții I_{dark} și I_{UV} sunt egali. Rezultatul acestor operații matematice este multiplicat cu 1000 pentru a obține rezultatul în promile.

$$\left(\frac{I_{UV}}{I_{dark}} - 1 \right) \cdot 1000 \quad (1)$$

În graficele prezentate în Fig. 3, se observă un răspuns bine definit la impulsurile repetate cu lungimea de undă 450 nm și 500 nm, respectiv. Răspunsul în curent la lungimea de undă 450 nm este aproximativ egal cu 0.16 %, iar la lungimea de undă 500 nm răspunsul este de aproximativ 0.11 %. Din graficele obținute se observă un răspuns imediat la aplicarea impulsului ultraviolet. Fontul de creștere a semnalului fiind mai mic de 1 s. După finisarea aplicării impulsului semnalul în mai puțin de 1 secundă revine la valoarea de 0.02 %, în raport cu valoarea inițială. Pentru revenirea completă, proba are nevoie de 30 secunde, timp în care valoarea curentului măsurat va atinge nivelul de dinaintea iradierii, sau cu alte cuvinte va deveni egal cu I_{dark} .

Din rezultate obținute pare că răspunsul este mai pronunțat la 450 nm, dar nu este neapărat așa. Întru-cât sursa de 500 nm are o putere optică mai mică cu aproximativ 38 % decât sursa de 450 nm, respectiv și răspunsul probabil să fie afectat, dar acest lucru aspect urmează a fi studiat în cercetările ulterioare.

Concluzii

În această lucrare sa demonstrat că proba din TiO₂S/CdS are un răspuns pronunțat de ordinul a zecimilor de promile la lungimile de undă 450 nm și 500 nm, și tensiunea de lucru 1 V. Puterea consumată de probă este aproximativ egală cu $9 \cdot 10^{-3}$ W și timpul de răspuns al acestei probe este practic instantaneu. Aceste proprietăți facilitează utilizarea acestui material ca traductor de radiație ultravioletă în dispozitive portabile, care ar permite rapid detectare rapidă a impulsurilor ultraviolete. Un alt avantaj al acestor probe este timpul redus de revenire la starea de dinaintea impulsului, comparabil cu durata impulsului.

Mulțumiri. Autorul aduce mulțumiri proiectului de stat LIFETECH. Codul subprogramului 020404 și Universității Christian-Albrecht din Kiel (CAU) pentru stagiul de practică.

Referințe

- [1] Z. Ma *et al.*, “Microwave-assisted synthesis of an RGO/CdS/TiO₂ step-scheme with exposed TiO₂ {001} facets and enhanced visible photocatalytic activity,” *RSC Adv*, vol. 10, no. 71, p. 43447, Nov. 2020, doi: 10.1039/D0RA08597A.
- [2] A. J. Peter and C. W. Lee, “Electronic and optical properties of CdS/CdZnS nanocrystals,” *Chinese Physics B*, vol. 21, no. 8, p. 087302, Aug. 2012, doi: 10.1088/1674-1056/21/8/087302.
- [3] “(PDF) Structural and Sensing Characteristics of CdS-TiO₂ film as LPG Sensor at Room Temperature.” Accessed: Apr. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/329775885_Structural_and_Sensing_Characteristics_of_CdS-TiO_2_film_as_LPG_Sensor_at_Room_Temperature
- [4] M. Zhang, X. Liang, Y. Gao, and Y. Liu, “C60- and CdS-Co-Modified Nano-Titanium Dioxide for Highly Efficient Photocatalysis and Hydrogen Production,” *Materials*, vol. 17, no. 5, p. 1206, Mar. 2024, doi: 10.3390/MA17051206/S1.
- [5] A. Rani, A. Verma, A. Singh, and B. C. Yadav, “Monitoring of UV-A radiation by TiO₂/CdS nanohybrid along with the high on-off ratio,” *Sens Actuators A Phys*, vol. 367, p. 115060, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.sna.2024.115060.