

T 115 MEDICINOS TECHNOLOGIJA

Puslaidininkinė lempa šviesos terapijai

A. Žukauskas, K. Breivė, Z. Bliznikas, A. Novičkovas, P. Vitta

*Medžiagotyros ir taikomųjų mokslų institutas, Vilniaus universitetas
Saulėtekio al. 9, 2040 Vilnius, Lietuva*

R. Vaicekauskas

*Matematikos ir informatikos fakultetas, Vilniaus universitetas
Naugarduko g. 24, 2006, Vilnius, Lietuva*

A. Navickas

*Psichiatrijos klinika, Vilniaus universitetas
Vasaros g. 5, 2055, Vilnius, Lietuva*

R. Gaška

*Sensor Electronic Technology, Inc.
1195 Atlas Road, Columbia, SC 29209, USA*

M. S. Shur

*Rensselaer Polytechnic Institute
110 8-th Street, Troy, NY 12180, USA*

Įvadas

Pastaruosiu metu medicinos praktikoje, ypač šviesos terapijoje, vis plačiau naudojami specializuoti šviesos šaltiniai. Dažniausiai jie taikomi onkologinėms ir hepatitinėms ligoms bei sezoninei depresijai gydyti.

Pirmuoju atveju gydoma ląsteles veikiant nuo 525 nm iki 675 nm bangų ilgių šviesa, prieš tai į kraują įleidus atitinkamų cheminių preparatų [1]. Antruoju atveju gydoma veikiant ląsteles nuo 430 nm iki 460 nm bangos ilgio šviesa, kuri skaldo ligą sukeltantį bilirubiną [2]. Trečiuoju atveju gydoma ryškia balta šviesa [3].

Sezoninė depresija – tai kai kuriems žmonėms rudens ir žiemos mėnesiais atsirandantis psichikos sutrikimai, dėl kurių mažėja jų aktyvumas ir darbingumas. Ligos priežastys ir jos mechanizmas nėra iki galo atskleisti. Manoma, kad ši liga atsiranda dėl kraujyje padidėjusio hormono melatonino kiekio. Tai miegą skatinantis hormonas, kurį tamsiuoju paros metu gamina smegenų kankorėžinė liauka. Yra ir kitų šios ligos priežastis aiškinančių teorijų [3].

Vyrauja bendra nuomonė, kad sezoninę depresiją sukelia dienos šviesos spektro pasikeitimas. Taip pat pripažįstama, kad didžiausią poveikį gydant šią ligą turi ryški baltos, žalios ir mėlynos spalvos šviesa [4].

Šiuo metu sezoninių sutrikimų terapijai naudojami baltos šviesos šaltiniai su kaitinimo arba fluorescencinėmis lempomis, kurios yra neilgaamžės, nestabilios, neekonomiškos ir dužios. Be to, naudojant tokias lempas, sudėtinga keisti spinduliuotės spektrą.

Darbo tikslas

Universalūs šviesos šaltiniai sezoninių sutrikimų terapijai gali būti sukurti panaudojant didelės galios šviesos diodus – puslaidininkinius spinduolius (PS), kurie

pasižymi stabilumu, ilgaamžiškumu, ekonomiškumu ir mechaniniu tvirtumu. Literatūroje [3] aprašytas akinių konstrukcijos įtaisas su fiksuotos spalvos mažos galios šviesos diodais, skirtas sezoninės depresijos terapijai. Toks įtaisas yra nepatogus, vargina ir sukelia diskomforto jausmą. Naudojant kelių spalvų naujausius didelės galios PS, galima sukurti patogius įvairios spektrinės sudėties šviesos šaltinius, sukuriančius kelių tūkstančių liumenų šviesos srautus.

Šio darbo tikslas – sukurti didelės galios puslaidininkinę valdomos spalvos lempą, skirtą sezoninės depresijos terapijai. Galimybė keisti šviesos spektrą leistų parinkti pacientams didžiausią poveikį sukeliančią spinduliuotę, taip pat atlikti eksperimentus, aiškinantis šviesos spektrinės sudėties įtaką ligos gydymo eigai.

Spinduolių parinkimas

Šiuo metu optoelektronikos pramonė jau gamina visų regimosios šviesos ruožo sričių didelio skaičiaus AlGaAs, AlGaInP ir AlInGaN PS. Šie PS ilgai eksploatuojami (iki 10^5 val.) ir labai našūs. Raudonų ir oranžinių PS, generuojančių iki 60 lm iš lusto, šviesinis našumas viršija 100 lm/W, o energinis našumas viršija 55%. Mėlynų AlInGaN PS elektrinė ir optinė galia jau siekia atitinkamai 5 W ir 0,5 W. PS jau naudojami konstruojant apšvietos prietaisus, vaizduoklius, šviesos signalizacijos prietaisus ir pan. [4]. Terapijos lempai PS buvo pasirinkti įvertinus jų energinius parametrus bei jų naujas funkcines galimybes.

Projektavimo metu buvo sprendžiamas uždavinys, kaip iš rinkoje esančių PS su konkrečiomis galios spektrinio pasiskirstymo (GSP) (*Spectral power distribution*) funkcijomis atrinkti tuos, kurie užtikrintų optimalų spalvinės atgavos (*Color rendering*) ir šviesos veiksmingumo (*Luminous efficacy*) derinį.

Šviesos veiksmingumas, kuris išreiškiamas regimosios šviesos srauto Φ_v ir spindulinio srauto Φ_e santykiu K (lm/W):

$$K = \Phi_v / \Phi_e, \quad (1)$$

kiekybiškai aprašo spinduliuotės gebėjimą sukurti regos pojūtį.

Spalvinė atgava išreiškiama bendroju spalvinės atgavos rodikliu R_a , kuris įvertina objektų spalvos pokyčius, kai jie apšviečiami testuojamo ir etaloninio šaltinių šviesa. Šis rodiklis apibūdina baltos šviesos šaltinio spalvinę kokybę [4]. Maksimali rodiklio R_a vertė yra 100 taškų.

Šaltinio spalva apibūdinama triveiksmiais sandais X , Y ir Z , kurie apskaičiuojami pagal šias formules:

$$X = \int_{\lambda} \Phi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda; \quad Y = \int_{\lambda} \Phi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda; \\ Z = \int_{\lambda} \Phi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda; \quad (2)$$

čia λ – bangos ilgis, $\Phi(\lambda)$ – srauto GSP funkcija, o $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ ir $\bar{z}(\lambda)$ – TAK spalvinės atitikties funkcijos.

Spalvių koordinatės x , y apskaičiuojamos pagal formules:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}. \quad (3)$$

Baltos šviesos šaltinio spalvinę temperatūrą T_C ir spalvius x , y sieja toks ryšys [5]:

$$x = -4,607 \frac{10^9}{T_C^3} + 2,9678 \frac{10^6}{T_C^2} + 0,09911 \frac{10^3}{T_C} + 0,244063;$$

$$y = -3,000x^2 + 2,870x - 0,275. \quad (4)$$

Lempos šviesos srauto GSP funkcija $\Phi(\lambda)$ formuojama adityviai maišant atskirų vienspalvių PS grupių, veikiančių didelio dažnio reguliuojamos trukmės impulsais, srautus $\Phi_i(\lambda)$, t.y.:

$$\Phi(\lambda) = k \sum_{i=1}^n q_i \Phi_i(\lambda); \quad (5)$$

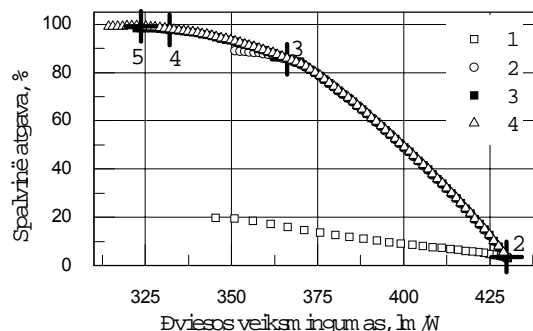
čia k – šviesio reguliavimo koeficientas, $0 \leq k \leq 1$, $q_1, \dots, q_i, \dots, q_n$ – impulsų pločio koeficientai, (pvz., i – tosios grupės srautui $q_i = t_i / T_K$; čia t_i – i -tojo srauto impulso trukmė, T_K – impulsų periodas). Suprantama, kad čia srauto periodas T_K yra daug mažesnis už regos inercijos trukmę.

Taip sudaryto šaltinio konkrečias spalvinės temperatūros T_C , bendrojo spalvinės atgavos rodiklio R_a ir šviesos veiksmingumo K vertes lemia skirtingų spalvų PS grupių skaičius n , jų GSP funkcijos $\Phi_i(\lambda)$ ir atskiros grupės srauto dalies q_i santykinis dydis bendrajame sraute.

Siekiant iš rinkoje esančių PS sudaryti šaltinį su optimaliu bendrosios spalvinės atgavos rodiklio R_a ir šviesos veiksmingumo K deriniu, pagal [6] pateiktą metodiką buvo atlikti teoriniai minėtų dydžių tarpusavio priklausomybės skaičiavimai, kai šaltinis sudaromas iš dviejų, trijų, keturių ir penkių skirtingų spalvų PS.

Naudojantis optimizacijos metodais, buvo rastos didžiausios bendrojo spalvinės atgavos rodiklio vertės kiekvienai šviesos veiksmingumo vertei. Skaičiavimų

rezultatai pateikti 1 pav. Iš čia pateiktų grafikų matyti, kad dydžius R_a ir K sieja atvirkštinė priklausomybė. Nėra tokio PS derinio, kad kartu būtų pasiekiamos didžiausios šių dydžių vertės.

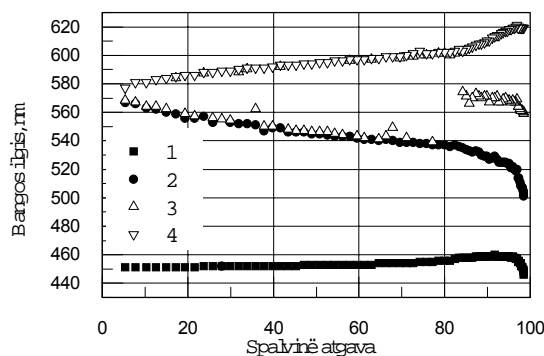


1 pav. Spalvinės atgavos ir šviesos veiksmingumo verčių tarpusavio priklausomybės grafikai, kai šaltinis sudaromas iš dviejų (1), trijų (2), keturių (3) ir penkių (4) spinduolių

žymėmis ir skaičiais 1 pav. grafikuose pažymėti taškai atitinka optimalius spalvinės atgavos ir šviesos veiksmingumo derinius šaltiniams, sudarytiems atitinkamai iš dviejų (2), trijų (3), keturių (4) ir penkių (5) skirtingų PS su gausinio tipo GSP funkcijomis. Didžiausia bendrojo spalvinės atgavos rodiklio vertė pasiekama kai šaltinis sudaromas iš penkių pirminių spinduolių ($R_a = 99$, o $K = 324$ lm/W). Naudojant keturias skirtingų PS grupes, gaunama beveik ta pati R_a vertė ($R_a = 98$), esant didesnei K vertei ($K = 332$ lm/W).

Taigi priimtinos dydžių R_a ir K vertės yra pasiekiamos kvadrichromatiniame šaltinyje, t.y. šaltinyje, kuris sudarytas iš keturių pirminių spalvų PS.

Priklausomybės, išreiškiančios pirminių PS GSP funkcijų smailių bangos ilgių priklausomybę nuo bendrojo spalvinės atgavos rodiklio, kai K ir R_a vertės yra optimalios, pateiktos 2 pav. Skaičiai 1, 2, 3 ir 4 žymi derinio atskirų PS GSP funkcijų smailių bangų ilgių išsidėstymo grafikus. Iš pateiktų grafikų matyti, kaip, norint gauti reikiamas R_a vertes, turi būti parenkami atskirų PS GSP funkcijų smailių bangos ilgiai.

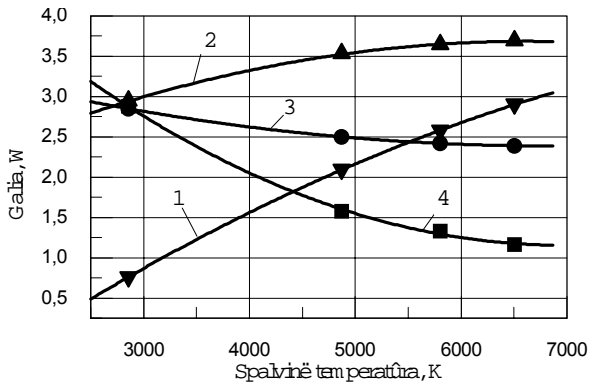


2 pav. Kvadrichromatinio šaltinio spalvinės atgavos priklausomybė nuo atskirų spinduolių GSP funkcijų smailių bangos ilgių

Pasinaudojus gautais rezultatais, šaltiniui sudaryti buvo pasirinkti didelės galios LUXEON™ LXHL serijos PS. Kadangi jų bangos ilgių pasirinkimas yra ribotas, optimizacijos uždavinys buvo išspręstas septynių bangos ilgių PS [7]. Nustatyta, kad šiuo atveju didžiausia bendrojo spalvinės atgavos rodiklio vertė pasiekama, kai

kvadrichromatinis šaltinis sudarytas iš MD1D (raudonos spalvos), ML1D (geltonos spalvos), MM1C (žalios spalvos) ir MR1C (mėlynos spalvos) spinduolių, kurių GSP funkcijų smailių bangų ilgiai atitinkamai yra 645 nm, 603 nm, 520 nm ir 452 nm.

Taip sudaryto šaltinio spalvinė temperatūra priklauso nuo vienspalvių PS santykinės srauto vertės bendrajame sraute. Apskaičiuotosios santykinio srauto galių priklausomybės nuo spalvinės temperatūros pateiktos 3 pav.



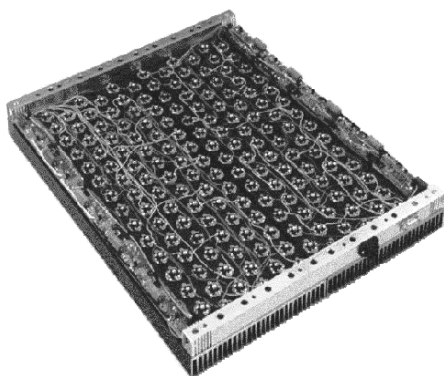
3 pav. Pirminių spinduolių srautų priklausomybė nuo šaltinio spalvinės temperatūros, kai bendrasis srautas yra 3000 lm. Spinduolių grupių srautų grafikai priklausomai nuo jų GSP funkcijų smailių bangos ilgių pažymėti taip: 1 – 452 nm, 2 – 520 nm, 3 – 603 nm ir 4 – 645 nm

Iš 3 pav. matyti, kokius srautus priklausomai nuo reikiamos spalvinės temperatūros turi sukurti pirminių PS grupės, kad bendrasis šviesos srautas būtų lygus 3000 lm. Naudojantis šiais rezultatais, apskaičiuojamas vienspalvių PS skaičius grupėje ir nustatomi valdymo impulsų pločio koeficientai q_1, q_2, q_3 ir q_4 .

Lempas konstrukcija

Lempą sudaro šviesos šaltinis ir valdymo blokas. Šviesos šaltinio paskirtis – sukurti reikiamos spektrinės sudėties šviesą. Valdymo bloko paskirtis – sukurti šviesos šaltinio valdymo signalus ir tiekti maitinimo srovę lempos elektronikos grandinėms.

Pagamintos lempos šviesos šaltinio vaizdas pateiktas 4 pav.



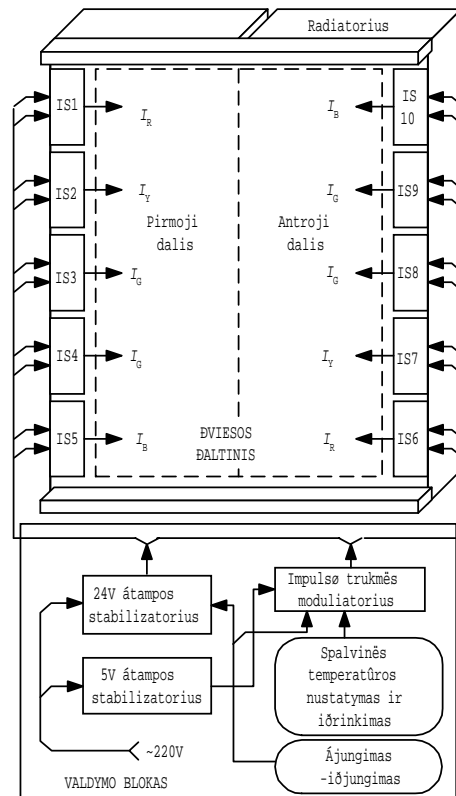
4 pav. Šviesos šaltinio vaizdas

Lempas bendroji sandaros schema parodyta 5 pav.

Šviesos šaltinis yra sudarytas iš dviejų vienodų dalių. Kiekviena dalis yra sumontuota ant atskiro (100×20) cm²

ploto radiatoriaus. Kiekvieno radiatoriaus paviršiuje, punktyrine linija pažymėtame plote, sumontuotos viena raudonos spalvos (R), viena geltonos spalvos (Y), dvi žalios spalvos (G) ir viena mėlynos spalvos (B) PS grupės, maitinamos iš atskirų srovės šaltinių. Šis radiatoriaus plotas yra padengtas šviesą atspindinčia plėvele, o šaltinis yra uždengtas šviesą sklaidančiu ekranu, kuris atlieka spalvų maišymo funkciją.

Radiatorių kraštuose sumontuota dešimt valdomų impulsinės srovės šaltinių IS1÷IS5 ir IS6÷IS10. Tokia šaltinio konstrukcija yra tvirta mechanškai ir užtikrina patikimą šilumos, kurią išskiria PS, sklaidą.



5 pav. Lempas sandaros schema

Vienos šviesos šaltinio dalies elektronikos schema pateikta 6 pav. Čia pavaizduoti impulsinės srovės šaltiniai IS1÷IS5 ir penkios PS grupės, kurias sudaro spinduoliai D1÷D6, D7÷D30, D31÷D48, D49÷D66 ir D67÷D84.

Atskirą impulsinės srovės šaltinį sudaro atitinkamai vienas srovės stabilizatorius DA1÷DA5 ir vienas signalais U_R, U_Y, U_G ir U_B valdomas tranzistorinis jungiklis TJ1÷TJ5.

Vienspalviai PS yra išskirstyti į grupes, o grupės į lygiagrečias šakas. Srovėms suvienodinti į šakas įjungti balastiniai rezistoriai $R_{S1}÷R_{S14}$. Schemoje simboliais I_R, I_Y, I_G ir I_B yra parodytos kiekvienos PS grupės vartojamos srovės. Bendra visų šviesos šaltinio PS vartojama srovė yra 9,8 A.

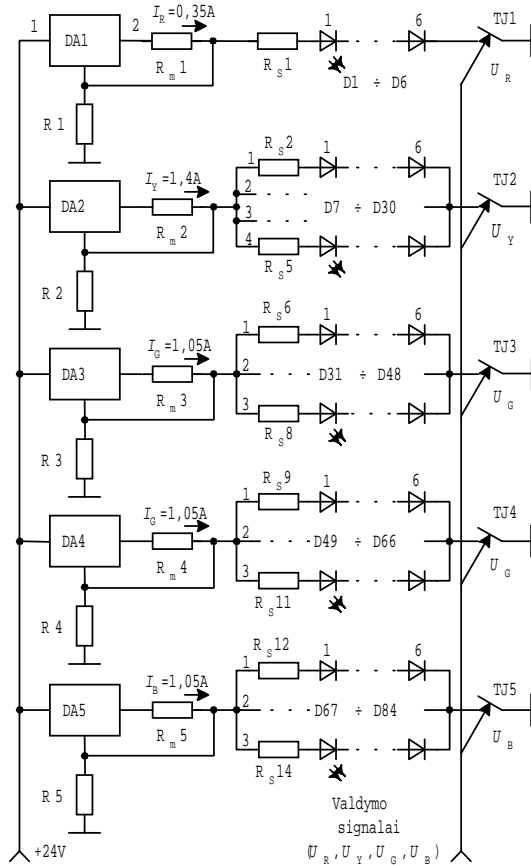
Valdymo bloką sudaro impulsų trukmės modulatorius ir įtampos stabilizatoriai.

Impulsų trukmės modulatorius, kurį sudaro taktinių impulsų generatorius ir keturi schemotechniniu požiūriu vienodi kanalai su skaitmeninėmis aštuonių skilčių schemomis, formuoja atskirų PS grupių valdymo impulsus

U_R , U_Y , U_G ir U_B . Kiekvieną kanalą sudaro trukmės kodų atminties blokas, trukmės kodų selektorius, komparatorius ir trukmės formuotuvai. Taktinių impulsų periodas yra 10,8 μ s, o valdymo impulsų periodas 2,7 ms.

Įtampos stabilizatorių paskirtis – maitinti šviesos šaltinio PS ir valdymo bloko elektronikos grandines.

Prijungus nesudėtingą sąsają, lempa gali būti valdoma kompiuterinės technikos priemonėmis.



6 pav. Vienos šviesos šaltinio dalies elektronikos schema

Šaltinio spalvinė temperatūra T_C nustatoma parenkant išraiškos (5) impulsų pločio koeficientus q_1 , q_2 , q_3 ir q_4 .

Apskaičiuotosios valdymo impulsų U_R , U_Y , U_G ir U_B trukmės, išreikštos taktinių impulsų U_T periodų skaičiumi, esant skirtingoms šaltinio spalvinėms temperatūroms ir 3000 lm srautui, pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Valdymo impulsų U_R , U_Y , U_G ir U_B trukmės esant skirtingoms šaltinio spalvinėms temperatūroms

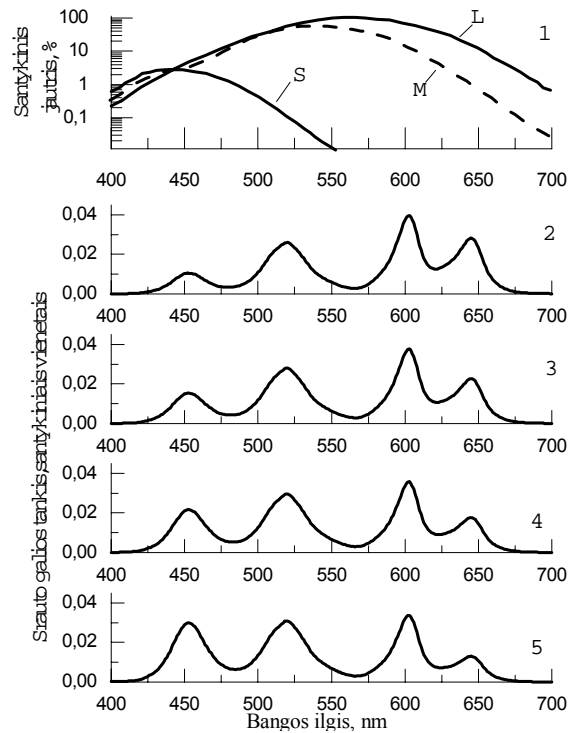
Valdymo impulsas	Valdymo impulso trukmė, išreikšta taktinių impulsų U_T periodų skaičiumi			
	$T_C=3217K$	$T_C=3899K$	$T_C=4870K$	$T_C=6504K$
U_R	200	160	125	93
U_Y	251	240	229	218
U_G	205	219	232	242
U_B	76	111	156	216

Iš 1 lentelės matyti, kad parenkant atskirų PS grupių srautų impulsų trukmės galima aprėpti platų šaltinio spalvinių temperatūrų diapazoną.

Pagrindinės šviesos šaltinio charakteristikos

Šiame skyrelyje pateikiamos pagrindinės lempos šviesos šaltinio charakteristikos.

Pasinaudojus apskaičiuotomis santykinėmis srautų priklausomybėmis, kurios pateiktos 3 pav., ir pirminių PS spinduliuotės GSP funkcijomis kelioms šaltinio spalvinėms temperatūroms buvo apskaičiuotos jo 3000 lm srauto GPS funkcijos. Jos kartu su regos receptorių S, M ir L santykinėmis spektrinio jautrio funkcijomis pavaizduotos 7 pav.



7 pav. Regos receptorių S, M ir L spektrinės jautrio funkcijos (1) ir lempos šaltinio srauto galios tankio spektrinės pasiskirstymo funkcijos, esant skirtingoms spalvinėms temperatūroms: 2 – 3217K; 3 – 3899K; 4 – 4780K; 5 – 6504K

Iš 7 pav. pateiktų funkcijų matyti, kad keičiant šaltinio spalvinę temperatūrą kinta regos receptorių grupių žadinimas. Labiausiai kinta S ir L tipo receptorių žadinimo santykis.

Apskaičiuotosios šaltinio šviesos bendrojo spalvinės atgavos rodiklio R_a vertės, esant minėtoms spalvinėms temperatūroms, pateiktos 2 lentelėje.

2 lentelė. Bendrojo spalvinės atgavos rodiklio R_a vertės

Spalvinė temperatūra, K	Spalvinė atgava
3217	73,11
3899	75,57
4780	77,42
6504	79,44

Iš 2 lentelėje pateiktų rezultatų matyti, kad pagamintas šaltinis plačiame spalvinių temperatūrų diapazone užtikrina didelę spalvinę atgavą, kuri prilygsta trijų fosforo fluorescencinių lempų, naudojamų įprastuose šviesos terapijos prietaisuose, spalvinei atgavai.

2002–2003 metų žiemą pagamintoji lempa pradėta naudoti sezoninių sutrikimų šviesos terapijos tyrimams Vilniaus universiteto Psichiatrijos klinikoje.

Išvados

Apibendrinus darbe pateiktus rezultatus galima daryti šias išvadas:

1. Atlikus teorinę šviesos šaltinio, sudaryto iš rinkoje esančių puslaidininkinių spinduolių derinių analizę, nustatyta, kad naudojant keturių skirtingų spalvų puslaidininkinius spinduolius, kurių GSP funkcijų smailių bangos ilgiai yra 645 nm, 603 nm, 520 nm ir 452 nm, galima sukurti priimtinos spalvinės atgavos $R_a > 73$ baltos šviesos šaltinį, kurio spalvinė temperatūra T_C gali būti keičiama nuo 3217 K iki 6504 K.

2. Naudojantis gautais rezultatais suprojektuota ir pagaminta keičiamo pločio impulsais valdoma puslaidininkinė lempa sezoninių sutrikimų šviesos terapijos tyrimams. Lempos šviesos šaltinis sudarytas iš 168 1 W elektrinės galios LUXEON™ LXHL spinduolių. Išlaikant pastovų 3000 lm šviesos srautą, spalvinė temperatūra nustatoma skaitmeniškai keičiant spinduolius maitinančios srovės impulsų trukmes 10,8 μ s žingsniu, kai impulsų periodas yra pastovus ir lygus 2,7 ms.

Darbas atliktas Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui parėmus.

Pateikta spaudai 2003 02 16

Literatūra

1. Schmitt M.H., Bajic D.M., Reichert K. W., Martin T.S., Meyer G.A., and Whelan H.T. Light – emitting diodes as a light source for inoperative photodynamic therapy // Neurosurgery, 1996.-Vol. 38(3). -P. 552 – 557.
2. Vreman H.J., Wong R.J., Stevenson D.K., Route R.K., Reader S.D., Frejer M.M., Gale R., and Seidman D.S. Light – emitting diodes: A novel light source for photo therapy // Pediatr. Res., 1998. -Vol. 44(5). -P. 804 – 809.
3. Levitt A.J., Joffe R.T., King E. Dim versus bright red (light – emitting diode) light in the treatment of seasonal affective disorder // Acta Psychiatr. Scand., 1994. -Vol. 89(5), -P. 341 – 345.
4. Žukauskas A., Shur M. S., Gaska R. Introduction to Solid State Lighting. Wiley, New York, 2002.-220 p. IBSN 0471215740.
5. Мешков В. В., Матвеев А. Основы светотехники. Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. – М.: Энергоатомиздат, 1989.-432 с.
6. Žukauskas A., Vaicekuskas R., Ivanauskas F., Shur M. S., Gaska R. Optimization of white polychromatic semiconductor lamps // Appl. Phys. Lett., 2002. -Vol.80(2). -P.234 – 236.
7. Power light source. Luxeon Emitter. Technical datasheet DS25. <http://www.lumileds.com/pdfs/DS25.PDF>.

A. Žukauskas, K. Breivė, Z. Bliznikas, A. Novičkovas, P. Vitta, R. Vaicekuskas, A. Navickas, R. Gaška, M. S. Shur. **Puslaidininkinė lempa šviesos terapijai // Elektronika ir elektrotechnika.- Kaunas: Technologija, 2003. – Nr. 5(47).-P. 38-42.**

Aprašyta puslaidininkinė keičiamos spalvinės temperatūros kvadrichromatinė lempa, skirta sezoninių sutrikimų šviesos terapijai. Parenkant rinkoje esančius puslaidininkinius spinduolius, rastas optimalus spalvinės atgavos ir šviesos veiksmingumo derinys. Parodyta, kad sudarius lempos šviesos šaltinį iš LUXEON™ LXHL spinduolių, kurių galios spektrinio pasiskirstymo funkcijų smailių bangų ilgiai yra 452 nm, 520 nm, 603 nm ir 645 nm, galima pasiekti aukštas bendrojo spalvinės atgavos rodiklio vertes ($R_a > 73$) spalvinių temperatūrų diapazone nuo 3217 K iki 6504 K. Pagaminta 3000 lm šviesos srauto lempa, kurią sudaro 168 didelės galios šviesos diodai ir impulsų pločio moduliacijos principu veikiantis srovės šaltinis. Lempos spalvinė temperatūra nustatoma 8 skilčių skaitmeninėmis grandinėmis keičiant pirminių spinduolių šviesos srautų impulsų trukmes esant pastoviam 2,7 ms impulsų periodui. Il. 7, bibl. 7 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

A. Žukauskas, K. Breivė, Z. Bliznikas, A. Novičkovas, P. Vitta, R. Vaicekuskas, A. Navickas, R. Gaška, M. S. Shur. **Semiconductor Lamp for Phototherapy // Electronics and Electrical Engineering.- Kaunas: Technologija, 2003. – No. 5(47).-P. 38-42.**

A quadrichromatic semiconductor lamp with variable colour temperature for photo therapy of seasonal disorders is described. An optimal combination of colour rendering and luminous efficacy was found by selection of commercially available semiconductor emitters. LUXEON™ LXHL series emitters with the peak wavelengths of the spectral power distribution functions at 452 nm, 520 nm, 603 nm and 645 nm, respectively, were shown to provide appreciable values of the general colour rendering index ($R_a > 73$) in the range of colour temperatures from 3217 K to 6504 K. The 3000-lm lamp was composed of 168 high-power light-emitting diodes and a current source with pulse-width modulation. The colour temperature of the lamp is controlled by setting the durations of the light flux pulses for each group of primary emitters by an 8-bit digital circuit at a constant 2.7-ms period of the pulses. Il. 7, bibl.7 (in Lithuanian, summaries in Lithuanian, Russian and English).

A. Жукаускас, К. Брейвė, З. Близникас, А. Новичковас, П. Витта, Р. Вайцекаускас, А. Навицкас, Р. Гашка, М. С Шур. **Полупроводниковая лампа для фототерапии // Электроника и электротехника. - Каунас: Технология, 2003.-№ 5(47).-С. 38-42.**

Описана квадрихроматическая лампа на светодиодах большой мощности - полупроводниковых излучателях, предназначена для использования в фототерапевтических целях. В ходе проектирования решена задача, как из существующих на рынке излучателей с конкретными спектральными характеристиками отобрать те, которые обеспечили бы оптимальное сочетание цветопередачи и световой отдачи. Показано, что с набором групп хроматических излучателей, имеющих максимальное значение функции распределения мощности на длинах волн 452 nm, 520 nm, 603 nm и 645 nm, можно достичь весьма приемлемого значения общего индекса цветопередачи ($R_a > 73$) в диапазоне цветовых температур от 3217 К до 6504 К. Цветовая температура источника перестраивается изменением длительности импульсных потоков групп хроматических излучателей. Суммарный поток источника составляет 3000 lm, а частота следования превышает 300 Hz. Ил. 7, библи. 7 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

DOI: 10.5755/j02.eie.11271