FOTOREZISTOR PENTRU REGIUNEA ULTRAVIOLETĂ PE BAZĂ DE STRAT DIN NANOFIRE DE β-Ga_2O_3

β-Ga_2O_3 NANOWIRE – BASED PHOTORESISTOR FOR UV SPECTRAL REGION

Elmira VATAVU, ORCID: 0000-0002-0471-9931
Veaceslav SPRINCEAN, ORCID: 0000-0001-6719-7387
Liliana DMITROGLO, ORCID: 0000-0003-0703-5217
Virginia GURĂU, ORCID: 0000-0001-8843-6316
Mihail CARAMAN, ORCID: 0000-0001-8225-8600
Universitatea de Stat din Moldova

CZU: 621.315.592:539.26

e-mail: elmiracuculescu@gmail.com
e-mail: sprincean@gmail.com
e-mail: dmitrogloliliana@yahoo.com
e-mail: virginia_gurau@yahoo.com
e-mail: mihailcaraman@yahoo.com

Fotodetectorii nesensibili la radiația solară cu lungimi de undă mai mici de 290 nm prezintă un interes deosebit datorită varietăților aplicative civile și militare, inclusiv la detectarea flăcărilor, la investigarea calității apei, aerului, la monitorizarea stratului de ozon, la interceptarea rachetelor, în astrofizică, fotolitografie etc. [1]. În această regiune a spectrului solar se folosesc fotoreceptori pe baza straturilor subțiri din compuși ternari $Mg_xZn_{1-x}O$ și $Al_xGa_{1-x}N$ [2]. Calitatea scăzută a straturilor subțiri din aceste materiale cu concentrație mare de Mg și, respectiv, Al limitează aplicabilitatea lor. Unul din materialele alternative ambelor este semiconductorul β-Ga_2O_3.

În această lucrare se studiază compoziția chimică și unele proprietăți fotoelectrice ale fotorezistorilor planari de β-Ga_2O_3. Straturi compuse din nanofire și nanopanglici de β-Ga_2O_3 (Fig.1) au fost obținute prin tratament termic (TT) în atmosferă îmbogățită cu vapori de apă a lamelor de GaS. Acest compus este format din împachetări planare stratificate S-Ga-Ga-S, cu fisuri de dimensiuni suficiente pentru implementarea atomilor și a moleculelor de aer prin TT la temperaturi înalte. După cum se demonstrează prin măsurări de difracție a razelor X (XRD), spectroscopie EDXS și Raman, lamele de GaS se transformă în plăci din nanoformațiuni de β-Ga_2O_3.

Caracterul tranzițiilor electronice și lărgimea benzii interzise a straturilor de β-Ga_2O_3 au fost determinate din analiza spectrelor de reflexie difuză folosind funcția Kubelka-Munk. S-a stabilit că marginea benzii de absorbție fundamentală a stratului din nanoformațiuni de β-Ga_2O_3 este formată prin tranziții optice directe cu E_g=4,65 eV.

Pentru fabricarea fotorezistorilor au fost preparate plăci din nanofire/nanolame de β-Ga_2O_3 cu dimensiuni 5×7×0,5 mm^3. Pe una din suprafețele acestor plăci au fost depuse, prin evaporare în vid, două fâșii subțiri din Ni, despărțite de un spațiu de β-Ga_2O_3

cu aria 5×2 mm^2. Structurile în ansamblu au fost supuse unui TT suplimentar în vid la temperatura 400 °C timp de 1,5 ore.

Au fost studiate caracteristicile I-U ale stratului din nanofire de β-Ga_2O_3 la tensiuni din intervalul 5-100 V (Fig.2). În intervalul 5-25 V curentul electric prin strat crește liniar odată cu tensiunea. La tensiuni U>25 V se atestă o abatere de la dependența liniară cu

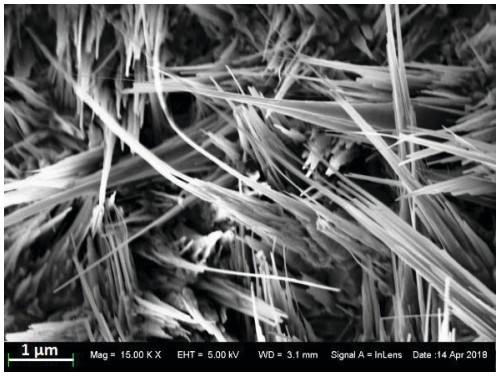


Fig.1. Imaginea SEM a suprafeței stratului din nanoformațiuni β-Ga_2O_3

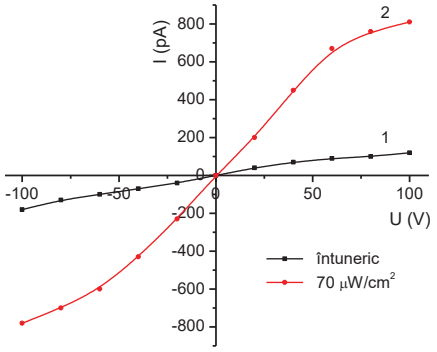


Fig.2. Dependența I-U la întuneric (1) și la iluminarea stratului de β-Ga_2O_3 cu densitatea de 70 µW/cm^2 (2)

o creștere subliniară a curentului. La iluminare cu radiația ansamblului de linii emise de arcul electric în vapori de Hg cu lungimi de undă din intervalul 237-264 nm, intensitatea fotocurentului la tensiunea de 10 V crește față de intensitatea curentului la întuneric de ~20 ori pentru stratul de β-Ga_2O_3 cu grosimea de ~360 µm și de ~50 ori pentru structurile β-Ga_2O_3-GaS.

Caracteristicile curent-iluminare I(L) au fost înregistrate la iluminarea suprafeței eșantionului cu radiația cu lungimi de undă λ≤320 nm, cu densitatea de flux între 6,3-85 µW/cm^2, selectată din spectrul lămpii cu vapori de Hg cu monocromatorul ZMR-3. Densitatea maximală a fascicolului de radiație egală cu 85 µW/cm^2 a fost aproximată cu ajutorul termoelementului Vth-1 cu fereastră din KBr. Intensitatea relativă a radiației UV a fost variată cu ajutorul unui atenuator cu 9 trepte cu straturi subțiri de Pt pe suport din cuarț.

În Figura 3 sunt prezentate caracteristicile I-U la iluminări ale suprafeței stratului din nanofire/nanolame de β-Ga_2O_3 cu densitatea de flux de la 6,3 µW/cm^2 până la 85 µW/cm^2. Intensitatea curentului în rezistor la întuneric la tensiunea aplicată pe electrozi de 50 V este de (3-5)·10^{-12} A. Dependențele I-U în intervalul de tensiuni 0±100 V (Fig.3) la iluminare cu radiație din banda de absorbție a compusului β-Ga_2O_3 pot fi aproximate ca segmente de linie dreaptă, caracteristice pentru materialele cu conductibilitate electrică joasă, cum este oxidul β-Ga_2O_3 nedopat [3].

În Fig.4 este prezentată dependența spectrală a fotocurentului stratului de β-Ga_2O_3 la iluminare cu liniile emise de arcul electric în vapori de Hg în intervalul lungimilor de undă 230÷365 nm. După cum se vede din această prezentare, fotorezistorul pe bază de straturi de nanofire/nanolame de β-Ga_2O_3 manifestă sensibilitate măsurabilă în intervalul de lungimi de undă λ<370 nm. În intervalul lungimilor de undă de la 320 nm până la 370 nm se observă o creștere lentă a fotocurentului care la λ=300 nm atinge pragul de

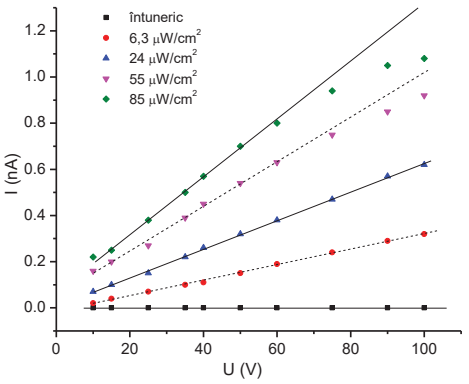


Fig.3. Dependența I-U la iluminări din intervalul densităților de flux 6-85 μW/cm²

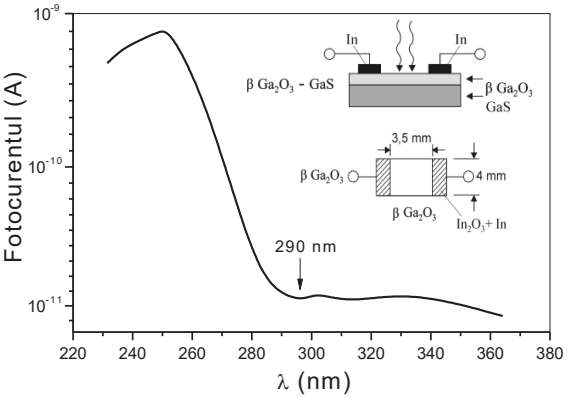


Fig.4. Dependența spectrală a curentului în fotorezistorul pe baza stratului subțire de β-Ga_2O_3

0,3 din valoarea maximală a fotocurentului de la lungimea de undă de 260 nm. Marginea benzii de fotosensibilitate a stratului din nanofire/nanolame de β-Ga_2O_3 se găsește la lungimea de undă 290 nm (4,28 eV). Maximul fotocurentului se găsește în intervalul de lungimi de undă 245-250 nm (5,06÷4,96 eV). Menționăm că lărgimea benzii interzise a stratului de nanoformațiuni de β-Ga_2O_3 determinată din măsurări optice este de 4,65 eV (λ=267 nm).

Concluzii:

1. Lărgimea benzii interzise directe a stratului din nanoformațiuni de β-Ga_2O_3 obținut prin oxidarea lamelor de GaS la temperatura 293 K este egală cu 4,65 eV.

2. Banda de sensibilitate a fotorezistorului pe bază de strat din nanofire/nanolame de β-Ga_2O_3 cuprinde intervalul de lungimi de undă de la frontiera UV-vid până la 290 nm.

Referințe:

1. MONROY, E. et al. Wide-bandgap semiconductor ultraviolet photodetectors. În: *Semicond. Sci. Technol*. 2003, vol. 18, pp. R33-R51. https://doi.org/10.1088/0268-1242/18/4/201.

2. OHTOMO, A. et al. MgxZn1−xO as a II–VI widegap semiconductor alloy. În: *Appl. Phys. Lett*. 1998, vol.72, pp. 2466. https://doi.org/10.1063/1.121384
3. DU, J. et al. Highly sensitive and ultrafast deep UV photodetector based on a β-Ga2O3 nanowire network grown by CVD. În: *J. Phys. D: Appl. Phys.* 2016, vol.49, no.42, pp. 425105.

Articol elaborat în cadrul Proiectelor: „Materiale și structuri multifuncționale pentru detectarea radiațiilor electromagnetice”, cifrul 20.80009.5007.12; „Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu”, cifrul 20.80009.7007.05 și „Materiale nanostructurate avansate pentru aplicații termo-electrice și senzori”. Cifrul: 20.80009.5007.02.