

CZU 621.315.592

SENSORI DE RADIAȚIE UV PENTRU INGINERIA BIO-MEDICALĂ

Ion Ababii, academician; **Efim Aramă**, prof.dr.hab.; **Ion Jeru**, conf.dr.
(Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie "N. Testemițanu", Moldova)
Vasile Jitari, prof.dr.hab.; **Tatiana Shemyakova**, conf.dr.
(Institutul de Fizică Aplicată, Moldova)

Sunt prezentate rezultatele elaborării, construirii și implementării detectorului de radiație ultravioletă (UV) cu sensibilitate înaltă, care se utilizează la dispozitivele portative pentru măsurarea intensității și dozei de radiație. Fotoreceptorii posedă stabilitate înaltă la iradiere și în legătură cu aceasta au multiple aplicații practice, inclusiv pentru construirea detectorului de radiație Reontgen și a traductorului pentru înregistrarea densității fluxurilor de electroni. Parametrii optimi dau posibilitatea de a utiliza detectorul în medicină, biologie, ecologie și agricultură.

Introducere

Radiația ultravioletă (UV) a spectrului acționează efectiv asupra activității vitale a plantelor și a organismelor vii. Acest fapt condiționează aplicarea ei largă în biologie, medicină, agricultură și ecologie. Conform opiniei [1] radiația UV se divizează în trei domenii: UVA, UVB și UVC. Ultravioletul - UVA ($I=320\div 400$ nm) face parte din radiația solară, ce ajunge la suprafața Pământului, și are un eritem slab; UVB ($I=280\div 320$ nm) are acțiune asupra pielii, producând un eritem mai pronunțat urmat de pigmentație; ultravioletul UVC ($I=220\div 280$ nm) are acțiune net dăunătoare asupra materiei vii.

Marea majoritate a mediilor biologice vegetale și animale absorb radiația UV cu o lungime de undă mai mică de 230 nm. Proteinele absorb radiațiile cu lungimea de undă $I\leq 275$ nm; acizii nucleici și grăsimile sunt de asemenea absorbante. Este suficient de menționat că și ochiul uman se expune de-a lungul vieții radiației UV ce face parte din spectrul radiației solare. Funcția principală a polului anterior ocular (a corneei și cristalinului) este de a focaliza această radiație pe retină, constituind totodată și un filtru eficient pentru UVA și UVB, protejând retina de acțiunea lor dăunătoare. Radiația cu lungime de undă $I=295$ nm este absorbită complet de cornee. Cristalinul absoarbe radiațiile UVA și UVB ($295\div 400$ nm) care traversează corneea și pot avea efecte fototraumatice asupra proteinelor structurale cristaline. Expunerea prelungită (doză mare) a cristalinului la radiația UV duce la o deteriorare fotochimică cumulativă, provoacă oftalmia actinică, cataracta, distruge retina, ducând la orbire. Mecanismul prin care radiația UVA și UVB produc cataracta nu este prea clar; procese de natură biochimică și biologică pot avea loc între

momentul fotochimic și formarea cataractei [2]. Există numeroase studii epidemiologice și de laborator care demonstrează că fotonii de radiație UV care ating ochul (în special UVB) sunt intens cataractogeni pentru cristalinul uman. Această constatare a generat un mare interes pentru mecanismul acțiunii radiației UVB asupra proteinelor cristalinului, și mai nou, asupra ADN -ului celulelor epiteliale din cristalin. În literatura de specialitate există studii ce arată că radiația UV determină schimbări în structura proteinelor cristalinului, care pot modifica interacțiunile acestora, răspunzătoare pentru menținerea transparenței cristalinului în vivo [3].

În aceeași ordine de idei radiația UV în doze optime, stimulează dezvoltarea organismelor tinere și împiedică apariția rahitismului și a anemiei, iar radiația care are un maximum de circa $\lambda=300$ nm la o anumită doză provoacă cancerizarea. Efectul acestui tip de radiație asupra plantelor de asemenea depinde de doză.

În contextul celor menționate este evidentă necesitatea aprecierii exacte a dozei de radiație UV. Interesul sporit față de receptorii de radiație UV s-a intensificat considerabil în ultimii ani. Acest interes este pe deplin justificat, dat fiind faptul că domeniul spectral menționat, în comparație cu alte subdiapazoane spectrale, în special cele ale luminii vizibile, este insuficient asigurat cu detectori de dimensiuni mici și relativ iefteni.

În prezent pentru domeniul UV sunt propuse câteva modele de detectori. Pentru aplicarea mai extinsă sunt necesare aparate portative cu fotoreceptori din structuri semiconductoare. Ele întrunesc un șir de calități necesare: sunt de dimensiuni mici, posedă siguranță garantată, au alimentare autonomă [4]. De exemplu, autorii lucrării [5] propun detectori cu bariere la suprafață pe pelicule epitaxiale *n-n+-GaP*. Pe baza lor este confecționat măsurătorul radiației UV UVR-21. În calitate de avantaj în lucrare se menționează simplitatea producerii și exploarării lor. Cercetătorii din IFS al AȘ din Ucraina propun pentru realizare fotodiozi confecționați pe baza peliculelor calcogenizilor de cadmiu ce pot fi aplicați pentru înregistrare UV în diferite subdiapazoane de lungimi de undă [6]. În lucrare se propun diferiți detectori pentru acest domeniu spectral pe baza multisulfizilor stratificați [7,8]. Tehnologia preparării monocristalelor stratificate este simplă, iar metoda aprecierii caracteristicilor tehnice este descrisă în lucrările [9-11]. Pentru subdiapazonul bactericid sunt elaborați fotorezistori pe baza oxidului și sulfidului aluminaților de cadmiu (*CdAl₂S (O₂)*) [12].

Un UVimetru analogic cu cei menționați a fost elaborat, construit și implimentat de către colaboratorii Universității de Stat de Medicină și Farmacie "Nicolae Testemițanu", catedrele Otorinolaringologie, Biofizică, Informatică și Fiziologia Omului în colaborare cu Institutul de Fizică Aplicată al AȘ a Moldovei.[7,13-15].

Metodica experimentului

Una dintre proprietățile de bază ale materialelor semiconductoare utilizate pentru elaborarea detectorilor de radiație UV este prezența benzii interzise largă ($E_g \geq 3.0$ eV) necesară pentru a exclude ori a reduce la minimum sensibilitatea la radiație vizibilă și infraroșie. Această cerință este satisfăcută de compușii $Zn_3In_2S_6$ (a), $Zn_3GaIn_6S_6$ (b) și $Zn_3AlIn_2S_6$ (c) ce fac parte din familia calcogenizilor cu structură cristalină în straturi și au lărgimea benzii interzise egală cu 3.05, 3.25, și 3.37 eV corespunzător [10,14]. Pe baza acestor materiale sunt elaborați fotoreceptori cu caracteristica spectrală dreptunghiulară (II), care au sensibilitate înaltă în limita cuantelor cu energia mai mare decât lărgimea benzii interzise $hn > E_g$. Această proprietate este caracteristică pentru materialele susmenționate datorită vitezei mici de recombinare la suprafață în acești semiconductori. Procesul de elaborare și construire a fotoreceptorilor se descrie în lucrările [13-16]. Au fost folosite monocristale lamelate cu aria suprafeței $S \geq 100$ mm², care se despică ușor pînă la grosimi 10÷500 μm.

În calitate de structură fotosensibilă servesc diode Schottky cu bariera la suprafață (SBS), care au următoarele avantaje de principiu:

- fotosensibilitate înaltă într-o gamă spectrală largă de lungimi de undă;
- nu este necesară sursa electrică, deoarece fotocurentul este generat pe baza radiației ce se recepționează;
- caracteristica Luxamperice (CLA) este liniară într-un interval mare al fluxului recepționat;
- tehnologie simplă de confecționare.

Studiul caracteristicilor SBS a fost efectuat cu eșantioane pe baza monocristalelor stratificate $ZnIn_2S_4$ [9,10].

În calitate de contact redresor, s-a utilizat pelicula de Pt cu grosimea 10-15 nm, cu transparență uniformă în domeniul UV apropiat. Drept contact ohmic a servit pelicula de ITO (amestec de SnO_2 și In_2O_3). Ambele contacte s-au depus pe planele cristalografice (0001) situate de o parte și de alta a lamelilor cu grosimea 10-20 μm prin metoda evaporării termice în vid. În cazul detectorului pe bază compusului $CdAl_2S(O_2)$ s-au depus contacte coplanare.

Rezultatele și discuția lor

În figura 1 sunt prezentate distribuiri spectrale normate ale semnalului fotoelectric SBS pe baza multisulfizilor a, b și c la temperatura de cameră (T=300 K), distribuie mai largă și cu o deplasare mai pronunțată în domeniul lungimilor de undă mici în comparație cu spectrele fotoconductibilității. Aceasta se explică prin scurgerea de sarcină în regiunea contactului structurilor respective.

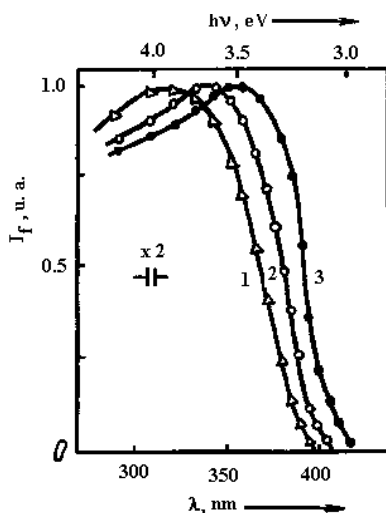


Fig. 1. Dependența spectrală a fotorăspunsului diodelor Schottky pe baza compușilor Zn_3InAlS_6 (1), Zn_3InGaS_6 (2) și $Zn_3In_2S_6$ (3) cu contact redresor

Valoarea benzii interzise E_g a compușilor 1, 2 și 3 crește în ordinea nominalizării lor, iar maximum distribuției spectrale a semnalului se deplasează în direcția de unde scurte ale spectrului. După cum se vede din fig. 1 spectrul fotosensibilității SBS pe baza semiconductoarelor acoperă domeniul UV apropiat. Sensibilitatea relativă se micșorează în direcția vizibilă a spectrului ($\lambda \approx 380 \div 400$ nm). Valoarea maximă a tensiunii electromotoare (TEM) (circuit deschis) este de $400 \div 600$ meV, iar coeficientul de redresare a curentului $10^2 \div 10^4$. Maximum spectrului TEM este localizat la 3.5, 3.7 și 3.2 eV pentru SBS, construite pe baza compușilor 1, 2 și 3 corespunzător.

În receptorii reali pentru limitarea sensibilității spectrale și excluderea fișiei nedorite se folosesc filtrele УФС-2 și ЖС-3 cu grosimea 0,1 cm. Caracteristicile spectrale tipice sunt prezentate în figura 2, iar parametrii principali ai detectorilor în tabelul 1.

Tabelul 1

Parametrii principali ai detectorilor

Sensibilitatea în curent, A/W	$4 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-3}$
Limita de sus a linearității CLA, W/cm ²	$10^{-4} - 10^{-2}$
Rezistența bazei, Ω	$10^5 - 3 \cdot 10^6$
Durata fotorăspunsului, s	10^{-3}

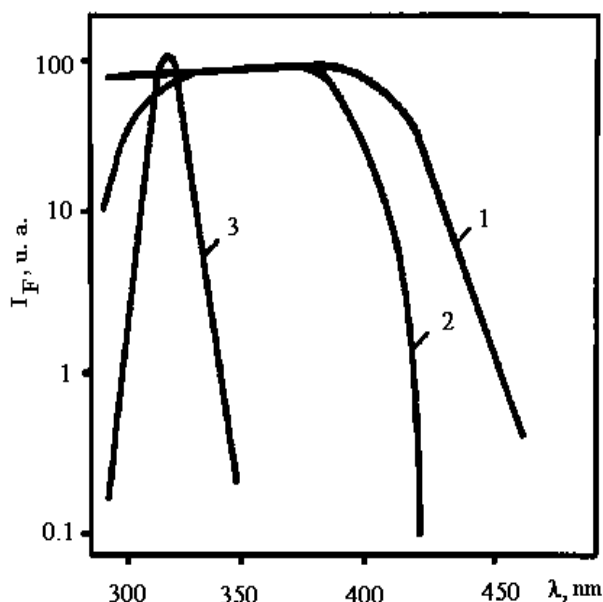


Fig. 2. Caracteristica spectrală a fotorăspunsului diodelor $\text{Pt-Zn}_3\text{In}_2\text{S}_6$ fără (1) și cu filtru (2) și $\text{Pt-Zn}_3\text{Ga(Al)InS}_6$ cu filtru ЖС-3 (3)

Cercetarea caracteristicilor lux-amperice (CLA) a fotodiodelor expuse radiației UV cu intensitate mare ($\sim 10^2 \text{ W/m}^2$) timp de $3.6 \cdot 10^5 \text{ s}$ și mai mult a demonstrat că structurile cu contacte din aur sau platină nu indică semne de oboseală. Folosirea acestor metale conduce la majorarea timpului de viață a receptorului și în consecință determină prețul relativ mic al acestora. Mostrele experimentale se folosesc pentru măsurarea valorilor absolute ale fluxurilor de radiație UV și funcționează impecabil 4-5 ani. În baza lor sunt elaborate UVimetre și dozimetre pentru radiația UV. Atît stabilitatea înaltă, cît și sistemul simplu de înregistrare a semnalului, asigură acestor dispozitive avantaje considerabile față de cele construite pe baza altor compuși [15].

CLA a diodelor SBS pe baza cristalelor stratificate este liniară în limite largi ale intensității radiației UV (pînă la 10^{-2} W/cm^2). Este evident că UVimetrele, folosite la măsurarea unor intensități mai mici, vor funcționa un termen mai îndelungat. Pentru prelungirea termenului de funcționare s-a utilizat filtrul neutru omogen pentru domeniul UV apropiat, care atenuază intensitatea de $\times 10$, $\times 100$ ori. Filtrul prezintă o peliculă de Ni cu grosimea corespunzătoare depusă pe suport de cuarț prin metoda evaporării termice în vid.

Foreceptorii elaborați pe baza diodelor Shottcky $\text{Me-Zn}_3\text{In}_2\text{S}_6$ au sensibilitate în domeniul lungimilor de undă $220\div 400 \text{ nm}$. Pentru atingerea unor performanțe mari ale sensibilității în domeniul benzilor spectrale cu efect eritem A, B, și A+B s-au folosit filtre optice ieftine pe baza compușilor vitroși. Pentru înregistrarea radiației din domeniul A+B cel mai potrivit s-a

dovedita fi filtrul UFS-2 cu grosimea $d=1$ mm, iar pentru înregistrarea domeniului A s-a folosit sistemul alcătuit din filtrele UFS-1 ($d=1$ mm) și SS-13 ($d=2$ mm) sau sistemul alcătuit din filtrele UFS-1 ($d=1$ mm) și FS-1 ($d=2$ mm). Pentru înregistrarea radiației domeniului B a fost ales filtrul UFS-1 ($d=1$ mm) în combinație cu GS-3 ($d=2$ mm). Deoarece pentru toate cele trei domenii ale radiației eriteme trebuie folosit filtrul UFS-2, el s-a instalat în interiorul transductorului, iar pentru filtrele SS-13 (FS-1) și GS-3 s-a prevăzut posibilitatea de instalare dinamică. Pentru comoditățile utilizatorilor a fost elaborată o construcție specială [14], în care înaintea transductorului este instalat un disc obturator cu trei ferestruici (fără filtru și cu filtru GS-3 sau SS-13 (FS-1)). La rotirea discului obturator are loc fixarea uneia din cele trei ferestruici în fața transductorului, pentru înregistrarea dozei de radiație sau a intensității în unul din domeniile susnumite. Evident, etalonarea blocului electronic s-a efectuat separat pentru fiecare din cele 3 domenii spectrale (A, B și C). Cristalele utilizate, după cum se afirmă în lucrarea [14] au o stabilitate mare, deci, și fotoreceptorii elaborați în baza lor vor rezista acțiunii factorilor fizici.

În figura 3 sunt prezentate spectrele fotorezistorilor pe baza ceramicii $CdAl_2O_4$ și a monocristalelor $CdAl_2S_4$ [12]. Ele cuprind domeniul spectral 220÷320 nm cu sensibilitate maximă la lungimea de undă 250 nm. Diodele au stabilitate înaltă la funcționare într-un mediu cu un grad sporit de umiditate, menținându-și sensibilitatea absolută $\sim 10^{-5}$ A·cm²/W.

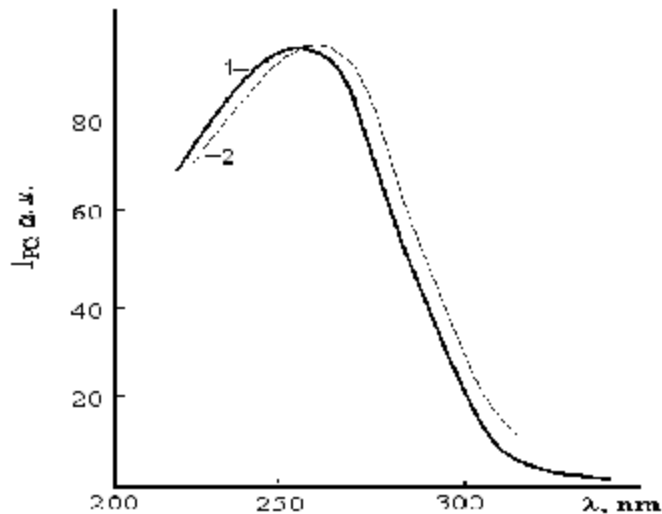


Fig. 3. Spectrele tipice ale fotoconducției ceramicii $CdAl_2O_4$ (1) și $CdAl_2S_4$ (2)

Analiza comparativă a parametrilor receptorilor elaborați de noi cu cei descriși în lucrările menționate, arată că aceștia posedă caracteristici

superioare celor existente. De exemplu, un singur filtru YΦ-2 cuprinde întregul domeniu spectral cu acțiune eritemă 280-390 nm. Este foarte important că la lungimea de undă 400 nm sensibilitatea dispozitivului scade brusc, cu mai mult de trei ordine de mărime.

Compușii cu vacanțe stoechiometrice din care fac parte și cei studiați, au un nivel înalt de stabilitate [20]. Deci, în principiu, ne putem aștepta ca dispozitivele să reziste unor fluxuri considerabile de radiație ionizantă. Pentru studierea stabilității fotodiodelor la acțiunea radiației de natură radioactivă s-au cercetat structurile $Pt-Zn_3In_2S_6-In$ la acțiunea torentului de electroni cu energia 40 keV. Adâncimea de pătrundere a electronilor în monocristale prin electrodul semitransparent de Pt calculată cu ajutorul formulei lui Yang

$$l = \frac{A}{r} E_p^n, \text{ unde } E_p \text{ este energia electronilor primari, în keV, } A=1,5 \cdot 10^{-6}, \text{ dacă}$$

ρ se exprimă în g/cm^3 , $n=1,35$, nu depășește câțiva μm . Așa dar, adâncimea de ionizare revine pe porțiunea însărăcită a diodei, iar spațiul semiconductorului cu grosimea de 10-20 μm practic nu este supus influenței radiației. Din această cauză, pentru dirijarea influenței s-au ales acei parametri care determină regiunea barierei: distribuția spectrală a TEM, sensibilitatea, porțiunea directă a caracteristicii curent-tensiune (CCT) la tensiuni mici și curentul indirect. Acești parametri s-au măsurat la o partidă de diode pînă și după iradierea cu dozele $6 \cdot 10^{16}$, 10^{17} , $6 \cdot 10^{17}$, 10^{18} e/cm^2 . Pentru primele două doze caracteristicile diodelor coincideau cu cele inițiale. Schimbări ale parametrilor diodelor se observă începînd de la doza $6 \cdot 10^{17}$ e/cm^2 și se manifestă prin schimbarea fotosensibilității și a maximului TEM, prin creșterea curenților direct și indirect aproximativ de 4 ori, prin deplasarea poziției maximului fotorăspunsului spre energiile mici pînă la 0,6 la doza de 10^{18} e/cm^2 .



Fig. 4. Dispozitiv cu scală logaritmică pentru măsurarea intensității în limitele valorilor 10^{-4} - 10 mW/cm^2 ; domeniul lungimilor de undă 280-400 nm. Alimentarea- 4.5 V.

Îmbinarea valorilor înalte ale fotosensibilității și a stabilității crează perspectiva că compușii calcogenizi multicompenți să fie utilizați și în calitate de detectori pentru radiația Roentgen. În baza compușilor *a*, *b*, și *c* au fost construiți experimental detectori ai radiației Roentgen, cu rezistența de întuneric 10^9 Ohm, sensibilitate înaltă în domeniul energiei cuantelor 1-10 keV. Factorii de amplificare, măsurăți în domeniul energiilor 2-7 keV depășesc valoarea de 10^4 el/cuant. Rezoluția în timp nu depășește 10^{-9} s. Acești parametri permit recomandarea detectorilor nominalizați la diagnosticarea plasmii laser. Menționăm că pe baza detectorilor descriși mai sus, folosind posibilitățile experimentale ale Institutului de Fizică Aplicată al AȘ RM, s-au elaborat și construit UVimetre portative pentru Spitalul Republican de Copii “Emilian Coțaga” unde au trecut aprobarea cu succes. Ca exemplu ilustrăm cele spuse cu fotografiile a două dispozitive concrete construite pe baza diodelor elaborate de noi (figurile 4 și 5).



Fig. 5. Măsurătorul cu afișaj digital al radiației UV cu intensitatea în limitele valorilor $10^{-4} \div 2 \cdot 10$ mW/m²; domeniile spectrale, nm: 280÷400, 320÷400, 320÷360. Doza - $0 \div 1.6 \cdot 10^5$ J/m². Alimentarea - 220V

Utilizarea UVmetrului în cercetările și practica medicală

Una din aplicațiile practice a dozimetrului în medicină reprezintă utilizarea lui în scopul de a analiza nivelul dozei energetice a radiației ultraviolete în dependență de zonele geografice ale republicii (Briceni, Chișinău, Vulcănești) pentru a stabili factorii de risc în cazul cataractei senile.

Măsurătorile se efectuau zilnic în prima decadă a lunii iulie la un interval de 2 ore în următoarele intervale de timp- 8^{00} , 10^{00} , 12^{00} , 14^{00} , 16^{00} , 18^{00} . Doza energetică era exprimată în mW/sm².

Rezultate: Nivelul dozei UVA (și eroarea) (Briceni) fiind respectiv: $1,2 \pm 0,02$; $1,6 \pm 0,03$; $2,0 \pm 0,08$; $2,8 \pm 0,03$; $2,2 \pm 0,02$; $1,1 \pm 0,01$. Doza energetică a radiației UVB din zona dată a fost: $2,1 \pm 0,02$; $2,5 \pm 0,03$; $3,0 \pm 0,02$; $3,6 \pm 0,03$; $2,7 \pm 0,02$; $1,8 \pm 0,02$. Pentru Chișinău nivelele respective ale dozei UVA, fiind de: $1,4 \pm 0,01$; $1,9 \pm 0,02$; $2,2 \pm 0,03$; $3,0 \pm 0,02$; $2,5 \pm 0,02$; $1,4 \pm 0,02$. Corespunzător doza radiației UVB ($2,4 \pm 0,02$; $2,9 \pm 0,04$; $3,2 \pm 0,04$; $3,9 \pm 0,03$; $3,1 \pm 0,02$; $2,1 \pm 0,02$). În

localitatea Vulcănești au fost determinați următorii indici: $1,7 \pm 0,02$; $2,3 \pm 0,03$; $2,5 \pm 0,02$; $3,3 \pm 0,03$; $2,8 \pm 0,01$; $1,6 \pm 0,02$ (UVA) și respectiv - $2,7 \pm 0,02$; $3,1 \pm 0,03$; $3,4 \pm 0,02$; $4,2 \pm 0,02$; $3,3 \pm 0,03$; $2,4 \pm 0,02$ (UVB). Astfel în zonele date pentru radiația UVA și UVB se denotă o ascensiune valorică a dozei radiației cu un vîrf major la orele 14⁰⁰ și cu o regresie ulterioară (mai pronunțată la orele 18⁰⁰). O majorare mai pronunțată a indicilor respectivi s-a elucidat în zona sudică a Republicii Moldova. La compararea indicilor din zona sudică cu cei din zona nordică s-a determinat o majorare certă (în %) cu: 41,7%; 44%; 25%; 17,8%; 27%; 45% (UVA) și respectiv – 28,6%; 24%; 13,3%; 16,7%; 22,2%; 33,3% (UVB). Compararea dozelor din zona centrală și cea nordică a evidențiat deasemenea o majorare certă - în zona centrală cu: 16,7%; 18,7%; 10%; 7,1%; 13,6%; 27% (UVA) și respectiv – 14,2%; 16%; 6,6%; 8,3%; 14,8%; 16,7% (UVB). La fel o majorare esențială a nivelurilor date se determină în zona sudică în comparație cu zona centrală. Pentru UVA majorarea dozei fiind de: 21,4%; 21%; 13,6%; 10%; 12%; 14,2% și respectiv UVB- 12,5%; 6,9%; 6,2%; 7,7%; 6,5% și 14,3%.

În rezultatul analizei măsurărilor efectuate se poate formula concluzia că un nivel mai mare al dozei radiației UVA și UVB s-a determinat în localitatea sudică a Republicii Moldova- Vulcănești, fapt ce poate influența ca factor de risc morbiditatea cataractei senile în republică.

Concluzii

Pe baza detectorilor descriși, folosind posibilitățile experimentale ale Institutului de Fizică Aplicată al AȘ RM, s-au elaborat și construit UVimetre portative pentru Spitalul Republican de Copii “Emilian Coțaga” unde au trecut aprobarea cu succes.

Utilizînd cristale stratificate de $Zn_3In_2S_6$, Zn_3GaInS_6 și Zn_3AlInS_6 , s-au elaborat și construit sensori de radiație UV cu sensibilitate înaltă și implementați în practica medicală pentru măsurarea intensității și dozei de radiație (practic în tot domeniul UV apropiat).

Acești fotoreceptori au stabilitate înaltă la iradiere și, în legătură cu aceasta, își pot găsi multiple aplicații practice, inclusiv crearea pe baza compușilor semiconductori nominalizați a detectorilor de radiație ultraviolet, Roentgen și pentru înregistrarea densității torentelor de electroni.

Fotoreceptorii cu stabilitate temporală înaltă la iradiere pot fi utilizați în medicină, biologie, farmaceutică, ecologie și instituțiile agricole.

Investigațiile realizate conduc la concluzia că un nivel mai mare al dozei radiației UVA și UVB este prezent în localitatea sudică a Republicii Moldova- Vulcănești, fapt ce poate influența ca factor de risc morbiditatea cataractei senile în republică.

Bibliografie

1. Nagi, I. Iosif. Biofizica. Timișoara, 1990. -186 p.
2. Jeru, I., Bendelic, E., Boiștean, V., Aramă, E.. Particularități ale tratamentului medicamentos în cataracta senilă // Analele Științifice ale USMF, 2003, v.IV, P. 289-293.
3. Stănilă, A.. Cristalinul. Sibiu, 2001. -250 p.
4. Arama, E. //Archives of the Balkan Medical Union, p. 27, 2008.
5. Malic, A., Vygranenco, Y., Shabashkevich, B. et al.//Int. Semicond. Conf., Sinaia, Romania, 2001, V.1, p. 185-188.
6. Komashchenko, V.N., Kolezhuk, K.V., Venger, E.A. et al. *Pis'ma v ZhTF*, v. 28, 19, pp. 32-36, 2002.
7. Ababii, I., Arama, E.. UV Dosimeter for Medical Application// Analele Științifice ale USM, seria "Științe fizico-matematice", 2002, P. 45-49.
8. Ababii, I., Aramă, E.. Dozimetru pentru recepționarea ultravioletului în Medicină// Analele Științifice ale USMF, 2002, v.1, P. 164-171.
9. Арама, Е.Д., Грушко, Н.С., Житарь, В.Ф., Радауцан, С.И.. Электрические и фотоэлектрические характеристики диодов $Ni-ZnIn_2S_4$ // ДАН СССР, 1976, т. 227, №6, С. 1329-1383.
10. Арама, Е.Д., Грушко, Н.С., Житарь, В.Ф., Радауцан, С.И.. Влияние базы на параметры диодов изготовленных из высокоомного $ZnIn_2S_4$. // Письма в ЖТФ, 1997, 2, вып. 6, С. 254-258.
11. Radautsan, S., Raylyan, V., Tsiulyanu, I., Zhitar, V., Marcus, M., Moldovyan, N.. New Zn_3InGaS_6 phase and its main properties. // Progr. Cryst. Growth and Charact. Caracas, 1985, P. 397-399.
12. Молдовян, Н.А.. Выращивание и исследование фотопроводимости $ZnAl_2S_4$ и $CdAl_2S_4$ //Изв. АН РФ, сер. Неорганические Материалы, 1993, т. 27, №9, С.1969-1971.
13. Zhitar, V.F., Moldovyan, N.A., Arama, E.D., Radautsan, S.. Short-wavelength radiation detection on the layered sulphides. // XV Annual Semiconductor conference, Sinaia, Romania, ICCE, 1992, P. 267-270.
14. Aramă, E.. Proprietățile optice ale sulfizilor multicompenți stratificați (monografie). Chișinău, 2004, p. 127-180.
15. Arama, E., Ababii, I., Zhitar, V., Shemyakova, T.. UV Detectors Based on $Zn_xIn_2S_{3+x}$ and Related Compounds. // Intern. semiconductor Conf. - Sinaia, Romania, 2003, v.1, P. 147-150.
16. Житарь, В.Ф., Абрамова, Т.В., Арама, Е.Д., Якуша, В.К.. Кинетика фотопроводимости и люминесценции $ZnIn_2S_4$. // Изв. РАН, сер. неорган. материалы 1991, т.27, N11, С. 2245-2247.

CZU 621.315.592

SENSORS UV RADIATION FOR MEDICAL EQUIPMENT

Ion Ababii, academician; **Efim Arama**, Professor, Doctor Habilitat;

Ion Jeru, Associate Professor, PhD

(Nicolae Testimitsanu State University of Medicine and Farmaceuticals)

Vasile Zhitar, Professor, Doctor Habilitat; **Tatiana Shemyakova**, PhD

(Institute of Applied Physics AS RM)

The results of elaboration, construction and implementation of ultraviolet radiation detector (UV) with high sensibility are presented, which is used at portative devices for the measuring of intensity and dose. Photoreceivers possesses high stability at the irradiation and in connection with it have multiple practical application, inclusively for the construction of Roentgen ray detector and of transducer for the registering of electrons fluxes density. The optimal parameters give the possibility to use the detector in medicine, biology, ecology and agriculture.

Prezentat la redacție la 21.10.09