STRUCTURA ȘI MORFOLOGIA STRATURILOR NANOMETRICE DE $ZnSnN_2$ PREPARATE PRIN MAGNETRON SPUTTERING

STRUCTURE AND MORPHOLOGY OF $ZnSnN_2$ NANOMETRIC FILMS PREPARED BY MAGNETRON SPUTTERING

Igor NAROLSCHI, ORCID: 0000-0002-8895-0873
Gheorghe GHILEȚCHII, ORCID: 0000-0002-0791-5567
Alexandr CLIUCANOV, ORCID: 0000-0002-4175-5261
Corneliu ROTARU, ORCID: 0000-0003-0787-4379
Dorin SPOIALĂ, ORCID: 0000-0002-8225-2556
Elmira VATAVU, ORCID: 0000-0002-0471-9931
Oleg ȘAPOVAL, ORCID: 0000-0002-4577-278X
Alexandr BELENCIUC, ORCID: 0000-0001-6828-9638
Liliana DMITROGLO, ORCID: 0000-0003-0703-5217
Elena BERCU, ORCID: 0000-0002-3519-7785
Marin RUSU, ORCID: 0000-0002-1429-0219
Sergiu VATAVU, ORCID: 0000-0001-7328-126X
Universitatea de Stat din Moldova

CZU: 621.793

e-mail: elmira.vatavu@usm.md
e-mail: liliana.dmitroglo@usm.md
e-mail: oleg.sapoval@usm.md
e-mail: alex.belenciuc@usm.md
e-mail: rusu.hzb@gmail.com
e-mail: sergiu.vatavu@usm.md

$ZnSnN_2$ este un material semiconductor de perspectivă pentru optoelectronica contemporană, fiind format din elemente chimice nontoxice și răspândite pe larg în natură. $ZnSnN_2$ este caracterizat de valoarea lățimii benzii interzise de cca 1,7-1,8 eV [1, 2] fiind astfel promițător pentru aplicarea în calitate de absorbant în celulă solară top în structuri fotovoltaice de tip tandem. În general, proprietățile optice sunt mai puțin studiate și la moment multe date sunt lipsă sau contradictorii. Stabilitatea de fază și fizica defectelor în acest semiconductor indică potențiale probleme în creșterea unui compus monofazic. Printre metodele de sinteză se enumeră MBE [3], RF sputtering [4] ș.a., calitatea filmelor obținute fiind puternic influențată de temperatura suportului.

În această lucrare, sunt prezentate rezultate axate pe prepararea filmelor de $ZnSnN_2$ prin DC magnetron sputtering, descrierea teoretică fiind prezentată anterior [5]. În calitate de suporturi au fost folosite placi de sticlă a căror temperatura a fost variată între 30°C și 300°C. În calitate de țintă pentru magnetron a fost folosit aliajul Zn+Sn în raport

[Zn]/[Sn]=50/50 %at. Structura probelor preparate a fost caracterizată folosind GI-XRD (anod de Cu $\lambda_{K\alpha1}$=1,54060Å, $\lambda_{K\alpha2}$=1,54439Å, 0,3°-1,0°), iar morfologia utilizând microscopia de forță atomică în *non-contact mode*. Analiza cantitativă a difractogramelor a fost efectuată cu folosirea metodei Rietveld [6]. Determinarea dimensiunilor nanocristalitelor și a microstrain-ului s-a realizat prin metoda Williamson-Hall [7] cu considerarea pentru funcția de profil a liniei de difracție funcția Pseudo-Voight [8].

Analiza tabloului de difracție a straturilor preparate pe sticlă (Fig.1) a demonstrat formarea materialului semiconductor $ZnSnN_2$, cu structura cristalină ce corespunde rețelei ortorombice Pna21 cu parametrii rețelei cristaline ce depind de temperatura suportului (Tab.).

Tabel

Parametrii rețelei cristaline pentru $ZnSnN_2$/sticlă deteminate din analiza difractogramelor pentru diferite temperaturi ale suportului

			$ZnSnN_2$/sticlă
T_{suport}, °C	*a*, Å	*b*, Å	*c*, Å
34	5,870	6,777	5,474
70	5,872	6,813	5,496
100	5,897	6,772	5,475
150	5,880	6,768	5,469
200	5,855	6,771	5,473
250	5,867	6,776	5,508

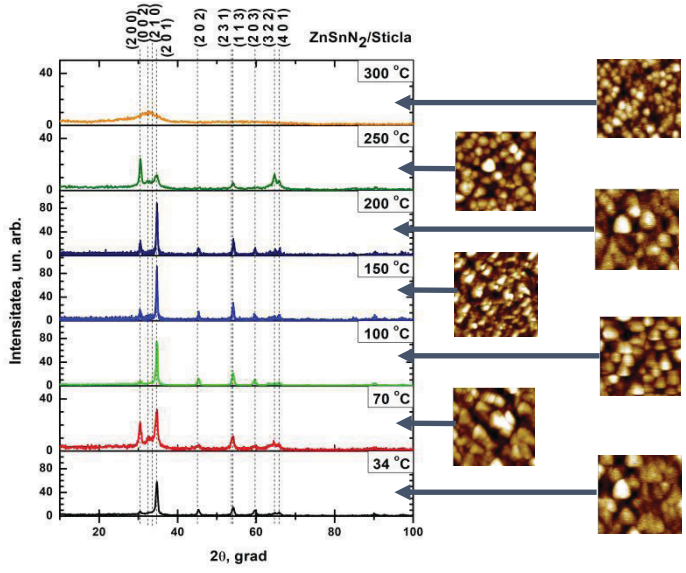


Fig. 1. Difractogramele GI-XRD a structurilor $ZnSnN_2$/sticlă sub unghiuri mici (0,5°) și morfologia suprafeței acestora (500x500 nm^2)

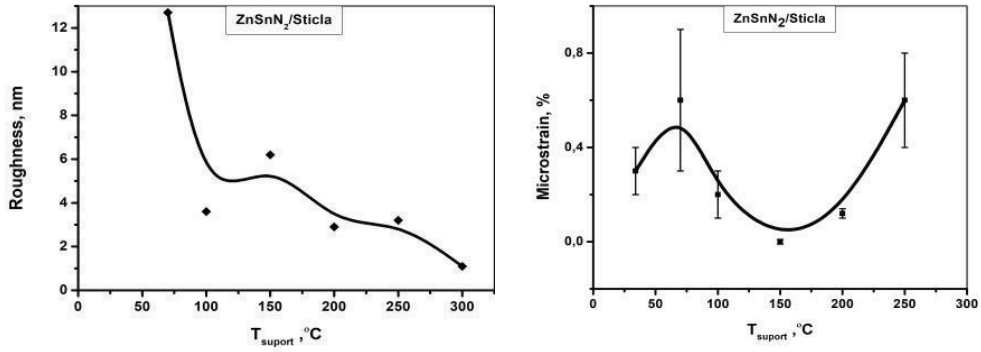


Fig. 2. Rugozitatea și microstrain în funcție de temperatura suportului structurilor $ZnSnN_2$/sticlă

A fost stabilit că dimensiunea cristalitelor variază în limitele 4-16 nm, mărimea lor fiind practic constantă și maximă pentru temperaturile suportului între 100°C și 200°C. Rugozitatea suprafeței denotă o scădere clară de la 13 nm la 2 nm odată cu creșterea temperaturii suportului (Fig.2). Dependența microstrain-ului de temperatura suportului prezintă un minim la 150°C, ce corespunde maximului intensității tabloului de difracție în funcție de temperatura suportului.

Referințe:

1. PUNYA, A., LAMBRECHT, W.R.L. Band offsets between $ZnGeN_2$, GaN, ZnO, and $ZnSnN_2$ and their potential impact for solar cells. In: *Phys. Rev. B.* 2013, vol.88, 075302 6 pp.
2. QUAYLE, P.C., HE, K., SHAN, J., KASH, K. Sinthesis, lattice structure, and bandgap of $ZnSnN_2$. In: *MRS Communications.* 2013, vol.3, pp.135-138.
3. FELDBERG, N. et al. Growth of $ZnSnN_2$ by Molecular Beam Epitaxy. In: *J. Electronic Mat.* 2014, vol.43, pp. 884-888.
4. LAHOURCADE, L. et al. Structural and Optoelectronic Characterization of RF Sputtered $ZnSnN_2$. In: *Advanced Materials.* 2013, vol.25, pp.2562-2566.
5. NAROLSCHI, Ig. et al. Straturi subțiri semiconductoare preparate în sisteme de pulverizare cu magnetron (DC): Teorie vs Experiment (I). In: *Studia Universitatis Moldaviae. Seria „Ştiinţe Exacte şi Economice”*. 2020, nr.7(137), pp.14-18. ISSN 1857-2073.
6. RIETVELD, H.M. A profile refinement method for nuclear and magnetic structures. In: *J. Appl.Cryst.* 1986, vol.2, no.2, pp. 65-71.
7. LANGFORD, J.L. In: PRINCE, E., STALICK, J.K. (Eds.). *Accuracy in Powder Diffraction II, NIST Spec. Publ.* 1992, vol.846, pp.110-126.

8. HILL, R.J., HOWARD, C.J., Quantitative Phase Analysis from Powder Diffraction Data using the Rietveld Method. In: *J. Appl.Cryst.* 1987, vol.20, p.467.

Articol elaborat în cadrul Proiectelor: „Materiale şi structuri multifuncţionale pentru detectarea radiaţiilor electromagnetice”. Cifrul: 20.80009.5007.12 şi „Materiale nanostructurate avansate pentru aplicaţii termoelectrice şi senzori”. Cifrul: 20.80009.5007.02.