



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

- (21) Nr. cerere: **a 2019 00772**
- (22) Data de depozit: **20/11/2019**
- (45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/07/2022** BOPI nr. **7/2022**

(41) Data publicării cererii:
30/04/2020 BOPI nr. **4/2020**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA MATERIALELOR-INCDFM
BUCUREȘTI, STR.ATOMIȘTILOR NR.405A,
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **CIUREA MAGDALENA LIDIA,
STR. EMIL GÂRLEANU, NR.9, BLOC A4,
SC.3, ET. 1, AP.70, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **STĂVĂRACHE IONEL,
STR. FIZICIENILOR, NR.16, BLOC L3, SC.1,
ET.2, AP.18, MĂGURELE, IF, RO;**

• **LEPĂDATU ANA MARIA,
STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII, NR.3,
BRAGADIRU, IF, RO;**
• **LAZANU SORINA, STR.PAȘCANI, NR.3,
BL.D6, SC.F, AP.56, S6, BUCUREȘTI, B,
RO;**
• **TOMA STOICA, STR.SERGEANT LATEA
GHEORGHE, NR.18, SC.B, ET.7, AP.9,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**J. ZHENG, S. WANG, T. ZHOU, Y. ZUO
ET.AL., "SINGLE CRYSTALLINE
Si_xGe_{1-x-y}Sn_y ALLOYS ON Si(100) GROWN
BY MAGNETRON SPUTTERING",
OPTICAL MATERIAL EXPRESS, VOL.5,
No.2, 1, PP.287-294, 2015; RO 2018 00893**

(54) **STRAT SUBȚIRE DE SiGeSn NANOCRISTALIN
FOTOSENSIBIL ÎN SPECTRUL VIS-SWIR ȘI PROCEDEU
DE REALIZARE A ACESTUIA**



RO 134049 B1

1 Invenția se referă la un material sub formă de strat subțire (film) format din
nanocristale (NC) ale aliajului $(\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5})_{0.91}\text{Sn}_{0.09}$ cu proprietăți fotosensibile în intervalul
3 0,60...1,35 μm din VIS-SWIR (în domeniul de lungimi de undă scurte din infraroșu) și la un
procedeu de realizare a acestuia.

5 S-a demonstrat că prin alierea între Ge și Sn cu concentrație mare, de peste 8% în
GeSn, se obține un material cu bandă interzisă directă, destinat aplicațiilor optoelectronice,
7 [D. Stange, S. Wirths, N. Von Den Driesch, G. Mussler, T. Stoica, Z. Ikonc, J. M.
Hartmann, S. Mantl, D. Grutzmacher, D. Buca, ACS Photon, 2,1539-1545 (2015); S.
9 Dominici, H. Wen, F. Bertazzi, M. Goano, E. Bellotti, Opt. Express, 24, 26363 (2016)].

11 Alierea de Ge cu Sn conduce de asemenea la scăderea benzii interzise în raport cu
cea a germaniului și astfel aliajul GeSn este fotosensibil la lungimi de undă mai mari decât
Ge. În prezent, în acest domeniu spectral sunt folosiți detectori comerciali pe bază de
13 compuși III-V, care sunt toxici pentru mediu. Principala dificultate în obținerea filmelor de
GeSn cu conținut mare de Sn este legată de segregarea β -Sn, determinată de diferența
15 mare între energiile de suprafață ale Ge-lui și Sn-lui și de solubilitatea slabă a Sn-lui în Ge
și anume 1% în aliajul de volum. În film, aliajul ternar SiGeSn realizat prin adăugarea de Si
17 este mai stabil din punct de vedere termic deoarece Si produce scăderea tensiunilor (strain)
în jurul atomilor de Sn, reducând efectul de segregare a Sn-lui, crescând stabilitatea termică.

19 Epitaxia cu fascicol molecular (MBE) a fost intens raportată în literatură ca metodă
pentru obținerea straturilor nanocristaline de SiGeSn pentru aplicații în optoelectronică,
21 exemple semnificative fiind referințele: C. Clausen, I. Fischer, D. Wellshaupt, F. Baerwolf,
B. Tillack, G. Colson, M. Myronov, M. Oehme, J. Schulze, Semicond. Sci. Technol. 33,
23 124017 (2018); V. Timofeev, A. Nikiforov, A. Yakimov, V. Mashanov, I. Loshkarev, A.
Bloskin, V. Kirienko, V. Novikov and K. Kareva, Semicond. Sci. Technol., 34, 014001
25 (2019); C. Clausen, I. Fischer, D. Weisshaupt, F. Baerwolf, B. Tillack, G. Colson, M.
Myronov, M. Oehme, J. Schulze, Semicond. Sci. Technol., 33,124017 (2018); V. A.
27 Timofeev, A. I. Nikiforov, A. R. Tuktamyshev, V. I. Mashanov, I.D. Loshkarev, A. A
Bloskin and A. K. Gutakovskii, Nanotechnology 29,154002 (2018).

29 Mai multe grupuri raportează straturi de SiGeSn crescute prin pulverizare cu
magnetron (MS), de exemplu: Y. Zhang, J. Zheng, Z. Liu, C. Xue, C. Li, Y. Zuo, B. Cheng,
31 Q. Wang, Jap. J. Appl. Phys., 57, 106504 (2018); S. Wang, J. Zheng, C. Xue, C. Li, Y.
Zuo, B. Cheng, Q. Wang, Superlatt & Microstr. 111, 286 (2017), unele dintre acestea fiind
33 crescute epitaxial, [J. Zheng, S. Wang, H. Cong, C.S. Fenrich, Z. Liu, C. Xue, C. Li, Y.
Zuo, B. Cheng, J.S. Harris, Q. Wang, Optics Lett. 42,1608 (2017); J. Zheng, S. Wang,
35 T. Zhou, Y. Zuo, B. Cheng, and Q. Wang, Optical Mat. Express 5, 287 (2015)].

37 În literatura de specialitate există publicații care se referă la îmbunătățirea efectului
laser în heterostructuri pe bază de GeSn și SiGeSn obținute prin depunere chimică din faza
de vapori (CVD), aceasta fiind o tehnică industrială intens studiată în vederea obținerii de
39 straturi epitaxiale de GeSn și SiGeSn pe suporturi de Ge virtuali (c-Si cu strat tampon/buffer
de Ge), exemple semnificative fiind articolele: T. Fujisawa, M. Arai, K. Saitoh, Optics
41 express 27, 2457 (2019); D. Stange, N von der Driesch, T. Zabel, F Armand-Pilon, D.
Rainko, B. Marzban, P. Zaumseil, J.M. Hartmann, Z. Ikonc, G. Capellini, S. Mantl, H.
43 Sigg, J. Witzens, D. Gruetzmacher, D. Buca, ACS Photonics 5, 4628 (2018); J. Margetis,
Y. Zhou, W. Dou, P.C. Grant, B. Alharthi, W. Du, A. Wadsworth, Q. Guo, H. Tran, S. Ojo,
45 G. Abernathy, A. Mosleh, S.A. Ghetmiri, G.B. Thompson, J. Liu, G. Sun, R. Soref, J.
Toile, B. Li, M. Mortazavi, S.-Q. Yu, Appl. Phys. Lett. 113, 221104 (2018); R. Khazaka,
47 E. Nolot, J. Aubin, J-M. Hartmann, Semicond. Sci. Technol. 33,124011 (2018).

RO 134049 B1

Metodele coloidale prezintă avantajul unui bun control al dimensiunii nanocristalelor (NC), dar încorporarea de NC în straturile dispozitivelor prezintă dificultăți.	1
O altă metodă ieftină este metoda sol-gel, dar dificultățile sunt legate de producerea structurilor multistrat cu controlul grosimii și al dimensiunii NC-lor, [A. M. Lepădatu, I. Stavarache, T. F. Stoica, M. L. Ciurea, Dig. J. Nanomater. Bios. 6, 67 (2011)].	3 5
Folosirea de NC de SiGeSn este de interes datorită posibilității de a extinde controlat domeniul de fotosensibilitate în SWIR prin ajustarea dimensiunii și formei NC-lor. Absorbția luminii în NC de SiGeSn este influențată de efectul de confinare cuantică care determină modificarea coeficientului de absorbție optică, limita de absorbție deplasându-se către energii mai mari odată cu scăderea dimensiunii NC-lor. În plus, pentru prepararea lor se utilizează tehnici versatile, ieftine, ecologice și compatibile cu tehnologia Si. Ca urmare, SiGeSn nanocristalin este un competitor promițător în raport cu compușii III-V, folosiți pe scară largă în prezent în aplicații de optoelectronică în SWIR.	7 9 11 13
Brevetele de invenție publicate care se referă la filme de SiGeSn au ca obiect prepararea filmelor, proprietățile de fotosensibilitate și aplicațiile în dispozitive optoelectronice. După știința noastră nu există brevete care se referă la SiGeSn nanocristalin.	15
Un număr de brevete raportate se referă la prepararea filmelor SiGeSn prin diferite metode. În documentele de brevet US 9,171,718 B2/2015 și CN 103839789 A/2014 se descrie obținerea prin CVD de straturi epitaxiale de SiGeSn cu suprafețe curate pentru aplicații de fotodetectori și respectiv- depunerea prin CVD de straturi de SiGeSn pe arie selectată. O altă metodă de obținere a filmelor de SiGeSn este implantarea de Sn în SiGe, descrisă în brevetul CN 106328502 B/2019 .	17 19 21
În brevetul US 9,331,200 B1/2016 se prezintă fabricarea unor structuri multistrat cu straturi epitaxiale. Noi dispozitive microelectronice, optice, laseri și detectori în infraroșu se obțin (brevetul US 8,029,905 B2/2011) prin depunerea tip CVD de straturi de $Ge_{1-x-y}Si_xSn_y$ cu $0,01 < y < 0,11$, și $0,26 < x < 0,35$ pe substrat de Si acoperit cu un strat tampon (buffer) de SiGe. Structurile obținute sunt relaxate datorită stratului buffer de SiGe, depus direct pe Si.	23 25 27
În documentul de brevet US 2017/0121845 A1 se revendică obținerea prin CVD a straturilor epitaxiale de GeSn/SiGeSn cu densitate mică de dislocații ($< 6 \text{ cm}^{-2}$), cu structură de benzi directă, crescute la temperatură joasă, departe de echilibrul termodinamic, pe un strat buffer de Ge depus pe substratul de Si.	29 31
Alte documente de brevet sunt dedicate folosirii acestor straturi în dispozitive electronice, fotonice și fotovoltaice pentru detecția și emisia de lumină.	33
În documentele de brevet CN 103839827A/2014 și CN 103840005 A/2014 se descrie fabricarea prin depunere MS a unor tranzistori MOSFET și respectiv FinFET în care sursa și drena sunt fabricate din SiGeSn iar poarta din SiGe, iar în documentul de brevet CN 105070755 A/2015 se prezintă obținerea unui tranzistor cu efect de câmp cu tunelare în care sursa și drena sunt din SiGeSn iar canalul este de GeSn. În prezent, un interes deosebit se acordă dezvoltării de laseri pe bază de GeSn și SiGeSn pentru IR în domeniul de lungimi de undă corespunzător comunicațiilor.	35 37 39 41
În brevetul CN 107342535 B/ 2019 se raportează obținerea de laseri cu gropi cuantice pe bază de GeSn/SiGeSn. Mai multe brevete se referă la obținerea de fotodetectori și de dispozitive cu gropi cuantice cu rol de modulare a lungimii de undă. Un astfel de dispozitiv se prezintă în brevetul US 7,582,891 B2/2009 în care pentru modularea absorbției și a indicelui de refracție în infraroșu se propune folosirea de filme de GeSn depuse prin CVD direct pe substrat virtual de Si, peste care se depun straturi de SiGeSn cu diferite compoziții.	43 45 47

RO 134049 B1

1 Straturile de SiGeSn permit decuplarea ingineriei de reducere a strain-ului de cea de
2 reducere a benzii interzise. Astfel, brevetul **US 7,582,891 B2/2009** se referă la producerea
3 unor dispozitive fotonice bazate numai pe materiale din grupa a IV-a, de la laseri la
4 fotodetectori, într-un domeniu larg de lungimi de undă în infraroșu (1,4...1,9 μm).

5 În documentul **US 2017/0155452 A1** se descrie un dispozitiv de modulare a lungimii
6 de undă care conține un ghid de undă din SiGeSn. Brevetele **US 7,603,016 B1/2009** și
7 **US 7,907,848 B1/2011** se concentrează asupra realizării unui aparat și a metodei de
8 obținere a acestuia, pentru comunicații optice cu energie mică / bit transmis, pentru domeniul
9 de lungimi de undă de 1,5...2,0 μm. Aparatul conține o diodă laser, un dispozitiv de modulare
10 a lungimii de undă și un detector care sunt integrate în tehnologie CMOS pe placheta de Si.
11 Toate aceste dispozitive folosesc compuși binari de GeSn și SiGe sau ternari de SiGeSn.

12 În documentul **EP 2745330 A1/2014**, pentru realizarea unui dispozitiv fotovoltaic se
13 folosește un film de tip n, fie de GeSn fie de SiGeSn în contact cu un strat de GaAs dopat
14 tip p. În brevetul **US 9,530,911 B2/2016** se prezintă, de asemenea, realizarea unei celule
15 fotovoltaice cu eficiență ridicată pe bază de SiGeSn dispus între două straturi
16 semiconductoare de bandă interzisă mai largă.

17 Există însă foarte puține brevete privitoare la fotodetectori cu SiGeSn. De exemplu,
18 documentul **US 2012/0025212 A1** propune realizarea unei fotodiode cu strat activ de GeSn
19 integrate direct pe Si de tip p+, fotosensibilă până la 1750 nm, acoperind întreaga bandă de
20 comunicații optice. Brevetul **US 9,876,127 B2/2018** prezintă o structură specială de
21 fotodetector, cu două regiuni care reflectă lumina și cu o regiune cu gropi cuantice de
22 SiGeSn. În documentul **JP 2015156430 A/2015** se revendică un fotodetector (dioda pin) cu
23 straturi policristaline de SiGeSn având banda interzisă directă, fotodetector sensibil în
24 domeniul comunicațiilor optice, centrat pe 1,55 μm. Filmele policristaline se obțin din filme
25 amorfe, depuse prin CVD, MBE sau MS și tratate termic în gaz inert. Mai multe brevete
26 menționează fabricarea de fotodiode pe bază de SiGeSn pentru aplicații dedicate
27 (**US 7,582,891 B2/2009**; **US 8,029,905 B2/2011**; **US 9,171,718 B2/2015**). Au fost de
28 asemenea propuse dispozitive optoelectronice multijoncțiune, una dintre joncțiuni fiind din
29 aliaje ale elementelor din grupa a IV-a, ca de exemplu GeSn/SiGeSn (brevetul
30 **US 2017/0141256 A1**). După depunere, structura multistrat este extrasă de pe substrat și
31 depusă pe suport flexibil, obținându-se un dispozitiv fotovoltaic sau LED.

32 Documentul: **Jun Zheng, Suyuan Wang, Tianwei Zhou, Yuhua Zuo et al., "Single**
33 **Crystalline $Si_xGe_{1-x-y}Sn_y$ alloys on Si(100) grown by magnetron sputtering", Optical**
34 **Materials Express, Vol. 5, No.2, 1 feb. 2015, pag. 287-294**, prezintă de asemenea un
35 procedeu de depunere pe substrat de siliciu a unui aliaj tip SiGeSn, în particular cu 9,9 %
36 Sn și 5,1 % Si, pe un substrat de (100) Si prin pulverizare în câmp magnetron la o presiune
37 de 3 mTorr, cu încălzirea substratului la 400 °C și pulverizarea unei ținte de Ge, cu depune-
38 rea unui strat subțire de Ge, răcirea ansablului: substrat-depunere la 150 °C, cu pulverizarea
39 și a unor ținte de Si și Sn și formarea unui strat de $Si_xGe_{1-x-y}Sn_y$ crescut epitaxial, de cca
40 0,27 μm, produsul obținut fiind apoi recopt la o temperatură cuprinsă între 400 și 700 °C.

41 Prin documentul **RO 2018 00893**, este cunoscută și o structură pe bază de
42 nanocristale de GeSn imersate în matrice de SiO₂, pentru fotodetecție în domeniul lungimilor
43 de unde scurte din infraroșu SWIR, și anume, tip electrod ITO/GeSn în SiO₂/Si/Al, stratul
44 activ fiind format din nanocristale de GeSn imersate în SiO₂, iar electrozii fiind dispuși în
45 structură sandwich, pe fața structurii fiind un electrod transparent de ITO, structură care se
obține folosind codepunerea prin pulverizare cu magnetron de Ge, Sn și SiO₂ pe substrat de

RO 134049 B1

Si, urmată de un tratament termic rapid, pentru nanocristalizarea GeSn din stratul activ, peste care se depune prin pulverizare în câmp magnetron electrodul transparent din ITO, iar în final se depune prin evaporare termică în vid și electrodul de Al pe spatele plachetei de Si, structura dobândind proprietăți de fotodetecție în domeniul SWIR 1,3...2,4 μm.	1
Problema tehnică pe care o rezolvă invenția propusă este obținerea unui film de SiGeSn nanocristalin (format din NC de SiGeSn), cu fotosensibilitate controlată în domeniul spectral 0,60...1,35 μm, având ca aplicație senzorii optici pentru VIS-SWIR.	3
Stratul subțire de SiGeSn nanocristalin fotosensibil în spectrul VIS-SWIR, din aliaj $Si_xGe_{1-x-y}Sn_y$ nanocristalin, depus pe substrat de (100) Si, conform invenției, rezolvă această problemă tehnică prin aceea că aliajul $Si_xGe_{1-x-y}Sn_y$ este de tip $(Si_{0,5}Ge_{0,5})_{0,91}Sn_{0,09}$ și are domeniul de fotosensibilitate extins de la 0,6 μm în VIS până la 1,35 μm în SWIR.	5
Procedeul de obținere a unei structuri stratificate cu strat subțire de SiGeSn nanocristalin fotosensibil în spectrul VIS-SWIR depus pe un substrat de (100) Si, conform invenției, rezolvă problema tehnică menționată prin aceea că cuprinde etapele de : curățare a plachetei de (100) Si utilizată ca substrat, producerea pe aceasta a unui strat subțire fotosensibil în SWIR din aliaj $Si_xGe_{1-x-y}Sn_y$ nanocristalin cu $y \approx 0,09$ și cu grosimea de minim 170 nm, prin pulverizare cu magnetron la o presiune de câțiva mTorr a două ținte conținând atomi de Si, Ge și Sn, în regim continuu, la parametri de putere adecvați și tratarea termică rapidă a stratului subțire obținut în atmosferă protectoare la o temperatură de 510-525 °C, pentru formarea de nanocristale de SiGeSn, fiind caracterizat de faptul că curățarea plachetei de Si utilizată ca substrat este realizată în cameră albă prin ultrasonare timp de 15 minute în acetonă și 15 minute în propanol și uscare în flux de N_2 de puritate 5N, depunerea prin pulverizare cu magnetron este realizată în atmosferă de Ar de puritate 6N și flux de 25 sccm, la o presiune de lucru de 4 mTorr, prin copulverizarea a două ținte, una de $Si_{0,5}Ge_{0,5}$ și alta de Sn, aplicând pe ținte puterile de 50 W și respectiv de 7 W curent continuu, reglate adecvat formării unui film nanocristalin tip $(Si_{0,5}Ge_{0,5})_{0,91}Sn_{0,09}$, tratamentul termic rapid este realizat în atmosferă de Ar (6N), timp de 8...10 min, iar după tratamentul termic este depus un electrod de oxid de indiu și staniu (ITO) de grosime 70...80 nm prin pulverizare cu magnetron pe filmul de SiGeSn și a unui electrod de Al, prin evaporare termică în vid pe spatele substratului de Si, pentru măsurări de fotoresponsivitate.	7
Invenția propusă are următoarele avantaje în raport cu materialele și procedeele similare raportate în literatură:	11
- nanocristalele de SiGeSn permit extinderea domeniului de fotosensibilitate în SWIR prin ajustarea dimensiunii și formei acestora;	13
- prin varierea indicilor de compoziție x și y ai $(Si_yGe_{1-y})_{1-x}Sn_x$ se poate extinde în mod controlat fotosensibilitatea materialului în SWIR;	15
- folosirea metodei de depunere MS permite realizarea de straturi uniforme pe arie mare, costurile implicate fiind mici în raport cu metodele CVD și MBE;	17
- în procedeul de realizare a materialului se folosesc procese tehnologice controlate.	19
Invenția este prezentată pe larg în continuare în legătură și cu figura atașată care reprezintă responsivitatea spectrală a filmului de $(Si_{0,5}Ge_{0,5})_{0,91}Sn_{0,09}$ nanocristalin depus pe substrat de Si prin MS și ulterior tratat termic prin tratament termic rapid (RTA), măsurată la temperatura camerei folosind o lampă de 70 W. În continuare se prezintă un exemplu de realizare a invenției.	21
Conform procedeului conform invenției, plachetele de (100) Si de tip p, cu rezistivitate 10...20 Ωcm, se curăță în camera albă prin ultrasonare timp de 15 min în acetonă și apoi 15 min în propanol, după care se usucă în flux de N_2 de puritate 5N. Substratul de Si curățat se așează pe suportul de probe al echipamentului MS, care se rotește în timpul depunerii cu 10 rot/min pentru a asigura uniformitatea stratului depus.	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47
	49

RO 134049 B1

1 Se depune un strat de 170...220 nm grosime prin codepunerea de $\text{Si}_{0,50}\text{Ge}_{0,50}$ și de
3 Sn din două ținte diferite. Depunerea MS a filmului se realizează pe suport de Si menținut
la temperatura camerei, în atmosferă de Ar de puritate 6N și flux 25 sccm, cu presiunea de
5 lucru de 4 mTorr. Puterile aplicate pe ținte în timpul depunerii sunt de 50 W DC pe ținta de
7 $\text{Si}_{0,5}\text{Ge}_{0,5}$ și de 7 W DC pe ținta de Sn. Straturile astfel obținute au fost apoi tratate termic în
9 instalația RTA la temperatura de 510...525 °C, timp 8...10 min, în atmosferă de Ar de puritate
6N. Pentru măsurarea responsivității, pe filmul de SiGeSn (fața probei) se depune prin MS
un contact transparent de ITO de grosime 70...80 nm, iar pe spatele substratului de Si se
depune un electrod de Al prin evaporare termică în vid.

11 Filmul conform invenției are proprietăți fotosensibile ilustrate în fig. 1, în care se
13 prezintă responsivitatea spectrală a filmului de SiGeSn nanocristalin, măsurată în
următoarea configurație: contact transparent de ITO/film de SiGeSn nanocristalin/substrat
de Si/contact de Al. Măsurarea s-a efectuat la temperatura camerei, folosind ca sursă de
15 lumină o lampă de 70 W. Domeniul de fotosensibilitate se extinde din vizibil până la 1,35 μm
în SWIR, iar responsivitatea prezintă un palier în valoare de 57...85 mA/W în domeniul de
lungimi de undă de 0,75...1,10 μm .

RO 134049 B1

Revendicări

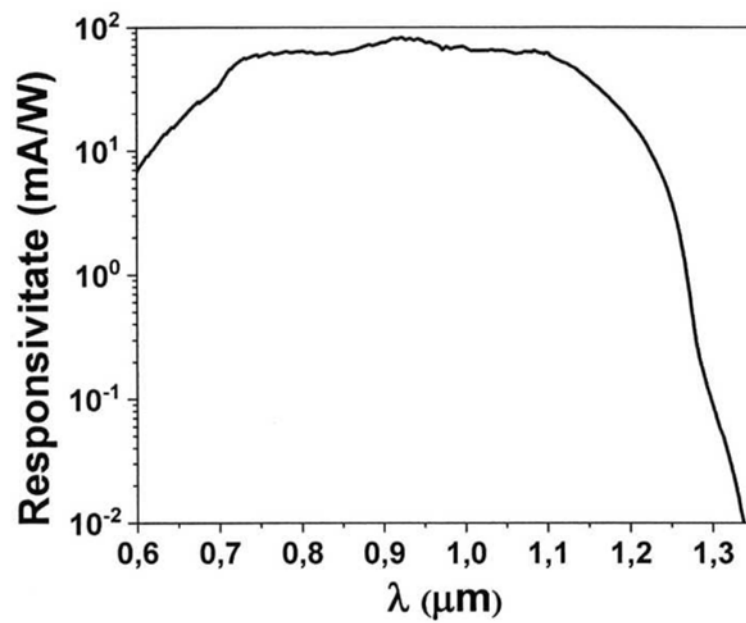
1. Strat subțire de SiGeSn nanocristalin fotosensibil în spectrul VIS-SWIR, din aliaj $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_y$ nanocristalin cu $y \approx 0,09$ și cu grosimea de minim 170 nm, depus pe substrat de (100) Si, **caracterizat prin aceea că**, aliajul $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_y$ este de tip $(\text{Si}_{0,5}\text{Ge}_{0,5})_{0,91}\text{Sn}_{0,09}$.
2. Procedeu de obținere a unei structuri stratificate cu strat subțire de SiGeSn nanocristalin fotosensibil în spectrul VIS-SWIR depus pe un substrat de (100) Si, care cuprinde etapele: curățare a plachetei de (100) Si utilizată ca substrat, producerea pe aceasta a unui strat subțire fotosensibil în SWIR din aliaj $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x-y}\text{Sn}_y$ nanocristalin cu $y \approx 0,09$ și cu grosimea de minim 170 nm, prin pulverizare cu magnetron în regim continuu, aplicând o tensiune electrică adecvată, pulverizarea fiind efectuată la o presiune de câțiva mTorr folosind două ținte de SiGe și Sn și tratare termică rapidă a stratului subțire obținut în atmosferă protectoare la o temperatură de 510...525°C, pentru formarea de nanocristale de SiGeSn, **caracterizat prin aceea că**, curățarea plachetei de Si utilizată ca substrat este realizată în cameră albă prin ultrasonare timp de 15 minute în acetonă și 15 minute în propanol și uscare în flux de N_2 de puritate 5N, depunerea prin pulverizare cu magnetron este realizată în atmosferă de Ar de puritate 6N și flux de 25 sccm, la o presiune de lucru de 4 mTorr, prin copulverizarea a două ținte, una de $\text{Si}_{0,5}\text{Ge}_{0,5}$ și alta de Sn, aplicând pe ținte puterile de 50 W și respectiv de 7 W curent continuu, ajustate adecvat formării unui film nanocristalin $(\text{Si}_{0,5}\text{Ge}_{0,5})_{0,91}\text{Sn}_{0,09}$, tratamentul termic rapid este realizat în atmosferă de Ar (6N), timp 8...10 min, iar după tratamentul termic este depus un electrod de oxid de indiu și staniu (ITO) de grosime 70...80 nm prin pulverizare cu magnetron pe filmul de SiGeSn și a unui electrod de Al prin evaporare termică în vid pe spatele substratului de Si, pentru măsurări de fotoresponsivitate.

(51) Int.Cl.

C23C 14/34 (2006.01),

H01L 31/0236 (2006.01),

H01L 21/203 (2006.01)



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 342/2022