

(19)



(10) **LT 6238 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patento numeris: **6238**

(51) Int. Cl. (2015.01): **F21V 13/00**
H05B 33/00

(21) Paraiškos numeris: **2014 041**

(22) Paraiškos padavimo data: **2014-02-14**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2015-08-25**

(45) Patento paskelbimo data: **2015-12-28**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(72) Išradėjas:

Artūras ŽUKAUSKAS, LT
Rimantas VAICEKAUSKAS, LT
Arūnas TUZIKAS, LT
Pranciškus VITTA, LT
Andrius PETRULIS, LT

(73) Patento savininkas:

VILNIAUS UNIVERSITETAS, Universiteto g. 3, LT-01513 Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Jurga PETNIŪNAITĖ, AAA Law, J.Jasinskio g. 16A, LT-03163 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Daugiaspalviai kietakūniai šviesos šaltiniai skirti fotochemiškai jautrių objektų apšvietimui

(57) Referatas:

Siūlomi daugiaspalviai kietakūniai šviesos šaltiniai, skirti apšviesti šviesai jautrius objektus. Šaltinis apima bent vieną komplektą iš bent dviejų skirtingų grupių šviesos diodų, elektroninę valdymo grandinę (1) ir optinį elementą (3), skirtą skirtingų šviesos diodų grupių (2) generuojamos spinduliuotės paskirstymui po apšviečiamą objektą. Elektroninė grandinė turi įvesties įrenginį (4) ir modulį (6), kuris apskaičiuoja generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikį apšviečiamam objektui pagal šaltinio spektrinės galios skirstinį ir tam objektui būdingą fotocheminės žalos funkciją, kuri aprašo apšviečiamos medžiagos spektrinį fotocheminį jautrį. Keičiami kokybinius apšvietimo parametrus, tokie kaip šviesos spalvį, baltos šviesos susietąją spalvinę temperatūrą ir apšviečiamų objektų spalvų sodrį, elektroninė grandinė keičia šaltinio generuojamą spindulinį srautą taip, kad generuojamos

spinduliuotės fotocheminės žalos poveikis apšviečiamiems objektams išliktų pastovus etaloninio šviesos šaltinio atžvilgiu. Tokie šviesos šaltiniai gali būti taikomi parenkant dailės kurinių ir muziejinių eksponatų, taip pat kitų šviesai jautrių objektų, spalvinę išraišką, nesukeliant papildomo fotocheminio poveikio.

Išradimo sritis

Šis išradimas yra susijęs su kietakūniais šviesos šaltiniais, sudarytais iš kelių pirminių spinduolių, tokių kaip šviesos diodai, skirtais apšviesti šviesai jautrius objektus, tokius kaip parodų ir muziejų eksponatai, tekstilės gaminiai ir pan. Konkrečiau išradimas atskleidžia valdomos spektrinės sudėties šviesos šaltinį, kurio generuojamos spinduliuotės fotocheminis poveikis apšviečiamų paviršių medžiagoms išlieka pastovus etaloninio šaltinio atžvilgiu, kai keičiami kokybiniai apšvietimo parametrai (šviesos spalvis, baltos šviesos susietoji spalvinė temperatūra ir apšviečiamų objektų spalvų sodris).

Apibrėžimai:

Šviestukas – šviesos diodas, verčiantis elektros energiją į šviesą dėl injekcinės elektroliuminescencijos puslaidininkyje ir/arba dėl tokios elektroliuminescencijos konversijos fosfore.

Grupė – telkinys, apimantis bent vieną to paties tipo spinduolį.

Spektrinės galios skirstinys (SGS) – spinduliuotės galios, tenkančios be galo mažam bangų ilgių intervalui, padalintos iš to intervalo pločio, priklausomybė nuo bangos ilgio.

Dalinis spindulinis srautas (DSS) – šviesos šaltinio spinduolių grupės (komponentės) spindulinis srautas.

Santykinis dalinis spindulinis srautas (SDSS) – šviesos šaltinio komponentės DSS ir viso spindulinio srauto santykis.

Fotocheminė žala – pigmento molekulių cheminės sandaros pokyčiai, vykstantys sugeriant šviesą.

CIE (*pranc. Commission Internationale de l'Éclairage*) – Tarptautinė apšvietimo komisija;

CIE A standartinis šviesmuo – SGS, kuris atitinka 2856 K juodojo kūno spinduliuotę.

Šviesos spalvis – šviesos spalvos tono ir sodrio charakteristika, apibrėžiama CIE 1931 m. diagramos koordinatėmis (x , y).

Susietoji spalvinė temperatūra (SST) – juodojo kūno temperatūra, kuriai

esant šaltinio generuojamos šviesos spalvis yra artimiausias šio juodojo kūno spinduliuotės spalviui.

MacAdamo elipsės – sritys spalvų erdvės spalvio plokštumoje, kurios apima visus spalvius, neskiriamus vidutine žmogaus akimi nuo spalvio, esančio srities centre.

Spalva perteikta su padidintu sodriu – spalvinio bandinio spalva, kuri, pakeitus etaloninį šviesos šaltinį testuojamu šaltiniu, turi spalvio poslinkį, nukreiptą iš tam tikro žingsnių skaičiaus MacAdamo elipsės centro didesnio sodrio kryptimi ir kertančio elipsės ribą.

Spalva perteikta su sumažintu sodriu – spalvinio bandinio spalva, kuri, paketus etaloninį šviesos šaltinį testuojamu šaltiniu, turi spalvio poslinkį, nukreiptą iš tam tikro žingsnių skaičiaus MacAdamo elipsės centro centro mažesnio sodrio kryptimi ir kertančio šios elipsės ribą.

Technikos lygio aprašymas

Šviesos šaltinio SGS gali būti sudarytas iš kelių komponentų naudojant spalvų maišymo principą, kuris remiasi trimis spalvų maišymo lygtimis. Pagal spalvų maišymo principą, naudojant mišinius, turinčius dvi skirtingas komponentes, tokias kaip mėlyna ir geltona arba raudona ir žaliai mėlyna, gali būti gauta šviesa su numatytu spalviu, kai šios komponentės papildo viena kitą, t.y. tiek jų spalviai, tiek SDSS yra tiksliai suderinti tam tikru būdu. Trijų skirtingų komponentių, tokių kaip raudona, žalia ir mėlyna, rinkinys gali būti naudojamas sudaryti skirtingų spalvių šviesą, įskaitant baltą šviesą su skirtingomis SST ir skirtingomis apšviečiamų objektų spalvų perteikimo savybėmis, žiūrint kokie kiekvienos pasirinktų komponentių SGS ir SDSS. Naudojant keturias ar daugiau skirtingų komponentių, trys spalvų maišymo lygtys pasirinktam baltos šviesos spalviui neduoda vienintelio sprendinio, t.y. to paties spalvio šviesa gali būti gauta naudojant begalę SGS, turinčių komponentių derinius su įvairiais SDSS. Kiekvienas toks metamerinis SGS pasižymi skirtingomis apšviečiamų objektų spalvų perteikimo savybėmis.

Kietakūnių šviesos šaltinių, sudarytų iš skirtingo spektro šviestukų grupių, SGS gali būti dinamiškai keičiamas, kadangi kiekvienos šviestukų grupės SDSS gali būti lengvai valdomas keičiant įžiebtų šviestukų skaičių, maitinimo srovės stiprį bei maitinimo srovės impulsų trukmę, pasikartojimo dažnį ir veikimo ciklą. Tokie

daugiaspalviai šviesos šaltiniai gali būti naudojami generuoti šviesą su skirtingais spalvais, įskaitant baltą šviesą su skirtingomis SST, o taip pat šviesą su skirtingomis apšviečiamų objektų spalvų perteikimo savybėmis.

Daugiaspalvių kietakūnių šviesos šaltinių SGS gali būti derinamas parenkant komponentų individualius SGS ir SDSS taip, kad galima būtų gauti tam tikrą dailės kurinių ir muziejinių eksponatų spalvinę išraišką. Pavyzdžiui, publikacijoje [R. S. Berns, Designing white-light LED lighting for the display of art: A feasibility study, Color Res. Appl. 36, 324-334(2010)] yra nagrinėjamas trijų spalvotų šviestukų grupių telkinys, parenkant jų individualius SGS ir SDSS taip, kad reikiamu būdu būtų perteiktos akrilinių pigmentų spalvos. Publikacijoje [A. Liu et al., Cultural preferences to color quality of illumination of different artwork objects revealed by a color rendition engine, IEEE Photonic J. 5, 6801010 (2013)] parodoma, kad keturspalvio kietakūnio šaltinio SGS gali būti dinamiškai parinktas taip, kad jis atitiktų tiek individualius, tiek kultūrinės grupės apšvietimo kokybės poreikius, apšviečiant skirtingus dailės kūrinius. Publikacijoje [F. Viénot et al., LEDs as a tool to enhance faded colours of museum artefacts, J. Cultural Heritage 12, 431-440 (2011)] aprašomas išblukusių muziejinių eksponatų spalvinės išraiškos kompensavimas, panaudojant spalvas sodrinančius trispalvius šviestukų telkinius.

Valdomo SGS šviesos šaltiniai, sudaryti iš bent dviejų skirtingų pirminių spindulių, yra nagrinėjami daugelyje patentų ir publikacijų, apibūdinančių dabartinę technikos lygį. Pavyzdžiui, I. Speier [JAV patentas Nr. 7893631] pasiūlė šviesos šaltinį, sudarytą iš trijų šviestukų grupių (vienos – baltų šviestukų ir dviejų – spalvotų šviestukų), kuriame realizuotas generuojamos šviesos SST derinimas. A. Žukaukas ir kt. [PCT paraiška No WO2013009157 (2013)] atskleidė šviesos šaltinį, turintį keturias skirtingas šviesą spinduliuojančių elementų grupes su SDSS derinamais tokiu būdu, kad būtų valdomas apšviečiamų paviršių perteikiamų spalvų sodris.

Minėtų šviesos šaltinių apšvietimo kokybės parametrų valdymas yra realizuojamas neatsižvelgiant į spinduliuotės fotocheminio poveikio apšviečiamiems paviršiams kitimą, kai yra keičiamas SGS. Šį fotocheminį poveikį nuodugniai išnagrinėjo C. Cuttle [C. Cuttle, Lighting works of art for exhibition and conservation, Lighting Res. Technol. 20, 43-53(1988)]. Jei sugerto šviesos kvanto energija yra didesnė už pigmento molekulės aktyvinimo energiją, tai ši sugertis gali sukelti molekulės cheminės sandaros pokytį, kuris lemia pigmento spalvos pokytį. Pastaroji

reakcija priklauso nuo apšviečiamos medžiagos cheminės sudėties, aplinkos temperatūros ir drėgmės bei spindulinės ekspozicijos [V. L. Beltran et al., Large-scale assessment of light-induced color change in air and anoxic environments, *Studies in Conservation* 57, 42-57 (2012)]. Regimosios šviesos kvanto energija yra mažiausia raudonojoje srityje ir didėja mažėjant bangos ilgiui, todėl trumpesnio bangos ilgio SGS komponentės pasižymi didesniu fotocheminiu poveikiu.

Pagrindinis šio išradimo prototipas yra aprašytas PCT paraiškoje No WO2013009157 (2013). Šioje paraiškoje valdomo SGS šviesos šaltinis yra sudarytas iš bent dviejų regimos šviesos spindulių grupių ir elektroninės grandinės, skirtos šių grupių SDSS sinchroniniam valdymui tokiu būdu, kad galima būtų dinamiškai keisti apšviečiamų spalvinių bandinių su padidintu spalvos sodriu ir bandinių su sumažintu spalvos sodriu skaičių. Šaltinio SST gali būti nustatyta 2700-6500 K intervale. Konkrečiau, paraiškoje aprašyti dinamiškai valdomi keturspalviai šviesos šaltiniai, sudaryti iš raudonų, gintarinių, žalių ir mėlynų šviestukų grupių arba baltų, raudonų, žalių ir mėlynų šviestukų grupių, kurie generuoja metamerinius SGS, pasižyminčius skirtingu apšviečiamų paviršių spalvų sodrio perteikimo geba. Tačiau taikant tokius šaltinius fotochemiškai jautrų objektų apšvietimui nėra išvengiama šių trūkumų:

dinamiškai keičiant šviesos šaltinio spalvį, įskaitant baltos šviesos SST, generuojamos spinduliuotės fotocheminis poveikis yra nekontroliuojamas,

dinamiškai keičiant apšviečiamų paviršių spalvų sodrio perteikimo gebą, generuojamos spinduliuotės fotocheminis poveikis yra nekontroliuojamas,

dinamiškai keičiant šviesos šaltinio spalvį, SST ir apšviečiamų paviršių spalvų sodrio perteikimo gebą, yra neatsižvelgiama į apšviečiamo objekto apšviečiamų paviršių spektrinį fotocheminį jautrį.

Tam, kad galima būtų valdyti apšvietimo kokybines charakteristikas (spalvį, SST, apšviečiamo paviršiaus spalvinę išraišką), nekeičiant generuojamos spinduliuotės fotocheminio poveikio apšviečiamam objektui, šaltinio generuojamas spindulinis srautas turi būti sinchroniškai didinamas arba mažinamas keičiant šaltinio SGS. Spinduliuotės fotocheminis poveikis gali būti apibūdinamas spinduliuotės fotocheminiu veiksmingumu, kuris yra apskaičiuojamas pagal šaltinio SGS ir apšviečiamam objektui būdingą fotocheminės žalios funkciją, aprašančią apšviečiamos medžiagos spektrinį fotocheminį jautrį [CIE publikacija 157:2004,

Control of damage to museum objects by optical radiation]. Šviesos šaltinio fotocheminį veiksmingumą yra patogu normuoti į žinomo šviesos šaltinio, pavyzdžiui, CIE A standartinio šviesmens, fotocheminį veiksmingumą. Šio šviesmens SGS yra artimas kaitinamųjų lempų SGS, kurios yra plačiai taikomos muziejinių objektų apšvietimui pagal sukurtas apšvietos lygio rekomendacijas [CIE publikacija 157:2004, Control of damage to museum objects by optical radiation].

Šis išradimas atskleidžia valdomos spektrinės sudėties šviesos šaltinį, kurio generuojamos spinduliuotės fotocheminis poveikis apšviečiamų paviršių medžiagoms išlieka pastovus etaloninio šaltinio atžvilgiu, kuomet yra keičiami kokybiniai apšvietimo parametrai (šviesos spalvis, baltos šviesos SST ir apšviečiamų objektų perteikiamų spalvų sodris). Tokie šaltiniai gali būti naudojami parenkant geriausią apšviečiamų šviesai jautrių objektų, tokių kaip parodų ir muziejų eksponatai, tekstilės gaminiai ir pan., spalvinę išraišką.

Išradimo esmė

Šio išradimo tikslas yra sukurti dinamiškai valdomo SGS šviesos šaltinį, kurio generuojamos spinduliuotės fotocheminis poveikis apšviečiamų paviršių medžiagoms išlieka pastovus etaloninio šaltinio atžvilgiu, kuomet yra keičiami apšvietimo kokybiniai parametrai (šviesos spalvis, baltos šviesos SST ir apšviečiamų objektų perteikiamų spalvų sodris).

Išradimo tikslas yra pasiekiamas šviesos šaltiniu, kuris apima bent dviejų grupių regimos šviesos spindulius, turinčius skirtingus individualius SGS ir DSS, elektroninę grandinę, apimančią įvesties įrenginį ir valdančią kiekvienos spindulių grupės DSS pagal kintamuosius įvesties parametrus (šviesos spalvį, baltos šviesos SST ir apšviečiamų objektų spalvų sodrio perteikimo gebą), ir komponentą, skirtą skirtingų spindulių grupių generuojamos spinduliuotės tolygiam paskirstymui po apšviečiamą objektą. Keičiant spindulių grupių SDSS, elektroninė grandinė keičia šaltinio generuojamą suminį spindulinį srautą (t. y. proporcingai visus DSS) taip, kad generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikis apšviečiamiems objektams išliktų pastovus etaloninio šaltinio atžvilgiu. Tam elektroninė grandinė turi modulį, kuris apskaičiuoja generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikį apšviečiamam objektui etaloninio šaltinio atžvilgiu pagal šaltinio spektrinės galios skirstinį ir tam objektui būdingą apšviečiamos medžiagos spektrinį fotocheminį jautrį aprašančią fotocheminės žalos funkciją. Panaudodama šio bloko išvestį (santykinį

fotocheminės žalos rodiklį), elektroninė grandinė proporcingai keičia visų spindulių grupių DSS, valdydama bent vieną iš šių parametų: įžiebtų spindulių skaičių, maitinimo srovės stiprį bei maitinimo srovės impulsų trukmę, pasikartojimo dažnį ir veikimo ciklą.

Konkrečiau, išradimo tikslas gali būti pasiekiamas naudojant baltos šviesos šaltinį, apimantį bent vieną komplektą iš trijų grupių spalvotų šviestukų, kurių spektrinės galios skirstiniai turi smailės bangos ilgius atitinkamai maždaug 420-490 nm, 490-600 nm ir 600-660 nm intervaluose, ir kurių SDSS yra randami iš spalvų maišymo lygčių pagal įvesties SST. Pavyzdžiui, gali būti panaudoti tokie elektroluminescenciniai šviestukai, kaip mėlyni InGaN šviestukai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 21 nm juostos pločiu, žali InGaN šviestukai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 36 nm juostos pločiu ir raudoni AlGaInP šviestukai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 642 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu. Keičiant tokio šaltinio SST intervale nuo 2500 K iki 6500 K, apšvieta CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu yra keičiama nuo 1240% iki 329%, kuomet yra apšviečiamas žemos kokybės popierius; nuo 139% iki 77%, kuomet yra apšviečiamas skudurinis popierius; nuo 134% iki 78%, kuomet yra apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus; ir nuo 128% iki 81%, kuomet yra apšviečiama tekstilė.

Kitu konkrečiu atveju išradimo tikslas gali būti pasiekiamas naudojant baltos šviesos šaltinį, apimantį bent vieną komplektą iš keturių grupių spalvotų šviestukų, kurių spektrinės galios skirstiniai turi smailės bangos ilgius atitinkamai maždaug 420-480 nm, 480-530 nm, 530-610 nm ir 610-660 nm intervaluose, ir kurių SDSS yra randami iš spalvų maišymo lygčių pagal įvestą spalvį ir pagal įvestą gintarinio arba raudono šviestuko SDSS, kuriuo nustatoma apšviečiamų objektų spalvų sodrio perteikimo geba. Pavyzdžiui, gali būti panaudoti mėlyni elektroluminescenciniai InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 21 nm juostos pločiu, žali elektroluminescenciniai InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 36 nm juostos pločiu, gintariniai konversijos fosfore InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 596 nm ir maždaug 77 nm juostos pločiu ir raudoni elektroluminescenciniai AlGaInP šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 642 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu. Šiuo atveju gintarinio šviestuko SDSS kintant nuo 0 iki tam tikros

maksimalios vertės, kurią lemia SST, ir SST kintant nuo 2500 K iki 6500 K, apšvieta CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu yra keičiama nuo 329% iki 1290%, kuomet yra apšviečiamas žemos kokybės popierius; nuo 77% iki 183%, kuomet yra apšviečiamas skudurinis popierius; nuo 78% iki 179%, kuomet yra apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus, ir nuo 81% iki 174%, kuomet yra apšviečiama tekstilė.

Taip pat išradimo tikslas yra pasiekiamas taikant apšvietimo būdą naudojant atskleistus valdomus šviesos šaltinius su pastoviu generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikiu tokiems apšviečiamiems objektams, kaip žemos kokybės popierius, skudurinis popierius, aliejiniai dažai ant drobės, vandens dažai ant skudurinio popieriaus, tekstilė.

Trumpas brėžinių figūrų aprašymas

Fig. 1 yra atskleidžiamo daugiaspalvio šviestuvo blokinė sandara.

Fig. 2 yra konkrečiuose šviesos šaltinio įgyvendinimuose naudojamų šviestukų individualūs SGS.

Fig. 3 yra trispalvio šviesos šaltinio parametrų priklausomybė nuo SST: (a) – spalvotų šviestukų grupių SDSS; (b) – santykinis fotocheminės žalos rodiklis skirtingiems šviesai jautriems objektams.

Fig. 4 yra keturspalvio šviesos šaltinio parametrų priklausomybė nuo gintarinių šviestukų grupės SDSS, esant 2500 K SST: (a) – raudonų, žalių ir mėlynų šviestukų grupių SDSS; (b) – spalvų perteikimo rodikliai; (c) – santykinis fotocheminės žalos rodiklis skirtingiems šviesai jautriems objektams.

Fig. 5 yra keturspalvio šviesos šaltinio parametrų priklausomybė nuo gintarinių šviestukų grupės SDSS, esant 3000 K SST: (a) – raudonų, žalių ir mėlynų šviestukų grupių SDSS; (b) – spalvų perteikimo rodikliai; (c) – santykinis fotocheminės žalos rodiklis skirtingiems šviesai jautriems objektams.

Fig. 6 yra keturspalvio šviesos šaltinio parametrų priklausomybė nuo gintarinių šviestukų grupės SDSS, esant 4500 K SST: (a) – raudonų, žalių ir mėlynų šviestukų grupių SDSS; (b) – spalvų perteikimo rodikliai; (c) – santykinis fotocheminės žalos rodiklis skirtingiems šviesai jautriems objektams.

Fig. 7 yra keturspalvio šviesos šaltinio parametrų priklausomybė nuo

gintarinių šviestukų grupės SDSS, esant 6500K SST: (a) – raudonų, žalių ir mėlynų šviestukų grupių SDSS; (b) – spalvų perteikimo rodikliai; (c) – santykinis fotocheminės žalos rodiklis skirtingiems šviesai jautriems objektams.

Nuodugnus išradimo aprašymas

Šiame išradime yra atskleidžiamas Fig. 1 pavaizduotos sandaros daugiaspalvis šviesos šaltinis, kuris apima elektroninę valdymo grandinę (1), šviestuvą (2), sudarytą iš n pirminių spindulių grupių (komponenčių) skaičiaus, kur $n \geq 2$, kur kiekviena grupė turi individualų SGS $S_i(\lambda)$, čia λ yra bangos ilgis, ir optinį elementą (3), skirtą skirtingų spindulių grupių generuojamos spinduliuotės tolygiam paskirstymui po apšviečiamą objektą.

Šaltinio suminis SGS yra sudarytas iš komponenčių SGS, kurių kiekvienos santykinę dalį apibrėžia individualus SDSS c_i :

$$S(\lambda) = \sum_{i=1}^n c_i S_i(\lambda). \quad [1]$$

Čia naudojami komponenčių SGS yra normuoti taip, kad kiekvienos komponentės spindulinis srautas būtų vienodas (pavyzdžiui, lygus 1 W). Tuomet kiekvienos komponentės SDSS yra lygus komponentės DSS ir šviesos šaltinio generuojamo viso spindulinio srauto santykiui.

Komponenčių SDSS vertės c_i gali būti rastos remiantis adityvaus spalvų maišymo principu [G. Wyszecki and W. S. Stiles, *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. Wiley, New York, 2000]. Atitinkamos spalvų maišymo lygtys yra :

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n c_i X_i = x \sum_{i=1}^n c_i (X_i + Y_i + Z_i), \\ \sum_{i=1}^n c_i Y_i = y \sum_{i=1}^n c_i (X_i + Y_i + Z_i), \\ \sum_{i=1}^n c_i = 1, \end{cases} \quad [2]$$

Čia x ir y yra sudėtinio šaltinio 1931 m. CIE spalvio koordinatės, o X_i , Y_i , ir

Z_i yra i -sios komponentės triveikmiai sandai.

Šaltinio generuojamos šviesos veiksmingumas yra

$$K = K_m \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S(\lambda) V(\lambda) d\lambda \bigg/ \int_0^{\infty} S(\lambda) d\lambda. \quad [3]$$

Čia $V(\lambda)$ yra spektrinio šviesinio našumo funkcija standartiniam stebėtoji su 2° regos lauku, apibrėžta CIE 1924 m., o K_m – maksimali spinduliuotės šviesinio veiksmingumo vertė (683 lm/W).

Dviejų komponentių atveju sudėtinio šaltinio spalvio taškas (x, y) turi būti ant tiesės atkarpos, jungiančios komponentių spalvių taškus; trijų ir daugiau komponentių atvejais sudėtinio šaltinio spalvio taškas turi būti srityje, kurią juosia tiesių atkarpos, jungiančios komponentių spalvių taškus. Tuomet dviejų ir trijų komponentių atvejais iš [2] lygčių sistemos gaunami vieninteliai teigiamų SDSS verčių deriniai, o keturių ir daugiau komponentių atvejais – be galo daug teigiamų SDSS verčių derinių. Kitaip tariant, dviejų ir trijų komponentių atveju sudėtinio šaltinio spalvį, esantį atitinkamai tam tikroje tiesės atkarpoje arba trikampėje srityje spalvių plokštumoje, atitinka vienintelis SGS, o keturių ir daugiau komponentių atveju kiekvieną sudėtinio šaltinio spalvį atitinka be galo daug skirtingų SGS. Pastaruoju atveju skirtingi to paties spalvio (metameriniai) SGS pasižymi skirtingomis apšviečiamų objektų spalvų perteikimo savybėmis.

Tam tikru būdu parinktų trijų ir keturių komponentių atvejais galima gauti baltą šviesą su skirtingais spalviais, t.y. su skirtingomis SST.

Tam tikro spalvio šaltinio, sudaryto iš keturių – raudonos (R), gintarinės (A), žalios (G) ir mėlynos (B) komponentių, SGS ir, atitinkamai, spalvų perteikimo savybes galima tolygiai keisti. Tai atliekama, atvaizduojant keturspalvį SGS $S_{RAGB}(\lambda)$ kaip dviejų trispalvių SGS, atitinkamai $S_{AGB}(\lambda)$ ir $S_{RGB}(\lambda)$, turinčių tokį patį spalvį, svertinę sumą:

$$S_{RAGB}(\lambda) = \sigma S_{AGB}(\lambda) + (1 - \sigma) S_{RGB}(\lambda). \quad [4]$$

Čia σ yra svorio koeficientas, kurio vertė kinta intervale nuo 0 iki 1. Kai $\sigma = 0$, gintarinės komponentės SDSS yra lygus 0. Kai $\sigma = 1$, šios komponentės SDSS turi didžiausią vertę, kurią galima apskaičiuoti iš [2] lygčių sistemos trispalviui AGB telkiniui. Atitinkamai, raudonos komponentės SDSS kinta nuo maksimalios vertės, kurią galima apskaičiuoti iš [2] lygčių sistemos trispalviui RGB telkiniui, iki 0. Keturspalvio šaltinio žalios ir mėlynos komponentių SDSS yra SDSS, atitinkančių trispalvius SGS $S_{AGB}(\lambda)$ ir $S_{RGB}(\lambda)$, svertinės sumos.

Kadangi AGB telkinys pasižymi spalvų blukimo savybe, t.y. mažina apšviečiamų objektų daugelio spalvų sodrį, o RGB telkinys pasižymi spalvų sodrinimo savybe, t.y. didina apšviečiamų objektų daugelio spalvų sodrį, keičiant svorio koeficiento σ vertę intervale nuo 0 iki 1, tolygiai kinta keturspalvio šviesos šaltinio spalvų sodrinimo geba. Esant tam tikrai svorio koeficiento vertei, pasiekiamas minimalus spalvų sodrio iškraipymas, t.y. apšviečiamų objektų spalvos yra pertiekiamos su didžiausiu tikslumu etalono atžvilgiu [A. Žukauskas et al., Color rendition engine, Opt. Express 20, 5356–5367 (2012)].

Visais atvejais, kai dinamiškai keičiamas daugiaspalvio šaltinio generuojamos šviesos spalvis būtent dviejų ir daugiau komponentių atvejais, baltos šviesos SST būtent trijų ir daugiau komponentių atvejais, ar spalvų perteikimo savybės būtent keturių ir daugiau komponentių atvejais, šaltinio SGS kinta, t.y. kinta skirtingų komponentių SDSS. Kadangi skirtingos komponentės turi skirtingus individualius SGS, tai dinamiškai derinant daugiaspalvį šaltinį, kinta ir jo generuojamos spinduliuotės fotocheminis poveikis. Spinduliuotės fotocheminis poveikis, t.y. žala, gali būti įvertintas remiantis CIE 157:2004 publikacija. Remiantis šia publikacija, fotocheminės žalos rodiklį galima apibrėžti kaip spinduliuotės fotocheminio veiksmingumo ir šviesos veiksmingumo santykį

$$DI = K_d / K. \quad [5]$$

Šviesos fotocheminis veiksmingumas apskaičiuojamas pagal šaltinio generuojamos šviesos SGS $S(\lambda)$ ir apšviečiamam objektui būdingą fotocheminės žalos funkciją $D(\lambda)$, kuri aprašo apšviečiamos medžiagos spektrinį fotocheminį jautrį:

$$K_d = K_{dm} \int_{300 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S(\lambda) D(\lambda) d\lambda \bigg/ \int_0^{\infty} S(\lambda) d\lambda, \quad [6] \text{čia } K_{dm} \text{ yra maksimalus}$$

spinduliuotės fotocheminis veiksmingumas, o žalos funkcija yra aprašoma eksponentine priklausomybe

$$D(\lambda) = \exp[-b(\lambda - 300)]. \quad [7]$$

Čia rodiklis b yra susijęs su apšviečiamo paviršiaus chemine sandara. Žemos kokybės popieriui jis yra lygus 0,038, skuduriniam popieriui – 0,0125, aliejiniam dažams ant drobės ir akvarelei ant skudurinio popieriaus – 0,0115, o tekstilei – 0,01.

Santykinis žalos rodiklis DI_s yra gaunamas lyginant testuojamo šviesos šaltinio fotocheminės žalos rodiklį DI su etaloninio šviesos šaltinio (pavyzdžiui, CIE A standartinio šviesmens) žalos rodikliu DI_E ir yra apskaičiuojamas šitaip:

$$DI_s = DI / DI_E. \quad [8]$$

Šio išradimo įgyvendinimuose daugiaspalvis šviesos šaltinis turi elektroninę grandinę (1), kuri gali dinamiškai keisti visų spindulių grupių DSS. Naudodama įvesties parametrus, tokius kaip generuojamos šviesos spalvis, baltos šviesos SST, apšviečiamų objektų spalvų perteikimo charakteristikos, elektroninė grandinė apskaičiuoja komponentių SDSS pagal [2] lygčių sistemą. Šie SDSS leidžia nustatyti proporcijas tarp individualiai valdomų komponentių DSS taip, kad būtų gautos pageidaujamos apšvietimo kokybinės charakteristikos. Tuo tarpu tam, kad keičiant šias charakteristikas nekistų generuojamos šviesos fotocheminis veiksmingumas, elektroninė grandinė keičia visų spindulių grupių DSS proporcingai, t.y. valdo suminį išėjimo srautą. Suminį išėjimo šviesos srautą Φ_v patogiu nustatyti etaloninio šaltinio (pavyzdžiui, CIE A standartinio šviesmens) šviesos srauto Φ_{vE} atžvilgiu šitaip:

$$\Phi_v = F\Phi_{vE} . \quad [9]$$

Čia šaltinio generuojamo šviesos srauto koeficientas F yra lygus atvirkštiniam santykiniam žalos rodikliui DI_s^{-1} .

Kita vertus, šaltinio generuojamas šviesos srautas Φ_v yra

$$\Phi_v = K\Phi_e . \quad [10]$$

Tuomet kiekvienos komponentės DSS yra nustatomas šitaip:

$$\Phi_{ei} = c_i \Phi_e = \frac{c_i \Phi_{vE}}{DI_s K} . \quad [11]$$

Atskleidžiamo šveistuvo veikimo principą demonstruoja Fig. 1 blokinė schema. Per elektroninės valdymo grandinės (1) įvesties įrenginį (4) vartotojas įveda pageidaujamus šviesos šaltinio parametrus: etaloninio šaltinio srautą Φ_{vE} , spalvio koordinatės (x, y) , SST, apšviečiamo objekto spalvų perteikimo parametras, keturių ir daugiau komponentių atvejais, pavyzdžiui SDSS c_3 vertę, apšviečiamo objekto rūšį, rodiklį b . Įvesties įrenginys (4) siunčia spalvio koordinatę (x, y) arba SST vertes bei apšviečiamo objekto spalvų sodrinimo parametras c_3 į SDSS skaičiavimo modulį (5). Šiame modulyje pagal [2] ir [4] lygtis apskaičiuojami komponentių SDSS $c_1, c_2, \dots, c_n$. Iš SDSS skaičiavimo modulio komponentių SDSS vertės $c_1, c_2, \dots, c_n$ siunčiamos į fotocheminės žalos skaičiavimo modulį 6. Pagal SDSS vertes $c_1, c_2, \dots, c_n$ šis modulis apskaičiuoja šaltinio SGS iš [1] lygties bei, toliau, pagal šį SGS ir iš įvesties įrenginio (4) gautą apšviečiamo objekto rūšį (rodiklį b) iš lygčių [5]-[8] apskaičiuoja generuojamos šviesos santykinį žalos rodiklį DI_s . Iš fotocheminės žalos skaičiavimo modulio (6) santykinio žalos rodiklio vertė DI_s siunčiama į DSS valdiklį (7). Į šį valdiklį taip pat yra siunčiamos SDSS vertės $c_1, c_2, \dots, c_n$ iš SDSS skaičiavimo modulio (5) ir etaloninio šaltinio srauto Φ_{vE} vertė iš įvesties įrenginio (4). Gavęs šiuos duomenis, DSS valdiklis randa generuojamos šviesos veiksmingumą K

iš [3] lyties ir, galiausiai, apskaičiuoja komponentių DSS $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ iš [11] lygties. Apskaičiuotosios DSS vertės $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ nustatomos kiekvienai šviestuvo (2) spinduolių grupei, valdant bent vieną iš šių parametrų: įžiebtų spinduolių skaičių, maitinimo srovės stiprį bei maitinimo srovės impulsų trukmę, pasikartojimo dažnį ir veikimo ciklą. Spinduolių grupių generuojama šviesa tolygiai paskirstoma po apšviečiamą objektą, naudojant optinį elementą (3).

Įgyvendinimų aprašymas

Vienas iš šio išradimo įgyvendinimų apima trispalvį šviesos šaltinį, kurio elektroninės valdymo grandinės (1) vienas iš fiksuotų įvesties parametrų yra apšviečiamo šviesai jautraus objekto rūšis, aprašoma žalos funkcijos rodikliu b , o kintamas įvesties parametras yra baltos šviesos SST. Pavyzdžiui, toks šaltinis apima bent vieną komplektą iš trijų grupių spalvotų šviestukų, kurių spektrinės galios skirstiniai turi smailės bangos ilgius atitinkamai maždaug 420-490 nm, 490-600 nm ir 600-660 nm intervaluose. Valdymo grandinės SDSS modulis (5) pradžioje apskaičiuoja šaltinio spalvio koordinatas (x, y) pagal įvestą SST. Naudodamas gautas spalvio koordinatas, SDSS modulis (5) apskaičiuoja komponentių SDSS c_1, c_2 ir c_3 iš [2] lygčių sistemos. Komponentių SDSS vertės yra siunčiamos į fotocheminės žalos skaičiavimo modulį (6), kuris apskaičiuoja santykinį fotocheminės žalos rodiklį DI_s iš [5]-[8] lygčių. Žalos rodiklio vertė siunčiama į DSS valdiklį (7), kuris nustato komponentių DSS Φ_1, Φ_2 ir Φ_3 iš [11] lygties pagal SDSS vertes ir įvestą etaloninio šaltinio srautą Φ_{VE} . Galiausiai, DSS valdiklis (7) nustato kiekvienos iš trijų šviestukų grupės išėjimo srautą pagal atitinkamas DSS vertes.

Konkrečiau, toks šviesos šaltinis apima tris spalvotų šviestukų grupes, atitinkamai, tokių elektroliuminescencinių šviestukų, kaip mėlyni InGaN šviestukai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 21 nm juostos pločiu, žali InGaN šviestukai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 36 nm juostos pločiu ir raudoni AlGaInP šviestukai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 642 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu. Šių šviestukų individualūs SGS yra pavaizduoti Fig. 2.

Fig. 3a yra parodytos šių trijų komponentių SDSS priklausomybė nuo sudėtinio baltos šviesos spektro SST. Matome, kad augant SST raudonos komponentės SDSS mažėja, o žalios ir mėlynos – auga.

Fig. 3b yra parodytos atitinkamos santykinų fotocheminės žalos rodiklio priklausomybės nuo SST skirtingų apšviečiamų objektų atvejais. Matome, kad visais atvejais žalos rodiklis auga, kylant SST.

1 lentelėje yra pateiktos šviesos šaltinio išėjimo srauto koeficiento vertės CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu (F), atitinkančios pastovų fotocheminį spinduliuotės fotocheminį poveikį įvairių apšviečiamų objektų atvejais, esant 2500 K, 3000 K, 4500 K ir 6500 K SST vertėms. Matome, kad keičiant tokio šaltinio SST intervale nuo 2500 K iki 6500 K, šviesos srautas CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu keičiamas nuo 1240% iki 329%, kai apšviečiamas žemos kokybės popierius; nuo 139% iki 77%, kai apšviečiamas skudurinis popierius; nuo 134% iki 78%, kai apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus; ir nuo 128% iki 81%, kai apšviečiama tekstilė. Kitaip tariant, tam, kad būtų išlaikyta pastovi šviesos fotocheminė žala didinant SST nuo 2500 K iki 6500 K, šaltinis turi mažinti generuojamą apšvietą 3,8; 1,8; 1,7 ir 1,6 karto, apšviečiant atitinkamai žemos kokybės popierių, skudurinį popierių, aliejinius dažus ant drobės arba akvarelinius dažus ant skudurinio popieriaus ir tekstilę.

Kitas šio išradimo įgyvendinimas apima keturspalvį šviesos šaltinį, kurio elektroninė valdymo grandinės (1) vienas iš fiksuotų įvesties parametrų yra apšviečiamo šviesai jautraus objekto rūšis, aprašoma funkcijos rodikliu b , o du iš kintamų įvesties parametrų yra baltos šviesos SST ir apšviečiamų objektų spalvų sodrio perteikimo geba. Pavyzdžiui, toks šaltinis apima bent vieną komplektą iš keturių grupių spalvotų šviestukų diodų, kurių spektrinės galios skirstiniai turi smailės bangos ilgį atitinkamai maždaug 420-480 nm, 480-530 nm, 530-610 nm ir 610-660 nm intervaluose, spalvų sodrio perteikimo geba yra keičiama įvedant 530-610 nm šviestukų grupės SDSS (c_3). Valdymo grandinės SDSS modulis (5) pradžioje apskaičiuoja šaltinio spalvio koordinatas (x , y) pagal įvestą SST. Naudodama gautas spalvio koordinatas ir c_3 vertę, SDSS modulis (5) apskaičiuoja likusių trijų komponentų SDSS c_1 , c_2 ir c_4 iš [2] lygčių sistemos. Komponentų SDSS vertės yra siunčiamos į fotocheminės žalos skaičiavimo modulį (6), kuris apskaičiuoja santykinį žalos rodiklį DI_s iš [5]-[8] lygčių. Žalos rodiklio vertė siunčiama į DSS valdiklį (7), kuris nustato komponentų DSS Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 ir Φ_4 iš [11] lygties pagal SDSS vertes ir įvestą etaloninio šaltinio srautą Φ_{VE} . Galiausiai, DSS valdiklis (7) nustato kiekvienos iš keturių šviestukų grupės išėjimo srautą pagal atitinkamas DSS vertes.

Konkrečiau, toks šviesos šaltinis apima keturias spalvotų šviestukų grupes, atitinkamai, tokių šviestukų, kaip mėlyni elektroluminescenciniai InGaN šviestukai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 21 nm juostos pločiu, žali elektroluminescenciniai InGaN šviestukai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 36 nm juostos pločiu, gintariniai konversijos fosfore InGaN šviestukai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 596 nm ir maždaug 77 nm juostos pločiu ir raudoni elektroluminescenciniai AlGaInP šviestukai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 642 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu. Šių šviestukų individualūs SGS yra pavaizduoti Fig. 2.

Fig. 4a, Fig. 5a, Fig. 6a ir Fig. 7a yraparodytos raudonos, žalios ir mėlynos komponentių SDSS priklausomybės nuo gintarinių šviestukų grupės SDSS, esant atitinkamai 2500 K, 3000 K, 4500 K ir 6500 K baltos šviesos SST. Matome, kad, didinant gintarinės komponentės SDSS, raudonos ir žalios komponentių SDSS mažėja, o mėlynos – beveik nekinta. Taip pat, palyginus Fig. 4a, Fig. 5a, Fig. 6a ir Fig. 7a, matome, kad, augant SST, raudonos komponentės SDSS mažėja, o mėlynos – auga.

Fig. 4b, Fig. 5b, Fig. 6b ir Fig. 7b yra parodyti šio keturspalvio šaltinio generuojamos šviesos spalvų perteikimo rodikliai: bendrasis spalvų atgavos rodiklis R_a [CIE publikacija 13.3:1995, Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources], spalvų gamos ploto rodiklis GAI [M. S. Rea and J. P. Freyssonier-Nova, "Color rendering: A tale of two metrics," Color Res. Appl. 33, 192–202 (2008)] ir statistiniai spalvų perteikimo rodikliai [A. Žukauskas et al., Colour rendition properties of solid-state lamps, J. Phys. D Appl. Phys 43, 354006 (2010)], esant atitinkamai 2500 K, 3000 K, 4500 K ir 6500 K SST. Statistiniai rodikliai CFI, CSI ir CDI rodo, kurios dalys iš 1269 spalvinių bandinių yra perteikiamos atitinkamai be spalvio iškraipymų, su padidintu sodriu ir su sumažintu sodriu trijų žingsnių MacAdamo elipsių atžvilgiu. Matome, kad, nesant gintarinės komponentės, RGB telkinio atveju, spalvų gamos ploto rodiklis GAI ir statistinis spalvų sodrinimo rodiklis CSI turi didžiausias vertes. Tuo tarpu, gintarinės komponentės SDSS įgavus maksimalią vertę ir, atitinkamai, nesant raudonos komponentės, AGB telkinio atveju, spalvų gamos ploto rodiklis GAI turi mažiausias vertes, o statistinis spalvų blukinimo rodiklis CDI – didžiausias. Esant tam tikroms tarpinėms gintarinės ir raudonos komponentių SDSS vertėms, bendrasis spalvų atgavos rodiklis R_a ir statistinis spalvų

tikslumo rodiklis CFI pasiekia maksimalias vertes. Vadinasi, keičiant gintarinės komponentės SDSS, keturspalvis šaltinis pastebimai keičia apšviečiamų objektų spalvų sodrį, o taip pat pasiekia mažiausius sodrio iškraipymus.

Fig. 4c, Fig. 5c, Fig. 6c ir Fig. 7c yraparodytos santykinio fotocheminės žalos rodiklio priklausomybės nuo gintarinių šviestukų grupės SDSS, esant atitinkamai 2500 K, 3000 K, 4500 K ir 6500 K SST. Matome, kad skudurinio popieriaus, aliejinių dažų ant drobės arba akvarelinių dažų ant skudurinio popieriaus ir tekstilės atvejais santykinis fotocheminės žalos rodiklis mažėja, didėjant gintarinės komponentės SDSS, o žemos kokybės popieriaus atveju jis kinta mažai. Tačiau, palyginus Fig. 4c, Fig. 5c, Fig. 6c ir Fig. 7c, matome, kad, augant SST, santykinis fotocheminės žalos rodiklis visais atvejais auga.

2 lentelėje yra pateiktos šviesos šaltinio išėjimo srauto koeficiento vertės, CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu (F), atitinkančios pastovų spinduliuotės fotocheminį poveikį įvairių apšviečiamų objektų atvejais, esant būdingoms gintarinės komponentės SDSS vertėms ir 2500 K, 3000 K, 4500 K ir 6500 K SST vertėms. Matome, kad, esant 2500 K SST ir, atitinkamai, gintarinių šviestukų SDSS kintant nuo 0 iki maksimalios 0,878 vertės, šviesos srautas CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu keičiamas:

- (a) nuo 1240% iki 1290%, kai apšviečiamas žemos kokybės popierius;
- (b) nuo 139% iki 183%, kai apšviečiamas skudurinis popierius;
- (c) nuo 134% iki 179%, kai apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus;
- (d) nuo 128% iki 174%, kai apšviečiama tekstilė.

Esant 3000 K SST ir, atitinkamai, gintarinių šviestukų SDSS kintant nuo 0 iki maksimalios 0,815 vertės, šviesos srautas CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu keičiamas:

- (a) nuo 874% iki 896%, kai apšviečiamas žemos kokybės popierius;
- (b) nuo 124% iki 154%, kai apšviečiamas skudurinis popierius;
- (c) nuo 121% iki 152%, kai apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus;

(d) nuo 119% iki 151%, kai apšviečiama tekstilė.

Esant 4500 K SST ir, atitinkamai, gintarinių šviestukų SDSS kintant nuo 0 iki maksimalios 0,686 vertės, šviesos srautas CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu keičiamas:

(a) nuo 477% iki 482%, kai apšviečiamas žemos kokybės popierius;

(b) nuo 95% iki 108%, kai apšviečiamas skudurinis popierius;

(c) nuo 95% iki 109%, kai apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus;

(d) nuo 97% iki 113%, kai apšviečiama tekstilė.

Esant 6500 K SST ir, atitinkamai, gintarinių šviestukų SDSS kintant nuo 0 iki maksimalios 0,593 vertės, šviesos srautas CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu keičiamas:

(a) nuo 329% iki 331%, kai apšviečiamas žemos kokybės popierius;

(b) nuo 77% iki 85%, kai apšviečiamas skudurinis popierius;

(c) nuo 78% iki 86%, kai apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus;

(d) nuo 81% iki 90%, kai apšviečiama tekstilė.

Kitaip tariant, tam, kad būtų išlaikyta pastovi šviesos fotocheminė žala, kintant gintarinio šviestuko SDSS nuo maksimalios vertės iki nulio, šaltinis turi mažinti generuojamą apšvietą, žiūrint kokia yra SST, 1,01-1,04 karto apšviečiant žemos kokybės popierių, 1,09-1,32 karto apšviečiant skudurinį popierių, 1,10-1,33 karto apšviečiant aliejinius dažus ant drobės arba akvarelinius dažus ant skudurinio popieriaus ir 1,11-1,36 karto apšviečiant tekstilę.

Iš pateiktų pavyzdžių matome, kad atskleidžiamas daugiaspalvis šaltinis, daugeliu atveju reikšmingai stabilizuoja generuojamos spinduliuotės fotocheminį poveikį apšviečiamiems šviesai jautriems objektams, kuomet yra keičiami apšvietimo kokybiniai parametrai, tokie kaip spalvis, SST ir spalvų sodrinimo geba. Viena vertus, toks šaltinis leidžia apsaugoti šviesai jautrius objektus nuo spinduliuotės fotocheminio poveikio didėjimo, keičiant apšvietimo kokybinius parametrus. Kita vertus, tam tikrais atvejais toks šaltinis leidžia padidinti apšvietą etaloninio šviesos šaltinio atžvilgiu,

nedidinant spinduliuotės fotocheminio poveikio. Tokie šviesos šaltiniai gali būti taikomi, parenkant dailės kurinių ir muziejinių eksponatų, taip pat kitų šviesai jautrių objektų spalvinę išraišką, nesukeliant papildomo fotocheminio poveikio.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Šviesos šaltinis, apimantis bent vieną komplektą iš bent dviejų grupių regimos šviesos spindulių, turinčių skirtingus spektrinės galios skirstinius ir individualius dalinius spindulinius srautus, elektroninę grandinę, apimančią įvesties įrenginį ir valdančią kiekvienos spindulių grupės dalinį spindulinį srautą pagal įvesties parametrus, ir optinį elementą, skirtą skirtingų spindulių grupių generuojamos spinduliuotės tolygiam paskirstymui po apšviečiamą objektą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad šviesos šaltinio elektroninė grandinė turi modulį, kuris apskaičiuoja generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikį apšviečiamam objektui pagal šviesos šaltinio spektrinės galios skirstinį ir tam objektui būdingą fotocheminės žalios funkciją, kuri aprašo apšviečiamos medžiagos spektrinį fotocheminį jautrį, taip, kad minėto šviesos šaltinio generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikis apšviečiamiems objektams išlieka pastovus.

2. Šviesos šaltinis pagal 1 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad elektroninė grandinė keičia spindulių grupių dalinius spindulinius srautus tiek individualiai, tiek proporcingai visus kartu, valdydama bent vieną iš šių parametrų: įžiebtų spindulių skaičių, maitinimo srovės stiprį bei maitinimo srovės impulsų trukmę, pasikartojimo dažnį ir veikimo ciklą.

3. Šviesos šaltinis pagal 1 ir 2 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikis apšviečiamiems objektams išlaikomas pastovus, kai kintamas įvesties parametras yra generuojamos šviesos spalvis.

4. Šviesos šaltinis pagal 3 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad minėtas šviesos šaltinis yra baltos šviesos šaltinis, apimantis bent vieną komplektą iš bent trijų regimos šviesos spindulių, ir tuo, kad generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikis apšviečiamiems objektams yra išlaikomas pastovus, kai kintamas įvesties parametras yra generuojamos baltos šviesos susietoji spalvinė temperatūra.

5. Šviesos šaltinis pagal 4 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad šviesos šaltinis apima bent vieną komplektą iš trijų grupių spalvotų šviesos diodų, kurių spektrinės galios skirstiniai turi smailės bangos ilgus atitinkamai maždaug 420-490 nm, 490-600 nm ir 600-660 nm intervaluose, ir kurių santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra randami iš spalvų maišymo lygčių pagal įvesties susietąją

spalvinę temperatūrą.

6. Šviesos šaltinis pagal 5 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad jis apima tris spinduolių grupes, kurios yra sudarytos atitinkamai iš elektroliuminescencinių diodų, kaip pavyzdžiui iš mėlynų InGaN šviesos diodų, kurių smailės bangos ilgis yra ties maždaug 452 nm, o juostos plotis yra maždaug 21 nm, žalių InGaN šviesos diodų, kurių smailės bangos ilgis yra ties maždaug 523 nm, o juostos plotis yra maždaug 36 nm, ir raudonų AlGaInP šviesos diodų, kurių smailės bangos ilgis yra ties maždaug 642 nm, o juostos plotis yra maždaug 20 nm, kur minėto šviesos šaltinio generuojama apšvieta 2856 K temperatūros juodojo kūno generuojamos apšvietos atžvilgiu, yra:

(a) 1239%, 874%, 477% ir 329%, esant atitinkamai 2500 K, 3000 K, 4500 K ir 6500 K šaltinio susietajai spalvinei temperatūrai, kai apšviečiamas žemos kokybės popierius;

(b) 139%, 124%, 95% ir 77%, esant atitinkamai 2500 K, 3000 K, 4500 K ir 6500 K šaltinio susietajai spalvinei temperatūrai, kai apšviečiamas skudurinis popierius;

(c) 134%, 121%, 95% ir 78%, esant atitinkamai 2500 K, 3000 K, 4500 K ir 6500 K šaltinio susietajai spalvinei temperatūrai, kai apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus;

(d) 128%, 119%, 97% ir 81%, esant atitinkamai 2500 K, 3000 K, 4500 K ir 6500 K šaltinio susietajai spalvinei temperatūrai, kai apšviečiama tekstilė.

7. Šviesos šaltinis pagal 3 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad šviesos šaltinis apima bent vieną komplektą iš bent keturių regimos šviesos spinduolių, o generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikis apšviečiamiems objektams yra išlaikomas pastovus, kai kintami įvesties parametrai yra generuojamos baltos šviesos spalvis ir apšviečiamų objektų spalvų sodrio perteikimo geba.

8. Šviesos šaltinis pagal 7 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad jis apima bent vieną komplektą iš keturių grupių spalvotų šviesos diodų, kurių spektrinės galios skirstiniai turi smailės bangos ilgius atitinkamai maždaug 420-480 nm, 480-530 nm, 530-610 nm ir 610-660 nm intervaluose, ir kurių santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra randami iš spalvų maišymo lygčių pagal įvestą spalvį ir pagal įvestą 530-610 nm arba 610-660 nm šviesos diodų dalinį spindulinį srautą, kuriuo yra nustatoma

apšviečiamų objektų spalvų sodrio perteikimo geba.

9. Šviesos šaltinis pagal 8 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad jis apima keturias spalvotų šviesos diodų grupes, kurios yra sudarytos atitinkamai iš tokių šviesos diodų, kaip mėlyni elektroliuminescenciniai InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 21 nm juostos pločiu, žali elektroliuminescenciniai InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 36 nm juostos pločiu, gintariniai konversijos fosfore InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 596 nm ir maždaug 77 nm juostos pločiu, ir raudoni elektroliuminescenciniai AlGaInP šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 642 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, kur minėto šviesos šaltinio generuojama apšvieta 2856 K temperatūros juodojo kūno generuojamos apšvietos atžvilgiu, yra:

- esant 2500 K susietajai spalvinei temperatūrai ir, atitinkamai, gintarinio šviesos diodo santykiniam daliniam spinduliniam srautui kintant nuo 0 iki maksimalios 0,878 vertės,

(a) nuo 1240% iki 1290%, kai apšviečiamas žemos kokybės popierius;

(b) nuo 139% iki 183%, kai apšviečiamas skudurinis popierius;

(c) nuo 134% iki 179%, kai apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus;

(d) nuo 128% iki 174%, kai apšviečiama tekstilė.

- esant 3000 K susietajai spalvinei temperatūrai ir, atitinkamai, gintarinio šviesos diodo santykiniam daliniam spinduliniam srautui kintant nuo 0 iki maksimalios 0,815 vertės,

(a) nuo 874% iki 896%, kai apšviečiamas žemos kokybės popierius;

(b) nuo 124% iki 154%, kai apšviečiamas skudurinis popierius;

(c) nuo 121% iki 152%, kai apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus;

(d) nuo 119% iki 151%, kai apšviečiama tekstilė.

- esant 4500 K susietajai spalvinei temperatūrai ir, atitinkamai, gintarinio šviesos diodo santykiniam daliniam spinduliniam srautui kintant nuo 0 iki maksimalios

0,686 vertės,

(a) nuo 477% iki 482%, kai apšviečiamas žemos kokybės popierius;

(b) nuo 95% iki 108%, kai apšviečiamas skudurinis popierius;

(c) nuo 95% iki 109%, kai apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus;

(d) nuo 97% iki 113%, kai apšviečiama tekstilė.

- esant 6500 K susietajai spalvinei temperatūrai ir, atitinkamai, gintarinio šviesos diodo santykiniam daliniam spinduliniam srautui kintant nuo 0 iki maksimalios 0,593 vertės,

(a) nuo 329% iki 331%, kai apšviečiamas žemos kokybės popierius;

(b) nuo 77% iki 85%, kai apšviečiamas skudurinis popierius;

(c) nuo 78% iki 86%, kai apšviečiami aliejiniai dažai ant drobės arba akvareliniai dažai ant skudurinio popieriaus;

(d) nuo 81% iki 90%, kai apšviečiama tekstilė.

10. Šviesos šaltinis pagal bet kurį ankstesnį punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikis apšviečiamiems objektams yra išlaikomas pastovus ir lygus juodojo kūno spinduliuotės, kurios spalvinė temperatūra yra nustatyta 1500-5000 K intervale, arba dienos šviesos fazės standartinio šviesmens spinduliuotės, kurios susiejoji spalvinė temperatūra yra nustatyta 4000-25 000 K intervale, fotocheminės žalos poveikiui.

11. Šviesai jautrių objektų apšvietimo šviesos šaltiniu pagal bet kurį ankstesnį punktą valdymo būdas, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad apšviečiamų objektų spalvinė išraiška yra parenkama, valdant kiekvienos spinduolių grupės dalinio spindulinį srautą, tačiau nekeičiant generuojamos spinduliuotės fotocheminės žalos poveikio šiems objektams.

12. Šviesai jautrių objektų apšvietimo šviesos šaltiniu pagal 11 punktą valdymo būdas, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad apšviečiami objektai yra muziejiniai objektai, turintys būdingą fotocheminės žalos funkciją, tokie kaip žemos kokybės popierius, skudurinis popierius, aliejiniai dažai ant drobės, vandens dažai ant skudurinio popieriaus, tekstilė.

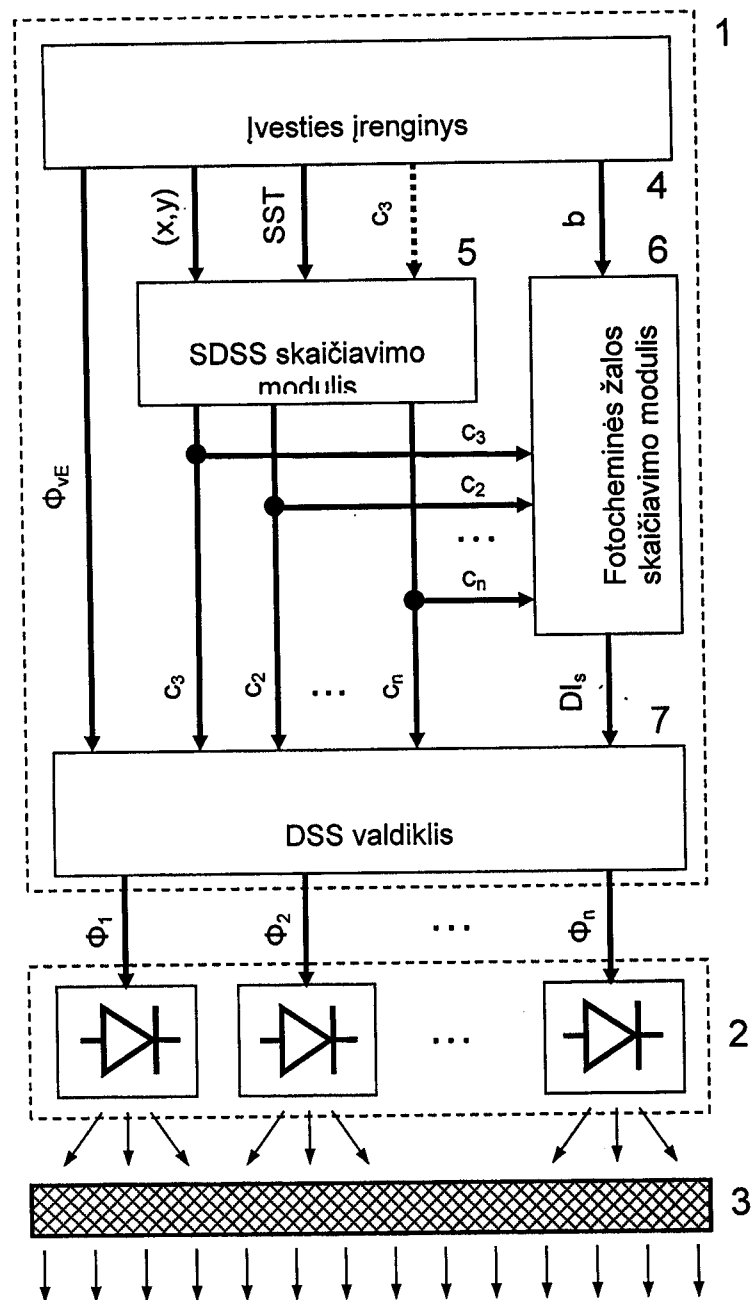


Fig. 1

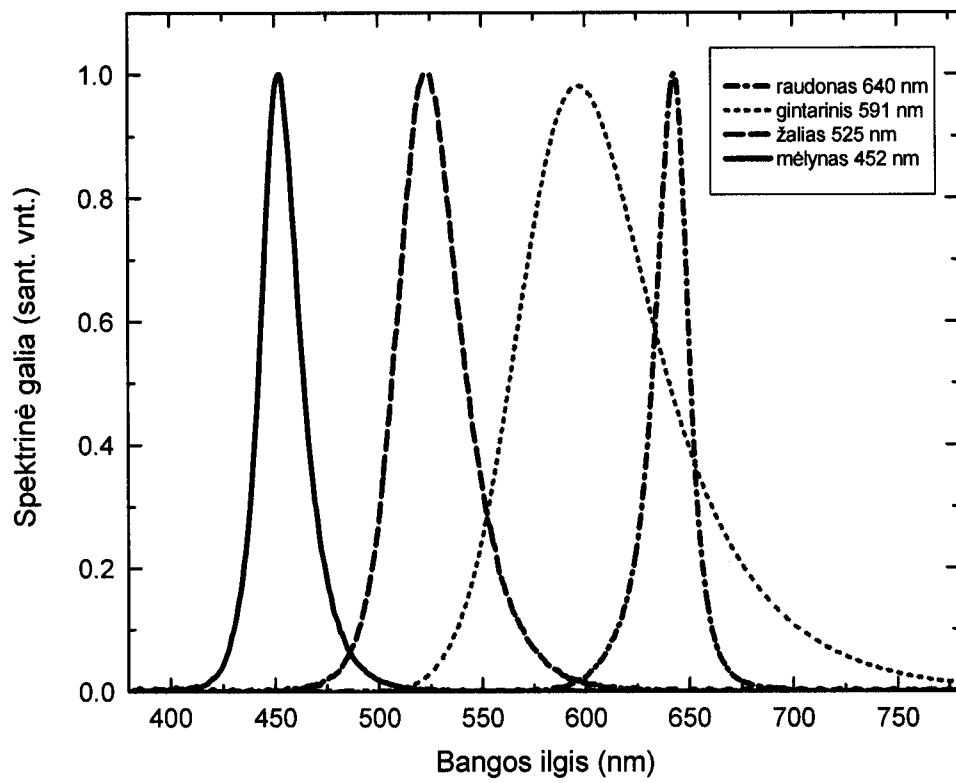


Fig. 2

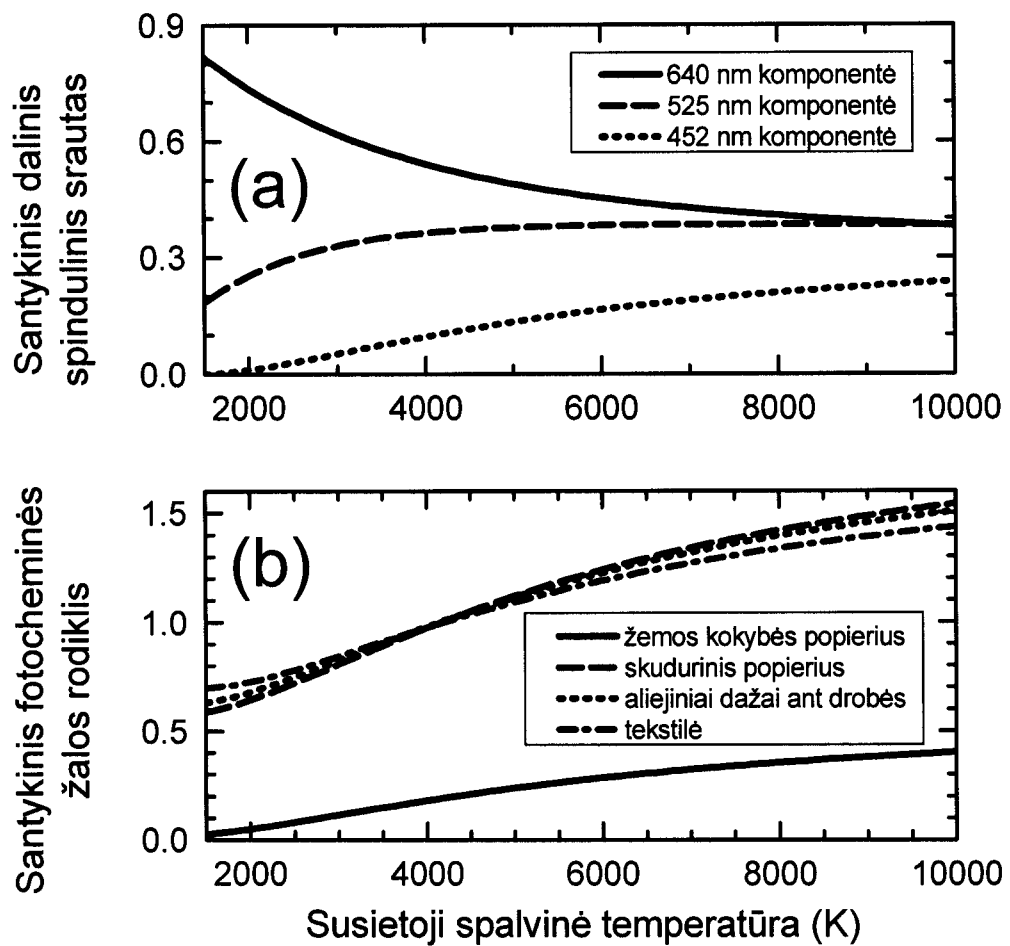


Fig. 3

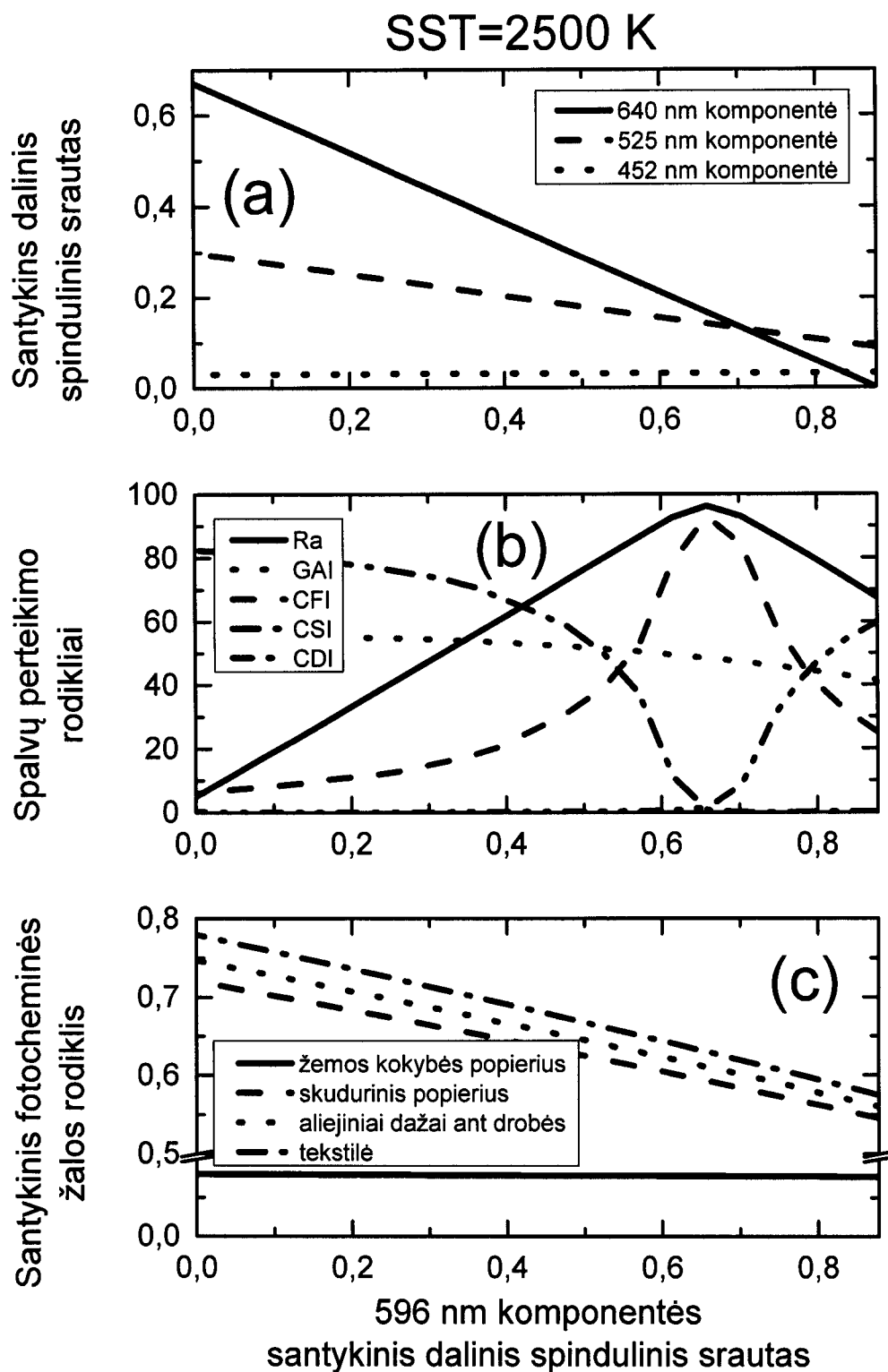


Fig. 4

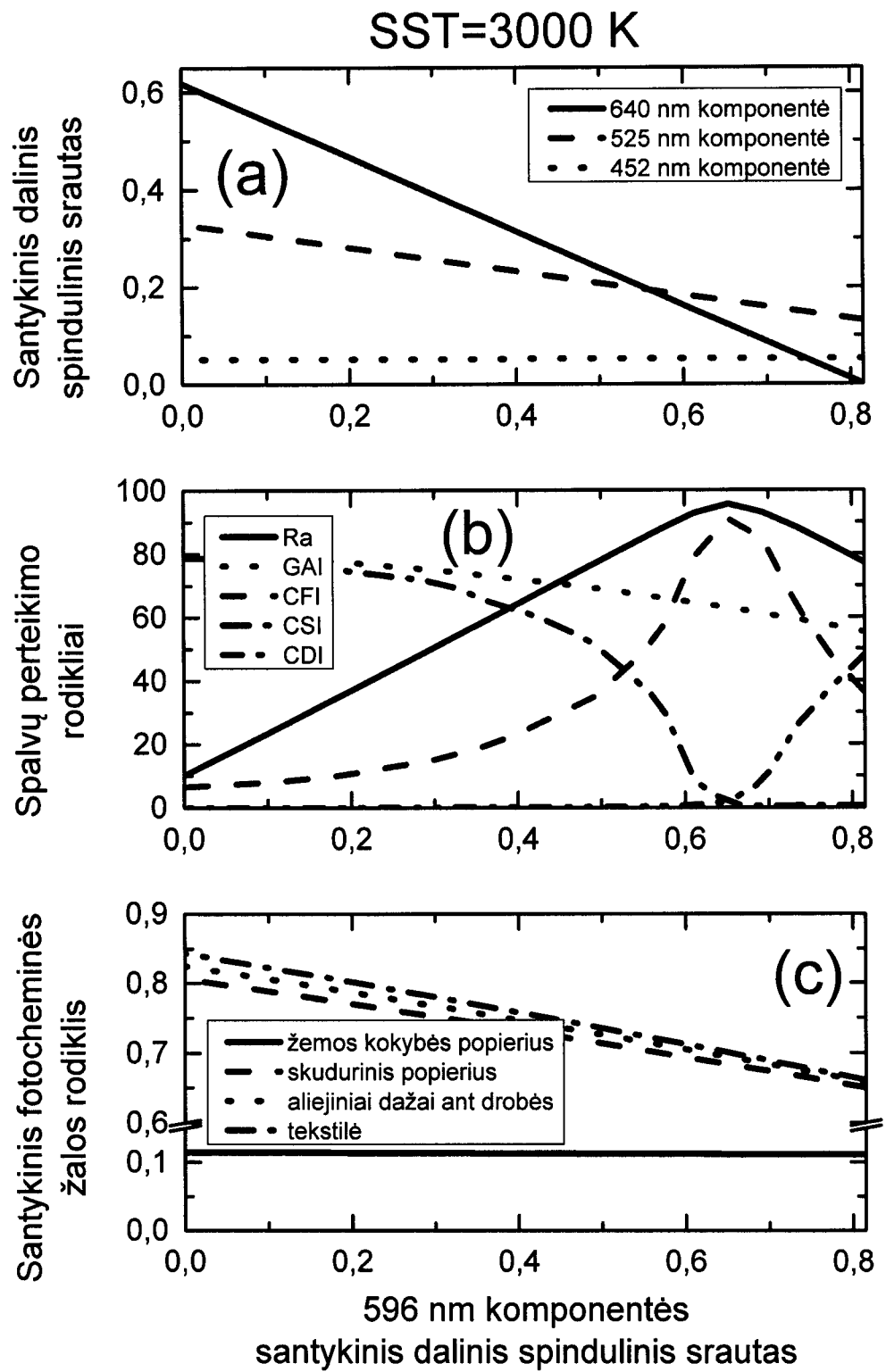


Fig. 5

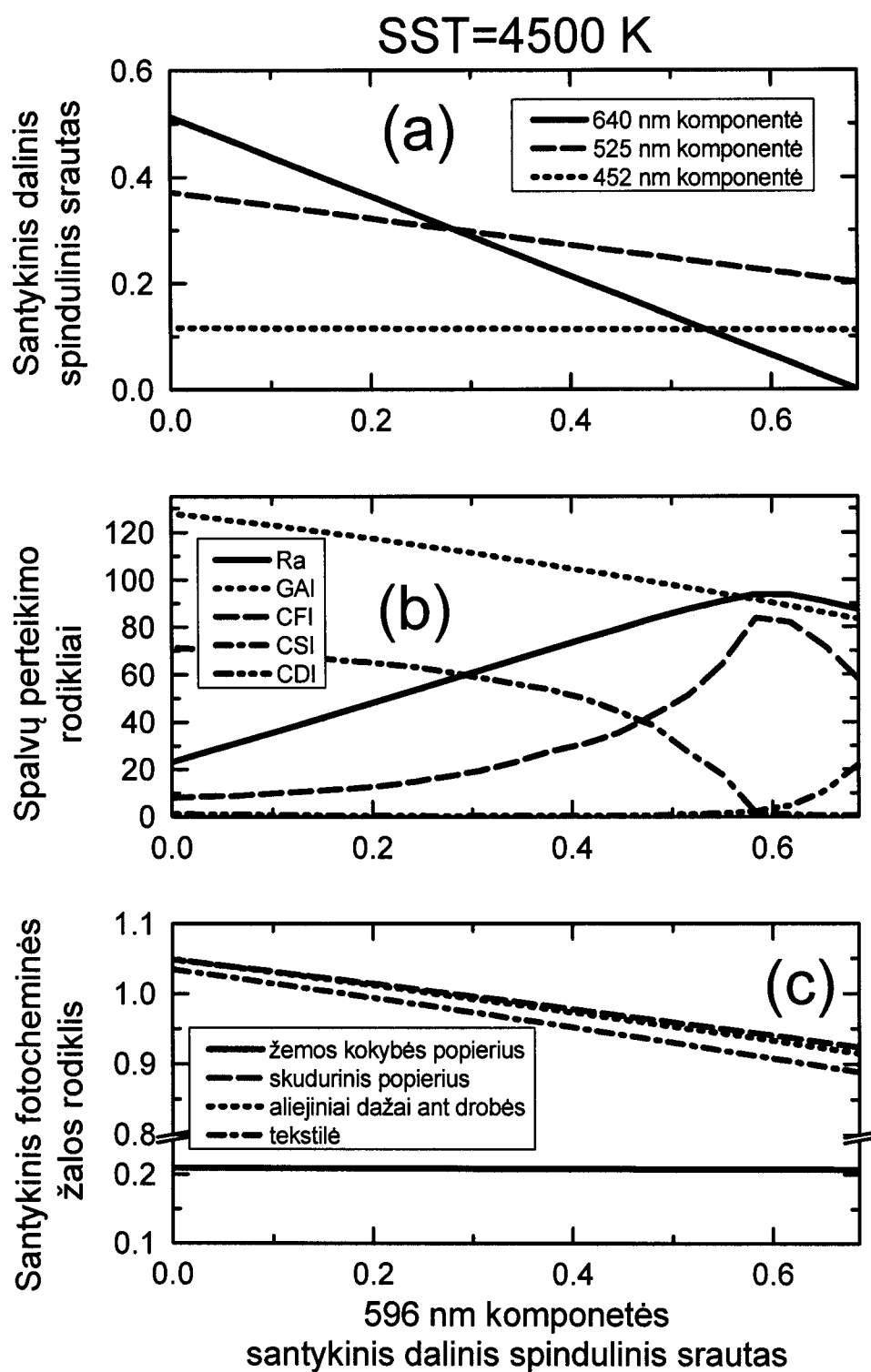


Fig. 6

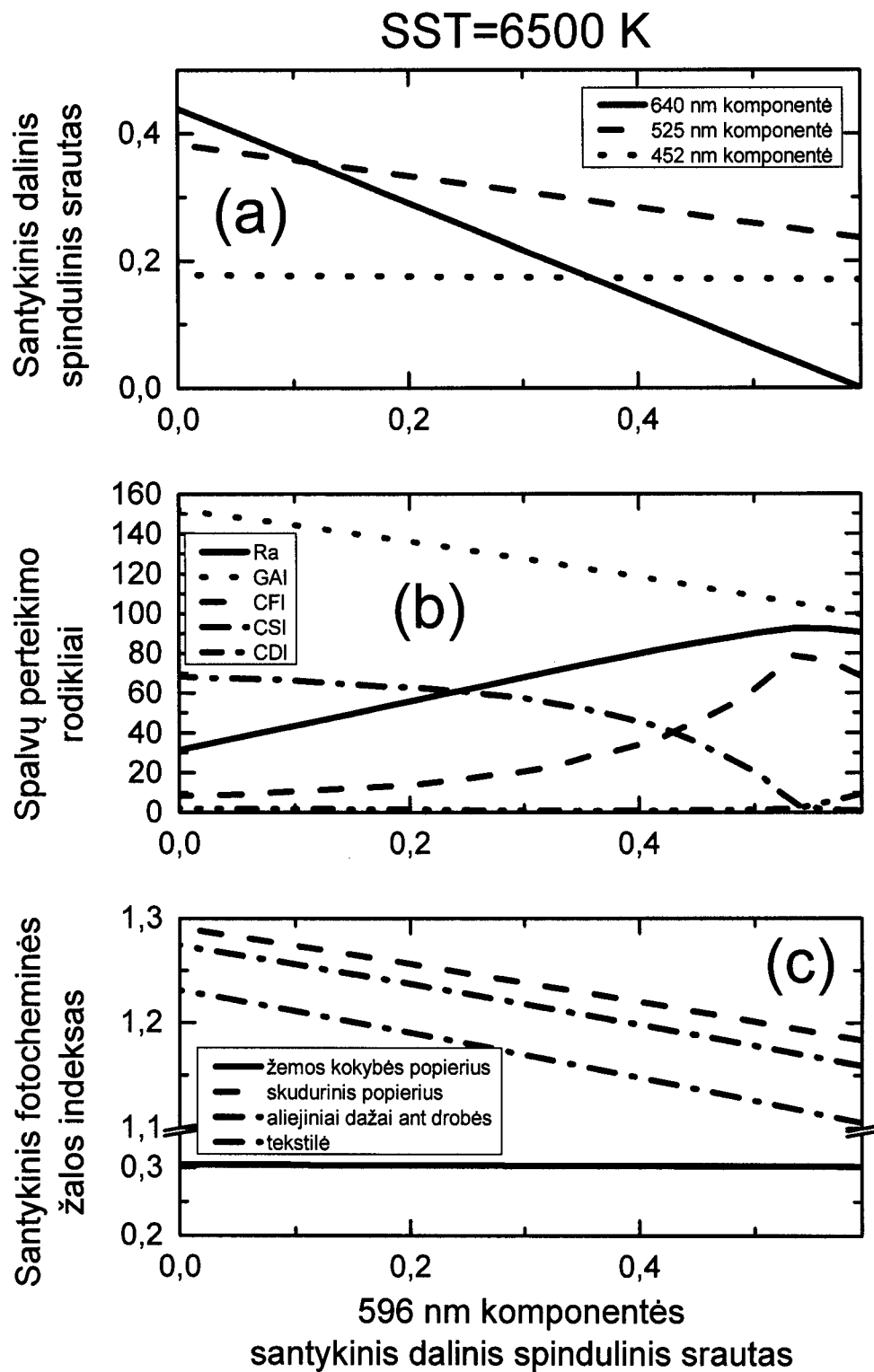


Fig. 7

1 lentelė. Trispalvio šaltinio generuojamo šviesos srauto koeficientai CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu, esant skirtingiems apšviečiamiems objektams.

Susietoji spalvinė temperatūra (K)	Šviesos srauto koeficientas CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu			
	Žemos kokybės popierius	Skudurinis popierius	Aliejiniai dažai ant drobės, akvarelė ant skudurinio popieriaus	Tekstilė
2500	12,4	1,39	1,34	1,28
3000	8,74	1,24	1,21	1,19
4500	4,77	0,95	0,95	0,97
6500	3,29	0,77	0,78	0,81

2 lentelė. Keturspalvio šaltinio generuojamo šviesos srauto koeficientai CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu, esant skirtingiems apšviečiamiesiems objektams.

Susietoji spalvinė temperatūra (K)	596 nm komponentės santykinis dalinis spindulinis srautas	Spalvų perteikimo rodikliai					Šviesos srauto koeficientas CIE A standartinio šviesmens atžvilgiu			
		R _a	GAI	CFI	CSI	CDI	Žemos kokybės popierius	Skudurinis popierius	Aliejiniai dažai ant drobės, akvarelė ant skudurinio popieriaus	Tekstilė
2500	0	5	55	6	83	0	12,4	1,39	1,34	1,28
	0,659	96	48	93	1	1	12,8	1,69	1,64	1,59
	0,878	67	41	26	0	60	12,9	1,83	1,79	1,74
3000	0	10	80	7	79	0	8,74	1,24	1,21	1,19
	0,652	96	63	91	1	2	8,91	1,46	1,44	1,43
	0,815	77	55	36	1	48	8,96	1,54	1,52	1,51
4500	0	23	128	8	71	1	4,77	0,95	0,95	0,97
	0,583	94	91	84	1	2	4,81	1,06	1,07	1,10
	0,686	87	83	58	1	22	4,82	1,08	1,09	1,13
6500	0	31	152	8	68	2	3,29	0,77	0,78	0,81
	0,534	92	105	79	4	2	3,30	0,84	0,85	0,89
	0,593	90	99	68	1	9	3,31	0,85	0,86	0,90