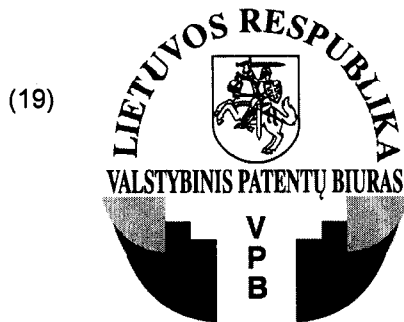




(10) **LT 5918 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patento numeris: **5918** (51) Int. Cl. (2011.01): **A01G 7/00**
A01G 9/00
(21) Paraiškos numeris: **2011 063** **H01L 33/00**
H01L 27/00
(22) Paraiškos padavimo data: **2011 07 12** **H01L 51/00**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2013 01 25**
(45) Patento paskelbimo data: **2013 03 25**
(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
Pranciškus VITTA, LT
Arūnas TUZIKAS, LT
Michael SHUR, US
(73) Patento savininkas:
Vilniaus Universitetas, Universiteto g. 3, LT-01513 Vilnius, LT
(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Otilija KLIMAITIENĖ, AAA Baltic Service Company, J.Jasinskio g. 16A, LT-01112 Vilnius, LT

- (54) Pavadinimas:
Daugiaspalviai kietakūniai šviesos šaltiniai, skirti apšviečiamų paviršių spalvų sodrio valdymui
(57) Referatas:

Šis išradimas susijęs su daugiaspalviais baltos šviesos šaltiniais, kuriuos sudaro bent du skirtingi spalvoti spinduliai, tokie kaip šviesos diodu grupės. Atskleidžiami spalvotu spinduliu spektriniai galios skirstiniai ir santykiniai daliniai spinduliniai srautai, kurie leidžia valdyti generuotos šviesos spalvų sodrinimo gebą, būtent, gebėjimą perteikti spalvas su padidintu sodriu ir gebėjimą perteikti spalvas su sumažintu sodriu. Taip pat atskleidžiamas generuotos šviesos spalvų sodrinimo gebos dinaminio derinimo būdas.

Technikos sritis

- 5 Šis išradimas susijęs su daugiaspalviais baltos šviesos šaltiniais, kuriuos sudaro bent dvi grupės spalvotų spinduolių, tokių kaip šviesos diodai (šviestukai) ar lazeriai, turinčių skirtingus spektrinės galios skirstinius (SPD) ir santykinius dalinius spindulinius srautus (RPRF). Tokie šaltiniai yra konstruojami tam kad generuotų baltą šviesą su numatyta koreliuotąja spalvine temperatūra (CCT) ir numatytu
- 10 mažiausiu šviesos veiksmingumu (LER) ar mažiausiu šviesiniu našumu tokiu būdu, kad apšviečiamų paviršių spalvų sodrinimo geba galėtų būti valdoma. Konkrečiau, šio išradimo įgyvendinimai aprašo dvispalvius, trispalvius ir keturspalvius šaltinius, kurie, palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, tokiu kaip juodojo kūno ar dienos fazės šviesmuo, perteikia ne mažiau kaip iš anksto
- 15 nustatytos dalies didelio skaičiaus spalvinių bandinių spalvas su padidintu (sumažintu) spalviniu sodriu, tuo tarpu kai ne daugiau kaip kitos iš anksto nustatytos dalies didelio skaičiaus spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu (padidintu) spalviniu sodriu. Aprašytas SPD sudarymo iš siaurajuosčių spinduliavimų būdas, skirtas spalvų sodrinimo gebai valdyti, atskleistos baltos
- 20 šviesos su skirtinga spalvų sodrinimo geba spektrinės sudėties ir pasiūlytas šviesos šaltinis su dinamiškai derinama spalvų sodrinimo geba.

Apibrėžimai:

- Šviestukas (LED) – šviesos diodas verčiantis elektros energiją į šviesą
- 25 dėka injekcinės elektroliuminescencijos.
- Spalvų erdvė – modelis, skirtas matematiniam spalvų aibės pavaizdavimui.
 - Munsello bandiniai – Munsello pasiūlytas ir vėliau atnaujintas spalvinių bandinių rinkinys, kuriame kiekvienas bandinys yra apibūdinamas spalvos tonu, šviesiu (šviesio skale) ir sodriu (spalvos grynumo/sodrio skale).
- 30 - Spalva perteikta su padidintu sodriu – spalvinio bandinio spalva, kuri, pakeitus etaloninį šviesos šaltinį testuojamu šaltiniu, turi spalvio poslinkį, išeinantį

iš spalvio diagramos srities, apimančios visus spalvius, neskiriamus vidutine žmogaus akimi, ir nukreiptą iš šios srities centro didesnio spalvos sodrio kryptimi.

- Spalva perteikta su sumažintu sodriu – spalvinio bandinio spalva, kuri, pakeitus etaloninį šviesos šaltinį testuojamu šaltiniu, turi spalvio poslinkį, išeinantį

5 iš iš spalvio diagramos srities, apimančios visus spalvius, neskiriamus vidutine žmogaus akimi, ir nukreiptą iš šios srities centro mažesnio spalvos sodrio kryptimi.

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

10

Technikos lygio aprašymas

[00] Balta šviesa gali būti sudaryta iš spalvotų komponentių naudojant spalvų maišymo principą, kuris remiasi trimis spalvų maišymo lygtimis. Iš spalvų maišymo principo seka, kad naudojant mišinius turinčius tik dvi spalvotas komponentes, 15 tokias kaip mėlyna ir geltona arba raudona ir žaliai mėlyna, balta šviesa su numatyta CCT gali būti gauta, kai šios spalvotos komponentės papildo viena kitą, t.y. tiek jų spalvos tonai, tiek RPRF yra tiksliai suderinti tam tikru būdu. Trijų spalvotų komponentių, tokių kaip raudona, žalia ir mėlyna, rinkinys gali būti naudojamas sudaryti baltą šviesą su skirtingomis CCT ir skirtingomis spalvų 20 atgavos savybėmis priklausomai nuo kiekvienos pasirinktų spindulių grupės SPD ir RPRF. Kai naudojamos keturios ar daugiau tinkamos spalvotos komponentės, trys spalvų maišymo lygtys neduoda vienintelio sprendinio pasirinktam baltos šviesos spalviui, t.y. to paties spalvio balta šviesa gali būti gauta naudojant begalę SPD, turinčių spalvotų komponentių derinius su įvairiais RPRF. Tai reiškia, kad, 25 naudojant tam tikrą keturių ir daugiau pirminių šaltinių rinkinį, gali būti keičiamos baltos šviesos spalvų atgavos savybės.

Baltos šviesos SPD derinimas vienoje lempos tapo galimas plėtojantis kietakūnio apšvietimo technologijai, kuri remiasi šviestukais. Šviestukuose naudojamas 30 injekcinės elektroliuminescencijos principas, kurio dėka generuojama siaurajuostė spinduliuotė su spektrine smailės padėtimi valdoma, kaitaliojant generuojančių šviesą (aktyviųjų) sluoksnių cheminę sudėtį ir storį. Kai kuriuose šviestukuose

- naudojama dalinė ar visiška elektroliuminescencijos konversija į kitus bangos ilgius. Esami šviestukai yra daugelio spalvų, jie yra mažų matmenų ir jų veikimo principas leidžia keisti išėjimo srautą maitinančia srove. Skirtingo spalvio šviestukų montavimas į matricas, elektroninių grandinių naudojimas kiekvienos spindulių grupės dalinio srauto valdymui ir optinių priemonių skirtų tolygiam spalviškai maišytos spinduliuotės paskirstymui taikymas leidžia sukurti universalius šviesos šaltinius su iš anksto numatytais arba dinamiškai derinamomis spalvų atgavos savybėmis.
- 10 Toks apšvietimo savybių universalumas buvo nagrinėjamas daugelyje žinomo technikos lygio patentų ir publikacijų. D.A. Doughty ir kt. (JAV patentas Nr. 5,851,063, 1998) pasiūlė šviesos šaltinį, sudarytą iš 4 spalvotų šviestukų grupių, kuomet šviestukų bangos ilgiai yra parinkti taip, kad bendrasis spalvų atgavos rodiklis (R_a), apibrėžtas Tarptautinės apšvietimo komisijos (Commission Internationale de l'Éclairage, CIE) (CIE publikacija Nr. 13.3, 1995), yra ne mažesnis kaip maždaug 80 ar 85. H.F. Börner ir kt. (JAV patentas Nr. 6,234,645, 2001) atskleidė apšvietimo sistemą, sudarytą iš keturių šviestukų, su šviesiniu našumu ir R_a turinčių ne mažesnes nei iš anksto nustatytąsias vertes. Paskesnėse žurnalų publikacijose buvo nustatytas balansas tarp LER ir bendrojo spalvų atgavos rodiklio, o taip pat optimalūs šviestukų bangos ilgiai keturspalviams ir penkiaspalviams šaltiniams (A. Zukauskas ir kt., Proc. SPIE 4445, 148, 2001; A. Zukauskas ir kt., Appl. Phys. Lett., 80, 234, 2002; A. Zukauskas ir kt., Int. J. High Speed Electron. Syst. 12, 429, 2002). M. Shimizu ir kt. (JAV patentas Nr. 6,817,735, 2004 ir Nr. 7,008,078, 2006) atskleidė keturspalvius kietakūnius baltos šviesos šaltinius su ne mažesniu kaip 90 bendruoju spalvų atgavos rodikliu ir su padidinta spalvų sodrinimo geba (padidintu spalvių gamos plotu keturiems standartiniams CIE spalviniams bandiniams). I. Ashdown ir M. Salsbury (JAV patentinė paraiška Nr. 2008/0013314, 2008) atskleidė šviesos šaltinį, turintį keturis ar daugiau šviesą spinduliuojančių elementų su daliniais spinduliniais srautais derinamais tokiu būdu, kad galėtų būti vykdomas balansas tarp kokybinių apšvietimo charakteristikų, tokių kaip R_a ar spalvinės kokybės skalės (CQS; W. Davis ir Y. Ohno, Proc. SPIE 5941, 59411G, 2005; W. Davis ir Y. Ohno, Opt.

Eng. 49, 033602, 2010), ir kiekybinių charakteristikų, tokių kaip šviesinis našumas ir išėjimo galia.

Tačiau anksčiau minėti baltos šviesos šaltinių, sudarytų iš daugybinių spalvotų
5 komponenčių, optimizavimo būdai neišnaudoja visų universalios spalvinės kokybės privalumų, būdingų kietakūniai apšvietimui. Dauguma metodų yra grindžiami vien tik baltos šviesos spalvų atgavos tikslumo charakteristikomis, tokiomis kaip bendrasis spalvų atgavos rodiklis, arba naudoja jungtines charakteristikas, kuriuose yra integruojama tikslaus spalvų perteikimo geba ir
10 spalvų sodrinimo geba. Be to, bendrojo spalvų atgavos rodiklio, kaip vienintelio šviesos kokybės rodiklio, naudojimas prieštarauja kietakūnių šviesos šaltinių vizualiajam reitingavimui (N. Narendran ir L. Deng, Proc. SPIE 4776, 61, 2002; Y. Nakano ir kt., Proc. AIC Colour 05, Granada, Spain, 2005, p 1625) ir šiuo metu yra pripažįstamas pasenusiu (CIE publikacija Nr. 177, 2007). Viena iš R_a
15 netinkamumo priežasčių yra vienodas skirtingų tipų spalvos iškraipymų traktavimas. Tuo tarpu žinoma, kad iškraipymai, kurie didina spalvos sodrį, yra vizualiai toleruojami ir jiems net gi teikiama pirmenybė. Kita priežastis yra didelio skaičiaus spalvinių bandinių panaudojimo negalimumas R_a įvertinimo procedūroje, kadangi spalvos poslinkių vidurkis, naudojamas bendrajame spalvų atgavos
20 rodiklyje, yra mažai prasmingas, kai bandiniai turi labai skirtingą spalvinį sodrį. Pastangos sušvelninti spalvų sodrio problemą šviesos spalvinės kokybės įvertinime, kartu didinant R_a ir gamos plotą, esant mažam spalvinių bandinių skaičiui arba toleruojant sodrinančius spalvas iškraipymus (CQS metodas), negali visiškai aprašyti apšvietimo spalvinę kokybę. Spalvinės kokybės matas turi
25 atsižvelgti ne mažiau kaip į dvi skirtingas spalvų atgavos charakteristikas: gebėjimą perteikti spalvas, kad spalvos atrodytų „natūralios“ (spalvų tikslumas), ir gebėjimą perteikti spalvas, kad spalvos atrodytų „ryškios“ ir lengvai atskiriamos (spalvų sodrinimas) (M. S. Rea ir J. P. Freyssinier-Nova, Colour Res. Appl. 33, 192, 2008; A. Zukauskas ir kt., IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. 15, 1753,
30 2009). Šios dvi spalvinės kokybės charakteristikos yra priešingos viena kitai ir gali būti optimizuotos tik jas tarpusavyje balansuojant, kadangi spalvos, kurios atrodo kaip „natūralios“ nepasižymi padidintu sodriu ir atvirkščiai.

Pažangesnė šviesos šaltinių spalvinės kokybės traktuotė remiasi spalvos poslinkio vektorių analize esant bet kokiam skirtingų spalvinių bandinių skaičiui ir šių bandinių skirstymu į keletą grupių priklausomai nuo spalvos iškraipymo, kuris atsiranda pakeitus etaloninį šaltinį testuojamuoju, pobūdžio (A. Zukauskas ir kt.,
5 IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. 15, 1753, 2009; A. Zukauskas ir kt., J. Phys. D Appl. Phys. 43, 354006, 2010). Šiame statistiniame metode, kuris aiškiai skiria skirtingas spalvų atgavos savybes, spalvos poslinkio vektoriai yra skaitiškai rūšiuojami priklausomai nuo jų elgesio vos suvokiamų spalvio ir šviesio eksperimente nustatytų skirtumų atžvilgiu. Po to spalvinių bandinių, kurie turi
10 skirtingų tipų spalvos iškraipymus, santykiniai skaičiai (procentinės dalys) yra apibrežiami kaip statistiniai spalvinės kokybės rodikliai: spalvų tikslumo rodiklis (CFI; procentinė dalis bandinių turinčių spalvos poslinkius mažesnius nei suvokiamas spalvio skirtumas), spalvų sodrinimo rodiklis (CSI; procentinė dalis bandinių turinčių spalvos poslinkio vektorių su suvokiamu spalvos sodrio padidėjimu) ir spalvų blukinimo rodiklis (CDI; procentinė dalis bandinių turinčių
15 spalvos poslinkio vektorių su suvokiamu spalvos sodrio sumažėjimu).

Statistinis metodas buvo panaudotas CFI maksimizavimui daugiaspalvių baltų lempų, sudarytų iš spalvotų šviestukų, atveju (A. Zukauskas ir kt. PCT patentinės
20 paraiškos publikacija Nr. WO 2009102745), taip pat baltų šviestukų su visiška ir daline trumpabangės spinduliuotės konversija fosforuose atveju (atitinkamai, A. Zukauskas ir kt. PCT patentinės paraiškos publikacija Nr. WO2009117286 ir A. Zukauskas ir kt. PCT patentinės paraiškos publikacija Nr. WO2009117287). Tas pats metodas buvo panaudotas šviestukų pagrindu sudarytų lempų su
25 maksimizuotu CSI pagrindinių konstravimo taisyklių sukūrimui (A. Zukauskas ir kt. Opt. Express 18, 2287, 2010). Konkrečiau, buvo parodyta, kad sudėtinį šviesos šaltinį su didžiausiu CSI sudaro trys tam tikros siaurajuostės spalvinės komponentės (A. Zukauskas ir kt., Opt. Express 18, 2287, 2010), tuo tarpu naudojant kitus dviejų ar trijų spalvinės komponentių mišinius galima gauti didelį
30 CDI (A. Zukauskas ir kt., J. Phys. D Appl. Phys. 43, 354006, 2010).

Artimiausias siūlomų baltos šviesos šaltinių prototipas yra aukščiau minėta spalvų atgavos tikslumo maksimizavimui skirta daugiaspalvė baltos šviesos lempa sudaryta iš spalvotų šviestukų, kuri yra aprašyta PCT patentinės paraiškos publikacijoje Nr. WO2009102745. Tačiau ši lempa stokoja spalvų sodrinimo gebos, kuri yra viena svarbiausių šviesos šaltinių spalvų atgavos savybių, valdymo.

Išradimo esmė

Pagrindinis išradimo tikslas yra sukurti daugiaspalvį baltos šviesos šaltinį su universaliu spalvų sodrinimo gebos valdymu. Kiek žinoma pareiškėjui ir išradėjams, iki šio išradimo atskleidimo:

- (a) šviesos šaltinių, sudarytų iš spalvotų spinduolių daugybinių grupių, SPD nebuvo optimizuoti tokiu būdu, kad, pavyzdžiui, didelis skaičius paviršiaus spalvų būtų perteikiamos su padidintu spalvos sodriu, kai tuo tarpu mažas skaičius paviršiaus spalvų būtų perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu arba, atvirkščiai, didelis skaičius paviršiaus spalvų būtų perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu, tuo tarpu mažas skaičius paviršiaus spalvų būtų perteikiamos su padidintu spalvos sodriu;
- (b) nebuvo pasiūlyti daugiaspalviai šviesos šaltiniai su dinamiškai derinama spalvų sodrinimo geba;
- (c) nebuvo parinkti šviestukai, kurie labiausiai tinkami daugiaspalvių šviesos šaltinių su valdoma spalvų sodrinimo geba, SPD;
- (d) RPRF generuojami spalvotų šviestukų su daugybiniais SPD, kurie sudaro šviesos šaltinius turinčius skirtingą spalvų sodrinimo gebą, nebuvo nustatyti.

25

Pagrindiniai šio išradimo aspektai yra susiję su daugiaspalviais baltos šviesos šaltiniais, kurie yra sudaryti iš bent dviejų spalvotų spinduolių, turinčių skirtingus SPD, tokių kaip šviestukai, grupių. Tokie šaltiniai yra optimizuoti parenkant labiausiai tinkamus SPD ir RPRF kiekvienai spalvotų spinduolių grupei tokiu būdu, kad baltos šviesos su numatyta CCT spalvų sodrinimo geba būtų nustatoma ir valdoma užduodant paviršiaus spalvų, kurios atrodo, kaip pasižyminčios, atitinkamai, padidintu ir sumažintu spalvos sodriu, skaičių pageidaujamą santykį.

30

Pirmasis išradimo aspektas susijęs su šviesos šaltiniais, turinčiais iš anksto numatytą CCT ir iš anksto numatytą mažiausią LER ar mažiausią šviesinį našumą, kurie apima bent dvi spalvotų spinduolių grupes, kur kiekvienos grupės spinduolių SPD ir generuojami RPRF yra nustatyti tokie, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių (skiriamų vidutine žmogaus akimi kaip skirtingų), spalvų sodrinimo geba yra nustatoma taip, kad: (a) ne mažiau kaip iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu; ir (b) ne daugiau kaip kitos iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu. Kaip alternatyva, spalvų sodrinimo geba yra nustatoma taip, kad: (a) ne mažiau kaip iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu; ir (b) ne daugiau kaip kitos iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu.

Antrasis išradimo aspektas susijęs su šviesos šaltiniu, turinčiu iš anksto numatytą CCT, kuris apima bent keturias spalvotų spinduolių grupes su iš anksto nustatytais SPD, kur kiekvienos grupės spinduolių generuojamas RPRF yra dinamiškai keičiamas taip, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių (skiriamų vidutine žmogaus akimi kaip skirtingų), šaltinio spalvų sodrinimo geba yra derinama, t.y. spalvinių bandinių, kurių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu, skaičius mažėja, o spalvinių bandinių, kurių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu, skaičius didėja. Kaip alternatyva, spalvinių bandinių, kurių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu, skaičius didėja, o spalvinių bandinių, kurių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu, skaičius mažėja.

30

Kiti išradimo aspektai gali apimti kiekvienos spalvotų spinduolių grupės generuojamo RPRF valdymo priemones, kiekvienos spalvotų spinduolių grupės

generuojamos šviesos tolygaus paskirstymo priemonės ir (arba) kai kurių ar visų čia aprašomų ypatybių realizavimo priemonės. Šie paaiškinamieji išradimo aspektai yra skirti vienos ar kelių čia aprašomų problemų sprendimui.

- 5 Konkrečiau, šis išradimas apima kietakūnį šviesos šaltinį, turintį iš anksto numatytą koreliuotąją spalvinę temperatūrą ir iš anksto numatytą mažiausią šviesos veiksmingumą ar mažiausią šviesinį našumą, apimantį bent vieną komplektą iš bent dviejų grupių regimos šviesos spindulių, turinčių skirtingus spektrinės galios skirstinius ir individualius santykinius dalinius spindulinius
- 10 srautus, elektroninę grandinę, skirtą kiekvienos spindulių grupės vidutinės maitinimo srovės ir (arba) kiekvienoje grupėje įžiebtų spindulių skaičiaus valdymui, ir komponentą, skirtą skirtingų spindulių grupių generuojamos spinduliuotės tolygiam paskirstymui po apšviečiamą objektą, kuomet kiekvienos spindulių grupės spektriniai galios skirstiniai ir generuojami santykiniai daliniai
- 15 spinduliniai srautai yra tokie, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų, spalvų sodrinimo geba yra valdoma taip, kad tiek dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, tiek dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, yra
- 20 iš anksto nustatoma ir (arba) dinamiškai derinama.
- Šiame išradime aprašyti šviesos šaltiniai yra apibūdinami koreliuotąja spalvine temperatūra intervale maždaug nuo 2500 iki 10000 K. Optimaliuose šio išradimo įgyvendinimuose minėtų šviesos šaltinių spalvų sodrinimo geba yra įvertinama, atsižvelgiant į žmogaus regos spalvinę adaptaciją; ir (arba) šviesos šaltinių
- 25 spinduliai yra sudaryti iš šviesos diodų, kurie spinduliuoja šviesą dėka injekcinės elektroluminescencijos puslaidininkinėse sandūrose arba dėka injekcinės elektroluminescencijos dalinės ar visiškos konversijos bangos ilgio keitikliuose, turinčiuose fosforų.
- 30 Viename šio išradimo įgyvendinimų aprašomas sodrinantis spalvas šviesos šaltinis, apimantis bent tris regimos šviesos spindulius, kur kiekvienos spindulių grupės spektriniai galios skirstiniai ir generuojami santykiniai daliniai spinduliniai

srautai yra tokie, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų:

5 (a) ne mažiau kaip iš anksto numatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu; ir

(b) ne daugiau kaip kitos iš anksto numatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu.

Kaip alternatyva, kiekvienos minėtos spinduolių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra tokie, kad dalies spalvinių bandinių, kurie yra
10 perteikiami su padidintu sodriu, ir dalies spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu sodriu, skirtumas yra maksimizuotas.

Sodrinančio spalvas šviesos šaltinio įgyvendinimuose šaltinis turi koreliuojamą spalvinę temperatūrą 2700-6500 K intervale ir ne mažesnę nei 250 lm/W šviesos
15 veiksmingumą ir apima tris spalvotų šviesos diodų grupes su maždaug 30 nm vidutiniu juostos pločiu ir turinčias smailės bangos ilgus maždaug 408-486 nm, 509-553 nm ir 605-642 nm intervaluose, kuomet ne mažiau kaip 60% iš daugiau kaip 1000 skirtingų spalvinių bandinių spalvų yra perteikiamos su padidintu sodriu, o ne daugiau kaip 4% spalvinių bandinių spalvų yra perteikiamos su sumažintu
20 sodriu.

Optimaliame sodrinančio spalvas šviesos šaltinio įgyvendinime minėtos trys spalvotų šviesos diodų grupės apima, atitinkamai, mėlynus elektroluminescenciniai InGaN šviesos diodus su smailės bangos ilgiu ties
25 maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žalius elektroluminescencinius InGaN šviesos diodus su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 32 nm juostos pločiu ir raudonus elektroluminescencinius AlGaInP šviesos diodus su smailės bangos ilgiu ties maždaug 625 nm ir maždaug 15 nm juostos pločiu, kuomet, esant daugiau kaip 1200 skirtingų spalvinių bandinių, dalis bandinių, kurie
30 yra perteikiami su padidintu sodriu, yra maksimizuota, o dalis bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu sodriu, yra minimizuota:

- (a) atitinkamai iki maždaug 77% ir maždaug 1% esant 3000 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,103, 0,370 ir 0,527 santykinius dalinius spindulinius srautus generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 625 nm šviesos diodų;
- 5 (b) atitinkamai iki maždaug 70% ir maždaug 0% esant 4500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,195, 0,401 ir 0,405 santykinius dalinius spindulinius srautus generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 625 nm šviesos diodų;
- 10 (c) atitinkamai iki maždaug 67% ir maždaug 2% esant 6500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,283, 0,392 ir 0,325 santykinius dalinius spindulinius srautus generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 625 nm šviesos diodų.

Kitame šio išradimo įgyvendinime aprašomas spalvas blukinant šviesos šaltinis, 15 kuris apima bent dvi regimos šviesos spindulių grupes, kur kiekvienos spindulių grupės spektriniai galios skirstiniai ir generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra tokie, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų:

- 20 (a) ne mažiau kaip iš anksto numatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu; ir
- (b) ne daugiau kaip kitos iš anksto numatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu.

Kaip alternatyva, kiekvienos minėtos spindulių grupės generuojami santykiniai 25 daliniai spinduliniai srautai yra tokie, kad dalies spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu sodriu, ir dalies spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu sodriu, skirtumas yra maksimizuotas.

Blukinančio spalvas šviesos šaltinio įgyvendinimuose šaltinis turi koreliuotąją 30 spalvinę temperatūrą 2700-6500 K intervale ir ne mažesnę nei 250 lm/W šviesos veiksmingumą ir apima:

(a) dvi spalvotų šviesos diodų grupės su maždaug 30 nm vidutiniu juostos pločiu ir turinčias smailės bangos ilgį maždaug 405-486 nm ir 570-585 nm intervaluose, arba

5 (b) tris spalvotų šviesos diodų grupės su maždaug 30 nm vidutiniu juostos pločiu ir turinčias smailės bangos ilgį maždaug 408-486 nm, 490-560 nm ir 585-600 nm intervaluose,

kur ne mažiau kaip 60% iš daugiau kaip 1000 skirtingų spalvinių bandinių spalvų yra perteikiamos su sumažintu sodriu, ir ne daugiau kaip 4% spalvinių bandinių spalvų yra perteikiamos su padidintu sodriu.

10

Optimaliame blukinančio spalvas šviesos šaltinio įgyvendinime minėtos trys spalvotų šviesos diodų grupės apima, atitinkamai, mėlynus elektroluminescencinius InGaN šviesos diodus su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žalius elektroluminescencinius

15 InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 32 nm juostos pločiu ir gintarinius elektroluminescencinius AlGaInP šviesos diodus su smailės bangos ilgiu ties maždaug 591 nm ir maždaug 15 nm juostos pločiu, kur, esant daugiau kaip 1200 skirtingų spalvinių bandinių, dalis bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu sodriu, yra maksimizuota, o dalis bandinių, 20 kurie yra perteikiami su padidintu sodriu, yra minimizuota:

(a) atitinkamai iki maždaug 67% ir 1% esant 3000 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,154, 0,228 ir 0,618 santykinius dalinius spindulinius srautus generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 591 nm šviesos diodų;

25 (b) atitinkamai iki maždaug 58% ir 1% esant 4500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,254, 0,308 ir 0,438 santykinius dalinius spindulinius srautus generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 591 nm šviesos diodų;

30 (c) atitinkamai iki maždaug 51% ir 0% esant 6500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,346, 0,320 ir 0,334 santykinius dalinius spindulinius srautus generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 591 nm šviesos diodų.

Dar viename šio išradimo įgyvendinimų aprašomas šviesos šaltinis su mažais spalvų sodrio iškraipymais, kuris apima bent tris regimos šviesos spindulių grupes, kur kiekvienos spindulių grupės spektriniai galios skirstiniai ir
5 generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra tokie, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų:

- (a) ne daugiau kaip iš anksto numatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu; ir
- 10 (b) ne daugiau kaip kitos iš anksto numatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu.

Kaip alternatyva, kiekvienos minėtos spindulių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra parenkami tokie, kad dalys spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami tiek su padidintu sodriu, tiek su sumažintu sodriu, yra minimizuotos
15 žemiau iš anksto nustatytos dalies.

Šviesos šaltinio su mažais spalvų sodrio iškraipymais įgyvendinimuose šaltinis turi koreliuotąją spalvinę temperatūrą 2700-6500 K intervale ir ne mažesnę nei 250 lm/W šviesos veiksmingumą ir apima:

- 20 (a) tris spalvotų šviesos diodų grupes su maždaug 30 nm vidutiniu juostos pločiu ir turinčias smailės bangos ilgus maždaug 433-487 nm, 519-562 nm ir 595-637 nm intervaluose, kur dalys spalvų iš daugiau kaip 1000 skirtingų spalvinių bandinių, perteikiamų tiek su sumažintu, tiek su padidintu sodriu, yra minimizuotos iki 14%, arba
- 25 (b) keturias spalvotų šviesos diodų grupes su maždaug 30 nm vidutiniu juostos pločiu ir turinčias smailės bangos ilgus maždaug 434-475 nm, 495-537 nm, 555-590 nm ir 616-653 nm intervaluose, kur dalys spalvų iš daugiau kaip 1000 skirtingų spalvinių bandinių, perteikiamų tiek su sumažintu, tiek su padidintu sodriu, yra minimizuotos iki 2%.

30

Optimaliame šviesos šaltinio su mažais spalvų sodrinimo iškraipymais įgyvendinime šviesos šaltinis apima tris spalvotų šviesos diodų grupes iš,

atitinkamai, mėlynų elektroliuminescencinių InGaN šviesos diodų su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žaliai mėlynų elektroliuminescencinių InGaN šviesos diodų su smailės bangos ilgiu ties maždaug 512 nm ir maždaug 30 nm juostos pločiu ir gintarinių konversijos fosfore

5 InGaN šviesos diodų su smailės bangos ilgiu ties maždaug 589 nm ir maždaug 70 nm juostos pločiu, kur dalys spalvų iš daugiau kaip 1200 skirtingų spalvinių bandinių, perteikiamų tiek su sumažintu, tiek su padidintu sodriu, yra minimizuotos iki:

(a) maždaug 32% esant 4500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant

10 0,207, 0,254 ir 0,539 santykinius dalinius spindulinius srautus generuojamus atitinkamai 452 nm, 512 nm ir 589 nm šviesos diodų;

(b) maždaug 15% esant 6500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant

0,291, 0,280 ir 0,429 santykinius dalinius spindulinius srautus generuojamus atitinkamai 452 nm, 512 nm ir 589 nm šviesos diodų; arba

15 minėtas šviesos šaltinis apima keturias spalvotų šviesos diodų grupes iš, atitinkamai, mėlynų elektroliuminescencinių InGaN šviesos diodų su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žalių elektroliuminescencinių InGaN šviesos diodų su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 32 nm juostos pločiu, gintarinių konversijos fosfore

20 InGaN šviesos diodų su smailės bangos ilgiu ties maždaug 589 nm ir maždaug 70 nm juostos pločiu ir raudonų elektroliuminescencinių AlGaInP šviesos diodų su smailės bangos ilgiu ties maždaug 637 nm ir maždaug 16 nm juostos pločiu, kur dalys spalvų iš daugiau kaip 1200 skirtingų spalvinių bandinių perteikiamų tiek su sumažintu, tiek su padidintu sodriu, yra minimizuotos iki:

25 (c) maždaug 2% esant 3000 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,112, 0,225, 0,421 ir 0,242 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 589 nm ir 637 nm šviesos diodų;

(d) maždaug 3% esant 4500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant

30 0,208, 0,283, 0,353 ir 0,156 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 589 nm ir 637 nm šviesos diodų;

(c) maždaug 4% esant 6500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,300, 0,293, 0,305 ir 0,102 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 589 nm ir 637 nm šviesos diodų.

5

Šis išradimas taip pat apima daugiaspalvį šviesos šaltinį su dinamiškai derinama spalvų sodrinimo geba, kur kiekvienos spinduolių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra sinchroniškai keičiami taip, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos

10 spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų:

(a) dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, didėja, kai tuo tarpu dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, mažėja; arba

15 (b) dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, mažėja, kai tuo tarpu dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, didėja.

Šviesos šaltinio su dinamiškai derinama spalvų sodrinimo geba įgyvendinimuose kiekvienos minėtų spinduolių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai
20 srautai yra sinchroniškai keičiami kaip atitinkamų spinduolių grupių, apimančių du šviesos šaltinius, santykinų dalinių spindulinių srautų svertinė suma, kur pirmas šaltinis yra aukščiau apibrėžtas sodrinantis spalvas šviesos šaltinis, o antras šaltinis yra aukščiau apibrėžtas blukinantis spalvas šviesos šaltinis. Konkrečiau, šviesos šaltinis su derinama spalvų sodrinimo geba turi iš anksto nustatytą
25 koreliuotąją spalvinę temperatūrą 2700-6500 K intervale ir ne mažesnę nei 250 lm/W šviesos veiksmingumą, kur kiekvienos minėtų spinduolių grupių santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra sinchroniškai keičiami kaip atitinkamų dviejų šviesos šaltinių santykinų dalinių spindulinių srautų svertinė suma, kur sodrinantis spalvas šviesos šaltinis yra sudarytas iš trijų šviesos diodų grupių, o
30 blukinantis spalvas šviesos šaltinis yra sudarytas iš dviejų arba trijų šviesos diodų grupių, abiems šaltiniams turint tą pačią iš anksto numatytą koreliuotosios spalvinės temperatūros vertę.

Viename optimaliame dinamiškai derinamo šviesos šaltinio įgyvendinime aprašomas šaltinis, kuris turi koreliuotąją spalvinę temperatūrą 2700-6500 K intervale ir ne mažesnę kaip 250 lm/W šviesos veiksmingumą ir apima keturias spalvotų šviesos diodų grupes iš, tokių kaip mėlyni InGaN šviesos diodai su
5 smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žali InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 32 nm juostos pločiu, gintariniai AlGaInP šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 591 nm ir maždaug 15 nm juostos pločiu ir raudoni AlGaInP šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 625 nm ir maždaug 15 nm juostos
10 pločiu, kur kiekvienos minėtų šviesos diodų grupių generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra sinchroniškai keičiami kaip aukščiau apibrėžto sodrinančio spalvas trispalvio telkinio, kurį sudaro mėlyni, žali ir raudoni šviesos diodai, ir aukščiau aprašyto blukinančio spalvas trispalvio telkinio, kurį sudaro mėlyni, žali ir gintariniai šviesos diodai, atitinkamų santykinų dalinių spindulinių srautų svertinė
15 suma, abiemis telkiniams turint tą pačią koreliuotąją spalvinę temperatūrą.

Kitame optimaliame dinamiškai derinamo šviesos šaltinio įgyvendinime aprašomas šaltinis, kuris turi maždaug 6042 K koreliuotąją spalvinę temperatūrą ir ne mažesnę kaip 250 lm/W šviesos veiksmingumą ir apima keturias šviesos diodų grupes, iš
20 tokių kaip balti dvispalviai šviesos diodai su daline spinduliuotės konversija fosfore, mėlyni InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žali InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 32 nm juostos pločiu ir raudoni AlGaInP šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 637 nm ir maždaug 16 nm juostos
25 pločiu, kur kiekvienos minėtų šviesos diodų grupių generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra sinchroniškai keičiami kaip balto šviesos diodo ir trispalvio telkinio, kurį sudaro mėlyni, žali ir raudoni šviesos diodai, atitinkamų santykinų dalinių spindulinių srautų svertinė suma.

30 Bet kuriame šio išradimo įgyvendinime regimos šviesos spinduliai bent vienoje iš minėtų grupių yra integruoti puslaidininkiniai lustai, kur lustų spektrinis galios skirstinys suderintas parenkant bent vieną iš šių parametru: kiekviename

spinduolyje esančio aktyviojo sluoksnio cheminę sudėtį ar storį arba fosforo, esančio bangos ilgio keitiklyje, cheminę sudėtį ar bangos ilgio keitiklio storį ar formą.

5 Bet kuriame šio išradimo įgyvendinime šviesos šaltinis papildomai apima:

elektroninę grandinę, skirtą šviesos šaltinio temdymui tokiu būdu, kad kiekvienos spinduolių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra palaikomi ties pastoviomis vertėmis; ir (arba)

elektroninę ir (arba) optoelektroninę grandinę, skirtą kiekvienos spinduolių grupės generuojamo santykio dalinio spindulinio srauto įvertinimui; ir (arba)

10 kompiuterio techninę ir programinę įrangą, skirtą elektroninių grandinių valdymui tokiu būdu, kuris leistų keisti koreliuotąją spalvinę temperatūrą ir dalį spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu ar sumažintu sodriu, palaikyti pastovų išėjimo šviesinį srautą, kaitaliojant koreliuotąją spalvinę temperatūrą ir
15 spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu ar sumažintu sodriu, dalis, o taip pat temdant bei kompensuojant kiekvienos spinduolių grupės šiluminius ir senėjimo dreifus.

Šis išradimas taip pat apima spalvų sodrinimo gebos dinaminio derinimo būdą,
20 kuriame baltą šviesą generuoja maišant bent dviejų baltos šviesos šaltinių, turinčių, kaip aukščiau aprašyta, skirtingą spalvų sodrinimo gebą, spinduliuotę, kai maišytos spinduliuotės spektrinę galios skirstinį sinchroniškai keičia kaip minėtų sudedamųjų šaltinių spektrinių galios skirstinių svertinę sumą su kintamais svorio parametrais, kurie valdo spalvų sodrinimo gebą.

25

Optimaliame šio būdo įgyvendinime baltą šviesą generuoja maišant spinduliuotę, sklindančią iš dviejų baltos šviesos šaltinių, turinčių tą pačią koreliuotąją spalvinę temperatūrą, kurių kiekvienas apima bent vieną baltų spinduolių grupę ir (arba) bent dvi spalvotų spinduolių grupes, maišytos spinduliuotės spektrinės galios skirstinį S_σ sinchroniškai keičiant kaip minėtų sudedamųjų šaltinių spektrinės galios skirstinių, atitinkamai S_1 ir S_2 , svertinę sumą:

$$S_\sigma = \sigma S_1 + (1 - \sigma) S_2, \quad (1)$$

kur σ yra kintamas svorio koeficientas.

Trumpas brėžinių aprašymas

Fig.1 parodyta spalvių diagrama su 20 spalvinių bandinių atvaizduotų elipsinėmis sritimis. Kiekviena elipsinė sritis apima visus spalvius, kurie yra vizualiai neatskiriami nuo srities centre esančio spalvio. Vektoriai rodo bandinių spalvio poslinkius, atsirandančius kai etaloninis šaltinis yra pakeičiamas testuojamuoju.

Fig.2 vaizduoja kai kuriuos SPD, atitinkančius optimizuotus šviesos šaltinius, sudarytus iš šviestukų su 30 nm juostos pločiu ir turinčius 250 lm/W minimalų LER esant trims CCT vertėms (ištisinė linija - 3000 K; brūkšninė linija - 4500 K ir taškinė linija - 6500 K). SPD turi nustatytas CSI vertes virš 75% ir CDI vertes žemiau 2% trijų komponentų sodrinančio spalvas telkinio atveju (A dalis); CDI vertes virš 75% ir CSI vertes žemiau 4% dviejų komponentų blukinančio spalvas telkinio atveju (B dalis); CDI vertes virš 65% ir CSI vertes žemiau 2% trijų komponentų blukinančio spalvas telkinio atveju (C dalis); tiek CDI, tiek CSI vertes žemiau 14% trijų komponentų telkinio atveju (D dalis); ir tiek CDI, tiek CSI vertes žemiau 2% keturių komponentų telkinio atveju (E dalis).

Fig. 3 vaizduoja SPD, atitinkančius devynis tipus esamų šviestukų, naudojamų praktinių daugiaspalvių šviesos šaltinių su valdoma spalvų sodrinimo geba optimizavimui. Ištisinės linijos atitinka spalvotus šviestukus, o brūkšninė linija atitinka baltą dvispalvį konversijos fosfore šviestuką.

Fig. 4 vaizduoja kai kuriuos SPD, atitinkančius optimizuotus šviesos šaltinius, kurie sudaryti iš esamų spalvotų šviestukų trijų CCT verčių atvejams (ištisinė linija - 3000 K; brūkšninė linija - 4500 K ir taškinė linija - 6500 K). SPD turi CSI vertes virš 65% ir CDI vertes žemiau 3% trijų komponentų sodrinančio spalvas telkinio atveju (A dalis); CDI vertes virš 50% ir CSI vertes žemiau 2% trijų komponentų blukinančio spalvas telkinio atveju (B dalis); tiek CDI, tiek CSI vertes žemiau 33% trijų komponentų telkinio atveju (C dalis); ir tiek CDI, tiek CSI vertes žemiau 5% keturių komponentų telkinio atveju (D dalis).

Fig 5 parodyta šviesos šaltinio šviestukų pagrindu su derinama spalvų sodrinimo geba SPD charakteristikų priklausomybę nuo svorio parametro σ esant 3000 K CCT. Svorio parametras valdo raudono-žalio-mėlyno ir gintarinio-žalio-mėlyno

šviestukų telkinių indėlius. A, B ir C dalys vaizduoja SPD su didžiausiu CDI, su mažiausiais CSI ir CDI ir su didžiausiu CSI, atitinkamai. D dalis parodo spalvų atgavos rodiklių ir LER kitimą. E dalis vaizduoja keturių šviestukų RPRF kitimą.

Fig. 6 iliustruoja duomenis analogiškus parodytiems Fig. 5, tik esant
5 CCT=4500 K.

Fig. 7 vaizduoja duomenis analogiškus parodytiems Fig. 5, tik esant CCT=6500 K.

Fig 8 rodo duomenis panašius į parodytus Fig. 5, tik šaltiniui sudarytam iš dvispalvio balto konversijos fosfore šviestuko ir raudono-žalio-mėlyno šviestukų
10 telkinio esant 6042 K CCT. Čia svorio parametras σ valdo balto šviestuko ir telkinio indėlius.

Detalus išradimo aprašymas

Šio išradimo įgyvendinimų aprašyme pateikiamas baltos šviesos šaltinis turintis iš
15 anksto numatytą (užduotą) CCT. Šviesos šaltinis apima bent dvi spalvotų regimos šviesos spindulių grupes, kiekvienos grupės spinduliams turint beveik identiškus SPD; elektroninę grandinę, skirtą kiekvienos spindulių grupės vidutinės maitinimo srovės ir (arba) grupėje įžiebtų spindulių skaičiui valdyti; ir komponentą, skirtą skirtingų grupių spinduliuotės tolygiam paskirstymui po apšviečiamą objektą.

20

Viename šio išradimo įgyvendinimo pavyzdžių aprašytos naujos spindulių grupių kombinacijos su SPD ir RPRF nustatytais taip, kad, palyginus su etaloniniu juodojo kūno ar dienos šviesos fazės šviesmeniu, bent nustatytos dalies iš didelio rinkinio spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu (sumažintu) spalvos
25 sodriu ir daugiausiai kitos iš anksto nustatytos (užduotos) dalies iš didelio rinkinio spalvinių bandinių spalvos yra yra perteikiamos su sumažintu (padidintu) spalvos sodriu. Kitame šio išradimo įgyvendinimo pavyzdyje aprašytos bent keturių iš anksto atrinktų spalvotų regimos šviesos spindulių grupių kombinacijos su RPRF keičiamu tokiu būdu, kad sudėtinio šviesos šaltinio spalvų sodrinimo geba yra
30 derinama, t.y. dalies spalvinių bandinių, kurių spalvos yra perteikiamas su padidintu spalvos sodriu, ir dalies spalvinių bandinių, kurių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu, santykis yra keičiamas. Gautų baltos

šviesos šaltinių SPD skiriasi nuo skirstinių optimizuotų naudojant metodus, kurie remiasi bendruoju spalvų atgavos rodikliu, spalvų gamos plotu ar spalvinės kokybės skalę. Čia, jei nenurodyta kitaip, terminas „grupė“ reiškia vienas ar daugiau (t.y. bent vienas).

5

Šio išradimo įgyvendinimuose pateikiami šviesos šaltiniai, turintys SPD $S(\lambda)$ sudarytą iš n spalvotų komponentių SPD $S_i(\lambda)$. Tiek sudėtinis, tiek komponentių SPD yra normalizuotas pagal galia,

$$S(\lambda) = \sum_{i=1}^n c_i S_i(\lambda), \quad (2)$$

kur c_i yra komponentių RPRF.

- 15 Komponentių RPRF gali būti rasti iš trijų lygčių, kurios seka iš adityvaus spalvų maišymo principo [G. Wyszecki and W. S. Stiles, *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. Wiley, New York, 2000]:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n c_i X_i = x_T \sum_{i=1}^n c_i (X_i + Y_i + Z_i), \\ \sum_{i=1}^n c_i Y_i = y_T \sum_{i=1}^n c_i (X_i + Y_i + Z_i), \\ \sum_{i=1}^n c_i = 1, \end{cases} \quad (3)$$

- 30 kur x_T ir y_T yra sudėtinio šaltinio 1931 m. CIE spalvio koordinatės, o X_i , Y_i , ir Z_i yra i -sios spalvotos komponentės normalizuoto SPD triveikmiai sandai .

- Šio išradimo įgyvendinimai apima baltos šviesos šaltinius, kurių spalviai yra beveik identiški juodojo kūno ar dienos šviesos fazės šviesmenų spalviams. Tam kad
35 apibūdinti ir palyginti skirtingus baltos šviesos šaltinius spalvų sodrinimo gebos atžvilgiu, šiame išradime įvedamos dvi skirtingos šviesos šaltinio spalvų sodrinimo

charakteristikos, susijusios su apšviestų spalvinių bandinių paviršiaus spalvos sodrio iškraipymais.

Baltos šviesos spalvų sodrinimo gebos apibūdinimui, šio išradimo
5 įgyvendinimuose naudojama patobulinta procedūra, skirta spalvų atgavos savybėms įvertinti. Įprastas šviesos šaltinio spalvų atgavos savybių įvertinimo metodas remiasi spalvinių bandinių spalvų skirtumų (pavyzdžiui, spalvos koordinatų poslinkių tinkamoje spalvų erdvėje) įvertinimu, kuomet nagrinėjamas šviesos šaltinis yra pakeičiamas etaloniniu šaltiniu (pavyzdžiui, juodojo kūno ar
10 atstatytos dienos šviesos fazės šviesmeniu). Standartinė 1995 m. CIE procedūra, kuri iš pradžių buvo sukurta halofosfonatinių fluorescentinių lempų įvertinimui, naudoja tik nuo aštuonių iki keturiolikos bandinių iš didžiulės spalvų paletės, sukurtos dailininko A. H. Munsello 1905 m. Kuomet 1995 m. CIE procedūra yra taikoma šaltiniams, sudarytiems iš siaurajuosčių spinduolių, ji sulaukia kritikos
15 pirmiausia dėl mažo naudojamų bandinių skaičiaus (nuo aštuonių iki keturiolikos). Kiti trūkumai yra spalvos poslinkių spalvų erdvėje, kuri stokoja vienodumo suvokiamų spalvos skirtumų atžvilgiu, taikymas ir neatsižvelgimas į poslinkių kryptį, t.y. vertinamas vien tik spalvų tikslumas. Patobulintas metodas – spalvinės kokybės skalė (CQS) – sušvelnina kai kuriuos minėtus trūkumus, taikant
20 tolygesnę spalvų erdvę ir ignoruojant spalvos poslinkių komponentes, kurios atitinka padidintą bandinių spalvos sodrį, arba naudojant spalvų pirmenybės skalę ar gamos ploto skalę. Tačiau CQS naudojamas spalvinių bandinių skaičius (15) yra per mažas tam kad aiškiai atskirti šaltinius, kurie perteikia spalvas su dideliu tikslumu ir su padidintu/sumažintu spalvos sodriu, kadangi tokio reitingavimo
25 rezultatas priklauso nuo pasirinkto naudojamų bandinių rinkinio.

Šis išradimas remiasi didesnio (ir paprastai žymiai didesnio) bandinių skaičiaus naudojimu ir kelių rūšių spalvos sodrio skirtumais, kurios kiekvieno iš šių bandinių atveju skiria žmogaus regą. Tuo tikslu yra pritaikoma visa Munsello paletė, kuri
30 apibrėžia suvokiamas spalvas trimis matais: spalvos tonu, sodriu ir šviesiu. Jonesu spektrų duomenų bazė, gaunama iš Joensu universiteto Spalvų grupės (<http://spectral.joensuu.fi/>), yra spektrofotometriškai kalibruoto 1269 Munsello

bandinių rinkinio pavyzdys, kuris gali būti praktiškai taikomas šio išradimo įgyvendinimui.

Šio išradimo įgyvendinimuose suvokiamų spalvos skirtumų vertinimui vengiama naudoti spalvų erdves, kadangi jos stokoja tolygumo (CIELEB spalvų erdvė, žemiau naudojama pavyzdžių iliustravimui, neturi įtakos rezultatams). Vietoj to skirtumai yra įvertinami naudojant MacAdamo elipses, kurios yra eksperimentiškai nustatytos sritys spalvių diagramoje (spalvos tono ir sodrio plokštumoje), apimančios spalvius, kurių žmogaus rega beveik neskiria. Elipsės visai 1269 elementų Munsello paletai yra gaunamos, naudojant elipsių, kurias MacAdamas nustatė 25-ioms spalvoms, netiesinę interpoliaciją. Pavyzdžiui, naudojant atvirkštinio nuotolio svertinį (geodezinį) metodą, elipsė su centru ties spalvio koordinatėmis (x, y) turi interpoliuotą parametą (mažąją ar didžiąją pusašę arba polinkio kampą), kuris duodamas šitaip [A. Zukauskas ir kt., IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. 15, 1753]:

$$P(x, y) = \sum_{i=1}^{25} h_i^{-2} P_0(x_{0i}, y_{0i}) / \sum_{i=1}^{25} h_i^{-2}, \quad (4)$$

kur $P_0(x_{0i}, y_{0i})$ yra atitinkamas eksperimentinis parametras, o h_i yra atstumas nuo interpoliuotos elipsės centro iki originalios MacAdamo elipsės centro

$$h_i = \sqrt{(x - x_{0i})^2 + (y - y_{0i})^2}. \quad (5)$$

Kadangi MacAdamo elipsės buvo originaliai nustatytos esant pastoviam skaisčiui ($\sim 48 \text{ cd/m}^2$), šio išradimo įgyvendinimuose visi Munsello bandiniai yra traktuojami kaip turintys tą patį skaisčių nepriklausomai nuo jų spalvos šviesio.

Šio išradimo įgyvendinimuose, kai etaloninis šaltinis yra pakeičiamas testuojamuoju, spalvinio bandinio spalva perteikta su padidinu sodriu yra apibrėžiama kaip tokia, kurios spalvis išeina už trijų žingsnių MacAdamo elipsės ribų ir spalvos poslinkio vektoriaus teigiama projekcija sodrio kryptimi yra didesnė

- už atitinkamą elipsės matmenį, tuo tarpu kai spalvinio bandinio spalva perteikta su sumažintu sodriu yra apibrėžiama kaip tokia, kurios spalvis išeina už trijų žingsnių MacAdamo elipsės ribų ir spalvos poslinkio vektoriaus neigiama projekcija sodrio kryptimi yra didesnė už atitinkamą elipsės matmenį. Be to spalvinio bandinio
- 5 spalva perteikta dideliu tikslumu yra apibrėžiama kaip tokia, kurios spalvis pasislenka tik trijų žingsnių MacAdamo elipsės ribose (t.y. mažiau nei trys elipsės spinduliai). Visais atvejais, jei šviesos šaltinio spalvis tiksliai nesutampa su juodojo kūno ar dienos šviesos fazės šviesmens spalviu, būtina atsižvelgti į spalvinę adaptaciją (pavyzdžiui, naudojant metodą pateiktą 1995 m. CIE publikacijoje
- 10 Nr. 13.3 arba W. Davis ir Y. Ohno, Opt. Eng. 49, 033602, 2010). Bendram šviesos šaltinio spalvų sodrinimo gebos įvertinimui šiame išradime naudojami du kokybės įverčiai, kurie matuoja santykinį spalvinių bandinių, perteikiamų su padidintu sodriu, skaičių (procentinę dalį) (spalvų sodrinimo rodiklis, CSI) ir santykinį spalvinių bandinių, perteikiamų su sumažintu sodriu, skaičių (procentinę dalį)
- 15 (spalvų blukinimo rodiklis, CDI). Šie du kokybės įverčiai, kurie yra matuojami procentais viso Munsello bandinių skaičiaus (1269) atžvilgiu, yra siūloma alternatyva CQS spalvinės pirmenybės skalei ir gamos ploto skalei, kurios remiasi 15 bandinių, o taip pat kitiems gamos ploto rodikliams, kurie remiasi nuo 4 iki 15 bandinių. Kadangi CSI ir CDI yra pateikiami vienodame formate (statistine
- 20 procentine to paties spalvinių bandinių rinkinio dalimi), juos lengva analizuoti ir palyginti. Be to šio išradimo įgyvendinimuose naudojamas papildomas kokybės įvertis, kuris matuoja santykinį skaičių (procentinę dalį) spalvinių bandinių, kurių spalva yra perteikiama dideliu tikslumu (spalvų tikslumo rodiklis, CFI).
- 25 Fig.1 iliustruoja spalvų atgavos charakteristikų įvertinimo metodą, naudojamą šio išradimo įgyvendinimuose. Paprastumo dėlei parodytos 20 trijų žingsnių MacAdamo elipsių. Elipsės yra pateiktos CIELAB spalvų erdvės a^*-b^* spalvio plokštumoje, kurioje baltas taškas yra diagramos centre. Bandinio spalvos sodrį atvaizduoja spalvio taško atstumas nuo diagramos centro, tuo tarpu spalvos toną atvaizduoja taško azimutinė padėtis. Rodyklės Fig.1 vaizduoja spalvio poslinkio vektorius, kurių pradžia yra elipsių centruose, t.y. ties bandinių apšviestų etaloniniu šaltiniu spalviu, o vektorių viršūnės yra ties bandinių apšviestų
- 30

vertinamu šaltiniu spalviu. Įklijoje parodytos penkios spalvos tono kryptys, kurios yra artimos pagrindinėms Munsello kryptims (raudona, geltona, žalia, mėlyna ir purpurinė). Šioje iliustracijoje septyni skirtingi bandiniai iš 20 (8, 10, 13, 14, 15, 16 ir 19) yra perteikiami su padidintu sodriu ($CSI = 35$), o trys skirtingi bandiniai iš 20 (12, 18 ir 20) yra perteikiami su sumažintu sodriu ($CDI = 15$). Likę 10 bandinių arba yra perteikiami dideliu tikslumu (2, 3, 4, 5, 6, 9, 11 ir 17; $CFI = 40$), arba turi tik iškraipytą spalvos toną (1 ir 7).

Šio išradimo įgyvendinimai yra susiję su daugiaspalviais baltos šviesos šaltiniais, turinčiais CCT bent visame standartiniame ruože nuo 2700 K iki 6500 K, ir kurie yra sudaryti iš n spalvotų komponentų grupių ($n \geq 2$), tokių kaip šviestukai, turintys skirtingus SPD. Tokie šaltiniai yra optimizuoti parenkant labiausiai tinkamus SPD ir RPRF kiekvienai spalvotų spinduolių grupei tokiu būdu, kad baltos šviesos su iš anksto numatyta CCT spalvų sodrinimo geba būtų nustatoma ir valdoma užduodant pageidaujamą CSI ir CDI santykį.

Pirmas šio išradimo aspektas apima šviesos šaltinį, turintį iš anksto numatyta CCT, kuris yra sudarytas iš bent dviejų regimos šviesos spinduolių grupių, kur kiekvienos grupės spinduolių SPD ir generuojami RPRF yra nustatyti tokie, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kuomet apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų, apšvietimo spalvų sodrinimo geba yra nustatoma tokiu būdu, kad: (a) ne mažiau kaip iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu ir ne daugiau kaip kitos iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu; arba (b) ne mažiau kaip iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu ir ne daugiau kaip kitos iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu; arba (c) ne daugiau kaip iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu ir ne daugiau kaip kitos iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu. Kadangi didelės CSI vertės lemia

raudonos ir mėlynos komponentų poslinkį link regimojo spektro kraštų ir bendro LER sumažėjimą iki nežymių verčių (A. Zukauskas ir kt. Opt. Expr. 18, 2287, 2010), pagal pirmą išradimo aspektą optimizuoti šaltiniai pageidautinai turi iš anksto numatytą žemiausią leidžiamą bendrą LER arba žemiausią leidžiamą
5 šviesinį našumą.

Pirmu išradimo aspektu apimami šviesos šaltiniai gali būti sudaryti iš įvairių SPD profilių spalvotų spinduolių grupių. Apibrėžtumo dėlei ieškomi spalvotų spinduolių SPD gali būti aproksimuoti, pavyzdžiui, Gauso formos juostomis su 30 nm visu
10 pločiu ties puse aukščio (tai yra vidutinė vertė, atitinkanti įprastus didelio skaisčio AlGaInP ir InGaN šviestukus esant tipinėms darbinėms sandūros temperatūroms). Esant tokiai traktuotei, čia yra parenkamos optimalios SPD smailės padėtys ir RPRF. Kaip alternatyva, pirmo išradimo aspekto šviesos šaltiniai gali būti sudaryti iš spalvotų spinduolių su iš anksto nustatytais SPD, kurių kiekvienas yra
15 apibūdinamas individualia smailės padėtimi ir juostos pločiu. Esant šiai traktuotei, čia yra parenkami tik optimalūs RPRF.

Antras išradimo aspektas apima šviesos šaltinį, turintį iš anksto numatytą CCT, kuris yra sudarytas iš bent keturių spalvotų regimos šviesos spinduolių, turinčių iš
20 anksto numatytus bet kokio pavidalo SPD, grupių, kur kiekvienos grupės generuojamas RPRF sinchroniškai keičiamas tokiu būdu, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kuomet apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų, (a) dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, didėja,
25 kai tuo tarpu dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, mažėja; arba (b) dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, mažėja, kai tuo tarpu dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, didėja.

Antru išradimo aspektu apimami šviesos šaltiniai yra sudaryti iš spalvotų spinduolių su iš anksto nustatytais SPD profiliais, kurių kiekvienas yra
30 apibūdinamas individualia smailės padėtimi ir juostos pločiu. Esant šiai traktuotei, čia yra parenkami tik optimalūs RPRF.

Šio išradimo įgyvendinimuose labiausiai tinkamų SPD ir RPRF parinkimas remiasi trimis spalvų maišymo lygtimis. SPD, sudarytas iš n spalvotų komponentų, yra charakterizuojamas vektoriumi $2n$ -matėje smailės bangos ilgių ir RPRF parametrinėje erdvėje, veikiant trims ribojimams, kurie seka iš trijų spalvų maišymo lygčių. Pirmo išradimo aspekto ribose, kuomet parenkami tiek optimalūs SPD smailės bangos ilgiai, tiek optimalūs RPRF, optimizavimo parametrų leistinoji sritis, kurioje maksimizuojama tikslo funkcija, yra parametrinė erdvė su $2n-3$ dimensijų (laisvės laipsnių). Pavyzdžiui, $n = 3$ atveju optimizavimo uždavinys gali būti išspręstas vykdant paiešką 3-matėje, pavyzdžiui 3 smailės bangos ilgių, parametrinėje erdvėje (šiuo atveju trys RPRF yra randami iš trijų spalvų maišymo lygčių). Kitu atveju, kai SPD optimalūs smailės bangos ilgiai yra žinomi ir parenkami tik RPRF, optimizavimo sritis, kurioje maksimizuojama tikslo funkcija, yra parametrinė $n-3$ dimensijų erdvė. Pavyzdžiui, $n = 3$ atveju leistinoji (parametrinė) sritis yra 0-matė, t.y. 3 smailės bangos ilgiai gali būti rasti tiesiogiai iš spalvų maišymo lygčių. Antro išradimo aspekto ribose optimizavimo sritis yra $n-3$ dimensijų parametrinė erdvė. Pavyzdžiui, $n = 4$ atveju optimizavimo uždavinys gali būti išspręstas peržiūrint 1-matę, pavyzdžiui, vieno RPRF parametrinę erdvę (likę trys RPRF yra randami iš trijų spalvų maišymo lygčių). Čia tikslo funkcija, kuri yra maksimizuojama optimizacijos proceso metu, yra CSI ir CDI derinys. Optimizacijos procesas taip pat gali būti įtakojamas ribojimais, kurie iš anksto numato mažiausiais leistinas LER ar šviesinio našumo vertes. Tikslo funkcijos didžiausios vertės radimui gali būti panaudojama kompiuterinė procedūra, kuri vykdo daugiamačio paviršiaus peržiūrą. Didelio dimensijų skaičiaus atveju gali būti panaudojami euristiciniai metodai, kurie padidina paieškos procedūros veikimo spartą.

Optimizuoti SPD, pateikti šiame išradime, yra aprašomi spalvotų komponentų smailės bangos ilgiais ir RPRF bei charakterizuojami dviem spalvų sodrinimo įverčiais (CSI ir CDI) ir LER. Tam kad išvengti spalvinės adaptacijos problemų visi modeliuoti SPD turi spalvio tašką, esantį tiksliai ant CIE dienos šviesos lanko arba juodojo kūno lanko. CSI ar CDI maksimizavimas, šių rodiklių skirtumo

maksimizavimas, arba abiejų rodiklių minimizavimas duoda iš anksto numatytą spalvų sodrinimo gebą turinčių baltų šviesos šaltinių SPD, kurie negali būti gauti naudojant kitus metodus, paremtus bendruoju spalvų atgavos rodikliu, spalvinės kokybės skale, ar spalvų gamos plotu. Kitas šio išradimo įgyvendinimuose

5 pateikiamų šviesos šaltinių privalumas yra galimybė derinti spalvų sodrinimo gebą, t.y. šaltinio pritaikymas tenkinti individualius naudotojo poreikius apšvietimo spalvinei kokybei.

Šio išradimo įgyvendinimuose pagal pirmą išradimo aspektą optimizuoti

10 daugiaspalvių kietakūnių lempų SPD gali būti gauti įvairiems CSI ir CDI apribojimams. 30 nm pločio Gauso formos spalvotų komponenčių atveju, esant CCT intervale tarp 2700 K ir 6500 K ir iš anksto numatyta 250 lm/W minimaliai LER vertei, CSI ir CDI apribojimai šviestukų telkiniams gali būti gauti šitaip:

CDI apribojimas iki ne daugiau kaip 5% ir CFI apribojimas iki ne mažiau kaip 50%

15 gali būti pasiektas naudojant trijų komponenčių telkinį, sudarytą iš šviestukų su smailės padėtimis parinktomis atitinkamai iš 405-490 nm, 505-560 nm ir 600-642 nm intervalų. Didelės CSI vertės ir mažos CDI vertės reikalauja, kad spinduliuotė geltonoje srityje tarp 560 nm ir 600 nm būtų silpna.

CSI apribojimas iki ne daugiau kaip 5% ir CDI apribojimas iki ne mažiau kaip 50%

20 gali būti pasiektas naudojant dviejų komponenčių telkinį, sudarytą iš šviestuko su smailės padėtimi parinkta iš 568-585 nm intervalo ir kito šviestuko su smailės bangos ilgiu, kuris papildo pirmo šviestuko smailės bangos ilgį tokiu būdu, kad būtų išlaikytas pageidaujamas spalvio taškas (405-486 nm). Toks pat apribojimas gali būti pasiektas naudojant trijų komponenčių telkinį, apimantį šviestukus su

25 smailės padėtimis parinktomis iš 405-486 nm ir 560-600 nm intervalų bei trečio šviestuko su smailės bangos ilgiu, kuris papildo pirmą ir antrą šviestukus tokiu būdu, kad būtų išlaikytas pageidaujamas balto spalvio taškas (400-700 nm). Didelės CDI vertės ir mažos CFI vertės reikalauja, kad ilgesnių nei 600 nm bangų spinduliuotė būtų silpna.

30 Tiek CSI, tiek CDI apribojimas iki ne daugiau kaip 16% gali būti pasiektas naudojant trijų komponenčių telkinį, sudarytą iš šviestukų su smailės padėtimis, parinktomis atitinkamai iš 410-489 nm, 515-566 nm ir 595-644 nm intervalų. CSI ir

CDI gali būti apriboti net iki ne daugiau kaip 3% naudojant keturių komponentių telkinį, sudarytą iš šviestukų su smailės padėtimis parinktomis atitinkamai iš, 419-478 nm, 490-540 nm, 550-592 nm ir 612-660 nm intervalų. Žemos tiek CSI, tiek CDI vertės reikalauja, kad spinduliuotė būtų žymi tiek raudonoje, tiek geltonoje
5 srityse.

Fig. 2 vaizduoja daugiaspalvių kietakūnių lempų optimizuotų SPD pavyzdžius, atitinkančius pirmą išradimo aspektą, kuomet 30 nm pločio spalvotų komponentių tiek smailės padėtys, tiek RPRF buvo rasti naudojant optimizacijos procesą.
10 Optimizavimo rezultatai yra pateikti, esant trims standartinėms CCT vertėms (ištininės linijos – 3000 K, brūkšninės linijos – 4500 K, taškinės linijos – 6500 K).

Šio išradimo pirmo aspekto realizavimo pirma moda yra maksimizuotą spalvų sodrinimo gebą turintis šviesos šaltinis su iš anksto numatyta CCT intervale tarp
15 2700 K ir 6500 K ir su iš anksto numatyta mažiausia LER intervale tarp 250 lm/W ir 260 lm/W gali apimti tris grupes spalvotų šviestukų su smailės bangos ilgiais apie 408-486 nm, 509-553 nm ir 605-642 nm; skirtingų spalvinių bandinių skaičius rinkinyje gali būti didesnis nei 1000; mažiausia dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu gali būti iš anksto numatyta virš 60%;
20 didžiausia dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu gali būti iš anksto nustatyta žemiau 4%.

Konkrečiau, baltos šviesos šaltinį, turinį ne mažesnę kaip 250 lm/W LER, gali sudaryti, pavyzdžiui, trys grupės šviestukų, turinčių apie 30 nm vidutinį juostos
25 plotį. Naudojant 1200 skirtingų spalvinių bandinių, toks šaltinis gali perteikti:

- ne mažesnę kaip 75% dalį spalvinių bandinių su padidintu spalvos sodriu ir ne didesnę nei 2% dalį spalvinių bandinių su sumažintu spalvos sodriu:

(A1) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 449 nm, 521 nm ir 635 nm ir apie 0,069, 0,316 ir 0,615, esant 3000 K CCT (ištininė
30 linija Fig.2 A dalyje);

(A2) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 432 nm, 517 nm ir 630 nm ir apie 0,170, 0,382 ir 0,448, esant 4500 K CCT (brūkšninė linija Fig.2 A dalyje);

(A3) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie
5 447 nm, 512 nm ir 625 nm ir apie 0,201, 0,436 ir 0,363, esant 6500 K CCT (taškinė linija Fig. 2. A dalyje).

CSI vertė sumažėja ne daugiau kaip 5%, kai smailės bangos ilgiai skiriasi nuo aukščiau nurodytų per maždaug 50 nm, 10 nm ir 20 nm atitinkamai pirmai, antrai ir trečiai komponentėms.

10

[00] Šio išradimo pirmo aspekto realizavimo kita moda apima maksimizuotą spalvų blukinimo gebą turintį šviesos šaltinį su iš anksto numatyta CCT intervale tarp 2700 K ir 6500 K ir numatyta mažiausia LER intervale tarp 250 lm/W ir 400 lm/W, kur šaltinis gali būti sudarytas iš dviejų grupių spalvotų šviestukų su
15 smailės bangos ilgiais apie 405-486 nm ir 570-585 nm arba iš trijų grupių spalvotų šviestukų su smailės bangos ilgiais apie 405-486 nm, 490-560 nm ir 585-600 nm, skirtingų spalvinių bandinių skaičius rinkinyje gali būti didesnis nei 1000; mažiausia dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu gali būti iš anksto nustatyta virš 60%; didžiausia dalis spalvinių bandinių, kurie yra
20 perteikiami su padidintu spalvos sodriu gali būti iš anksto nustatyta žemiau 4%.

Konkrečiau, baltos šviesos šaltinį, turinį ne mažesnę kaip 390 lm/W LER, gali sudaryti, pavyzdžiui, dvi grupės šviestukų, turinčių apie 30 nm vidutinį juostos plotį. Naudojant 1200 skirtingų spalvinių bandinių, toks šaltinis gali perteikti:

25 - ne mažesnę kaip 75% dalį spalvinių bandinių su sumažintu spalvos sodriu ir ne didesnę nei 4% dalį spalvinių bandinių su padidintu spalvos sodriu:

(B1) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 462 nm ir 579 nm ir apie 0,189 ir 0,811, esant 3000 K CCT (ištinė linija Fig.2 B dalyje);

30 (B2) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 458 nm ir 573 nm ir apie 0,302 ir 0,698, esant 4500 K CCT (brūkšninė linija Fig. 2 B dalyje);

(B3) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 459 nm ir 570 nm ir apie 0,409 ir 0,591, esant 6500 K CCT (taškinė linija Fig.2 B dalyje).

5 CDI vertė sumažėja ne daugiau kaip 5%, kai smailės bangos ilgiai skiriasi nuo aukščiau nurodytų per maždaug 15 nm ir 3 nm atitinkamai pirmai ir antrai komponentėms.

Antraip baltos šviesos šaltinis, turintis ne mažesnę kaip 350 lm/W LER, gali apimti, pavyzdžiui, tris grupes šviestukų, turinčių apie 30 nm vidutinį juostos plotį. Naudojant 1200 skirtingų spalvinių bandinių, toks šaltinis gali perteikti:

10 - ne mažesnę kaip 65% dalį spalvinių bandinių su sumažintu spalvos sodriu ir ne didesnę nei 2% dalį spalvinių bandinių su padidintu spalvos sodriu:

(C1) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 462 nm, 541 nm ir 594 nm ir apie 0,170, 0,242 ir 0,588, esant 3000 K CCT (ištinė linija Fig.2 C dalyje);

15 (C2) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 472 nm, 550 nm ir 595 nm ir apie 0,348, 0,284 ir 0,368, esant 4500 K CCT (brūkšninė linija Fig.2 C dalyje).;

(C3) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 465 nm, 550 nm ir 599 nm ir apie 0,408, 0,338 ir 0,254, esant 6500 K CCT
20 (taškinė linija Fig.2 C dalyje).

CDI vertė sumažėja ne daugiau kaip 5%, kai smailės bangos ilgiai skiriasi nuo aukščiau nurodytų per maždaug 3 nm, 4 nm ir 3 nm atitinkamai pirmai, antrai ir trečiai komponentėms.

25 Šio išradimo pirmo aspekto realizavimo trečia moda yra mažais spalvų sodrio iškraipymais pasižymintis šviesos šaltinis su iš anksto numatyta CCT intervale tarp 2700 K ir 6500 K ir iš anksto numatyta mažiausia LER intervale tarp 250 lm/W ir 400 lm/W gali būti sudarytas iš trijų grupių spalvotų šviestukų su smailės bangos ilgiais apie 433-487 nm, 519-562 nm ir 595-637 nm arba iš keturių grupių spalvotų
30 šviestukų su smailės bangos ilgiais apie 434-475 nm, 495-537 nm, 555-590 nm ir 616-653 nm; skirtingų spalvinių bandinių skaičius rinkinyje gali būti didesnis nei 1000; spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, ir

spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, dalys gali būti minimizuotos žemiau 14% ir žemiau 2% atitinkamai trijų ir keturių šviestukų atveju.

Konkrečiau, baltos šviesos šaltinį, turinį ne mažesnę kaip 330 lm/W LER, gali sudaryti, pavyzdžiui, trys grupės šviestukų, turinčių apie 30 nm vidutinį juostos plotį. Naudojant 1200 skirtingų spalvinių bandinių, toks šaltinis gali perteikti:

- minimizuotas žemiau 14% dalis spalvinių bandinių su sumažintu spalvos sodriu ir spalvinių bandinių su padidintu spalvos sodriu:

(D1) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 478 nm, 552 nm ir 617 nm ir apie 0,217, 0,317 ir 0,466, esant 3000 K CCT (ištiesinė linija Fig.2 D dalyje);

(D2) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 478 nm, 552 nm ir 617 nm ir apie 0,366, 0,304 ir 0,330, esant 4500 K CCT (brūkšninė linija Fig. 2 D dalyje);

(D3) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 455 nm, 526 nm ir 597 nm ir apie 0,327, 0,339 ir 0,334, esant 6500 K CCT (taškinė linija Fig.2 D dalyje).

CSI ir CDI vertės padidėja ne daugiau kaip 5% , kai smailės bangos ilgiai skiriasi nuo aukščiau nurodytų per maždaug 2 nm, 1 nm ir 3 nm atitinkamai pirmai, antrai ir trečiai komponentėms.

Antraip baltos šviesos šaltinį, turinį ne mažesnę kaip 300 lm/W LER, gali sudaryti, pavyzdžiui, keturios grupės šviestukų, turinčių apie 30 nm vidutinį juostos plotį. Naudojant 1200 skirtingų spalvinių bandinių, toks šaltinis gali perteikti:

- minimizuotas žemiau 2% dalis spalvinių bandinių su sumažintu spalvos sodriu ir spalvinių bandinių su padidintu spalvos sodriu:

(E1) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 465 nm, 529 nm, 586 nm ir 642 nm ir apie 0,121, 0,202, 0,271 ir 0,406, esant 3000 K CCT (ištiesinė linija Fig.2 E dalyje);

(E2) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 461 nm, 525 nm, 584 nm ir 639 nm ir apie 0,212, 0,259, 0,242 ir 0,287, esant 4500 K CCT (brūkšninė linija Fig. 2 E dalyje);

(E3) kai šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 457 nm, 522 nm, 582 nm ir 637 nm ir apie 0,291, 0,278, 0,217 ir 0,214, esant 6500 K CCT (taškinė linija Fig. 2 E dalyje).

CSI ir CDI vertės padidėja ne daugiau kaip 5% , kai smailės bangos ilgiai skiriasi nuo aukščiau nurodytų per maždaug 6 nm, 3 nm, 3 nm ir 12 nm atitinkamai pirmai, antrai, trečiai ir ketvirtai komponentėms.

1 lentelėje pateikti SPD, parodytų Fig 2 , parametrų (CSI, CDI, LER, smailės bangos ilgiai ir RPRF) skaitiniai duomenys. Taip pat 1 lentelėje pateiktos bendrojo spalvų atgavos rodiklio R_a ir spalvų tikslumo rodiklio (CFI) vertės.

1 Lentelė

CCT (K)	CSI	CDI	LER (lm/W)	R_a	CFI	Smailės bangos ilgiai (nm)				Sant. daliniai spinduliniai srautai			
						LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	LED 1	LED 2	LED 3	LED 4
3000	82	1	250	-3	5	449	521	-	635	0,069	0,316	-	0,615
4500	79	1	253	11	5	432	517	-	630	0,170	0,382	-	0,448
6500	78	2	252	16	3	447	512	-	625	0,201	0,436	-	0,363
3000	1	81	480	-9	4	462	-	579	-	0,189	-	0,811	-
4500	4	78	443	1	3	458	-	573	-	0,302	-	0,698	-
6500	4	77	392	12	3	459	-	570	-	0,409	-	0,591	-
3000	1	67	442	45	16	462	541	594	-	0,170	0,242	0,588	-
4500	1	65	386	51	16	472	550	595	-	0,348	0,284	0,368	-
6500	1	65	356	60	13	465	550	599	-	0,408	0,338	0,254	-
3000	10	10	365	88	60	478	-	552	617	0,217	-	0,317	0,466
4500	10	13	332	85	51	478	-	552	617	0,366	-	0,304	0,330
6500	12	12	341	85	52	455	-	526	597	0,327	-	0,339	334
3000	0	1	313	97	94	465	529	586	642	0,121	0,202	0,271	0,406
4500	1	1	317	97	90	461	525	584	639	0,212	0,259	0,242	0,287
6500	1	1	301	96	86	457	522	582	637	0,291	0,278	0,217	0,214

Analogiški optimizavimo duomenys gali būti gauti kitoms CCT ir mažiausio LER vertėms. Žemesnės ir aukštesnės CCT lemia atitinkamai ilgesnių ir trumpesnių bangų spalvinių komponentių santykinį RPRF padidėjimą. Žemesnės mažiausio LER vertės lemia platesnę komponentių skėtrą spektre, ypač šaltiniuose su aukštu CSI. Tačiau visi SPD su aukštu CSI turi žemą spektrinę galią geltonai-žalioje spektro srityje (maždaug tarp 560 nm ir 600 nm); visi SPD su aukštu CDI turi žemą spektrinę galią raudonoje spektro srityje (virš 600 nm); ir visi SPD su tiek žemu CSI, tiek žemu CDI turi žymią spektrinę galią tiek raudonoje, tiek geltonoje spektro srityse.

Fig. 2 ir 1 lentelė rodo, kad optimizuoti daugiaspalviai šaltiniai su iš anksto numatytais spalvų sodrinimo charakteristikomis turi daug bendrų bruožų, tokių kaip:

- (A) Du spalvų sodrinimo gebos įverčiai vienas kitą atsveria, t.y. šaltiniai, turintys padidintą CDI, turi sumažinę CSI ir atvirkščiai;
 - (B) Šaltiniuose su aukštomis CSI vertėmis spektrinė galia yra žema srityje tarp 560 nm ir 600 nm;
 - (C) Šaltiniuose su aukštomis CDI vertėmis spektrinė galia yra žema srityje virš 600 nm;
 - (D) Šaltiniuose su tiek žema CDI verte, tiek žema CSI verte spektrinė galia yra žymi tiek srityje virš 600 nm, tiek srityje tarp 560 nm ir 600 nm;
 - (E) Šaltiniai su aukštesniais CSI turi mažesnius LER palyginus su šaltiniais su aukštesniais CDI, kadangi pirmieji turi žemą spektrinę galią srityje tarp 560 nm ir 600 nm, kur spektrinis LER yra didelis.
- Pagal duomenis, tokius, kaip patekti Fig.2 ir 1 lentelėje, ir kitus duomenis, analogiškai gautus remiantis šio išradimo pirmojo aspekto metodais, daugiaspalvis šviesos šaltinis, turintis iš anksto numatyta CCT ir iš anksto numatyta mažiausią LER ar mažiausią šviesinį našumą, gali būti sudarytas iš bent trijų skirtingų spalvotų spinduolių grupių, kur kiekvienos grupės spinduolių SPD ir RPRF yra optimaliai nustatyti tokie, kad, kai apšviečiamas spalvinių bandinių, skiriamų vidutine žmogaus akimi kaip skirtingų, rinkinys, spalvinių bandinių perteikiamų su padidintu spalvos sodriu skaičius gali būti ne mažesnis kaip iš anksto numatyta vertė, tuo tarpu spalvinių bandinių perteikiamų su sumažintu spalvos sodriu skaičius gali būti ne didesnis kaip iš anksto numatyta vertė. Kaip alternatyva, daugiaspalvis šviesos šaltinis, turintis iš anksto numatyta CCT ir iš anksto numatyta mažiausią LER ar mažiausią šviesinį našumą, gali būti sudarytas iš bent dviejų skirtingų spalvotų spinduolių grupių, kur kiekvienos grupės spinduolių SPD ir RPRF yra optimaliai nustatyti tokie, kad, kai apšviečiamas spalvinių bandinių, skiriamų vidutine žmogaus akimi kaip skirtingų, rinkinys, spalvinių bandinių perteikiamų su sumažintu spalvos sodriu skaičius gali būti ne mažesnis kaip iš anksto numatyta vertė, tuo tarpu spalvinių bandinių perteikiamų su padidintu

spalvos sodriu skaičius gali būti ne didesnis kaip iš anksto numatyta vertė. Trečias variantas yra daugiaspalvis šviesos šaltinis, turintis iš anksto numatyta CCT ir iš anksto numatyta mažiausią LER ar mažiausią šviesinį našumą, sudarytas iš bent trijų skirtingų spalvotų spinduolių grupių, kur kiekvienos grupės spinduolių SPD ir

5 RPRF yra optimaliai nustatyti tokie, kad, kai apšviečiamas spalvinių bandinių, skiriamų vidutine žmogaus akimi kaip skirtingų, rinkinys, tiek spalvinių bandinių perteikiamų su sumažintu spalvos sodriu skaičius, tiek spalvinių bandinių perteikiamų su padidintu spalvos sodriu skaičius gali būti ne didesnis kaip iš anksto numatyta vertė.

10 Optimizavimas gali apimti tokias ypatybes, kaip pavyzdžiui,

(A) bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, skaičiaus maksimizavimą, kuomet bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, skaičius yra apribotas verte, kuri yra mažesnė nei didžiausia leistina;

(B) bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, skaičiaus

15 maksimizavimą, kuomet bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, skaičius yra apribotas verte, kuri yra mažesnė nei didžiausia leistina;

(C) bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, skaičiaus ir bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, skaičiaus skirtumo maksimizavimą;

20 (D) bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, skaičiaus ir bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, skaičiaus skirtumo maksimizavimą;

(E) tiek bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, skaičiaus, tiek bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, skaičiaus

25 minimizavimą.

Spalvinių bandinių skaičius rinkinyje pageidaujama yra didesnis nei 15, ir gali būti naudojami bandiniai su labai skirtingais spalvos tonais, sodriais ir šviesiais.

Pagal pirmą išradimo aspektą daugiaspalvių kietakūnių lempų optimizuotų SPD su

30 įvairiais CSI ir CDI ribojimais gali būti taip pat gauti, esant spalvinėms komponentėms su iš anksto numatytais SPD profiliais, kurių kiekvienas yra apibūdinamas individuliu smailės bangos ilgiu ir juostos pločiu. Tokias spalvines

komponentes gali generuoti prekyboje esantys tiesioginio spinduliavimo šviestukai. Jeigu yra prieinami šviestukai su tinkamais smailės bangos ilgiais, tai tereikia parinkti tokių šviestukų optimalius RPRF.

- 5 Fig.3 parodyti devynių rūšių esamų šviestukų, kurių tinkamumas praktinių daugiaspalvių šviesos šaltinių optimizavimui yra apimamas pirmuoju išradimo aspektu, SPD (SPD yra normalizuoti pagal galia). Aštuoni SPD, vaizduojami ištisinėmis linijomis, yra būdingi tipiniams prekiniams masinės gamybos spalvotiems šviestukams, esantiems tik tam tikrų smailės bangos ilgių, tenkinančių
- 10 vaizduoklių ir šviesos signalų pramonės poreikius. Matyti, kad šių SPD forma šiek tiek skiriasi nuo Gauso formos ir pasižymi asimetrija; be to skirtingų spalvų šviestukai turi skirtingo pločio juostas. Čia mes skirsime šiuos šviestukus pagal jų smailės padėtis ir spalvą. Mėlyni 452 nm ir 469 nm InGaN šviestukai (apie 20 nm juostos plotis) yra naudojami visaspalviuose vaizdo ekranuose. Žaliai mėlyni
- 15 512 nm ir žali 523 nm InGaN šviestukai (atitinkamai apie 30 nm ir 32 nm juostos plotis) yra naudojami atitinkamai eismo reguliavimo šviesose ir vaizdo ekranuose. „Gintariniai“ 591 nm AlGaInP šviestukai (juostos plotis apie 15 nm) ir 589 nm InGaN konversijos fosfore šviestukai (juostos plotis apie 70 nm) yra naudojami eismo reguliavimo šviesose ir automobilių šviesos signaluose. Raudoni 625 nm ir
- 20 637 nm AlGaInP šviestukai (atitinkamai apie 15 nm ir 16 nm juostos plotis) yra naudojami atitinkamai vaizdo ekranuose ir eismo reguliavimo šviesose, o taip pat daugelyje kitų šviesos signalų rūšių. Devintas SPD, vaizduojamas brūkšnine linija, yra būdingas dvispalviu baltam konversijos fosfore šviestukui, turinčiam dvi spektro smailes ties maždaug 447 nm ir 547 nm atitinkamai su maždaug 18 nm ir
- 25 120 nm juostų pločiais. Tokie šviestukai yra naudojami bendrojo apšvietimo taikymuose ir šviesos signaluose.

- Pagal pirmą išradimo aspektą, daugiaspalvio baltos šviesos šaltinio su aukštu CSI ir žemu CDI atveju trys spalvoti spinduoliai gali būti parinkti iš arba 452 nm arba
- 30 469 nm šviestukų; arba 512 nm arba 523 nm šviestukų; ir arba 625 nm arba 637 nm šviestukų. Daugiaspalvio baltos šviesos šaltinio su aukštu CDI ir žemu CSI atveju nėra tinkamų šviestukų dvikomponenčiam telkiniui, kuris turi reikiamą

balta spalvą. Tačiau toks šaltinis gali būti sudarytas iš trijų spalvotų spinduolių, kurie gali būti parinkti iš arba 452 nm arba 469 nm šviestukų; arba 512 nm arba 523 nm šviestukų; ir arba 589 nm arba 591 nm šviestukų. Daugiaspalvis šviesos šaltinis su tiek žemu CSI, tiek žemu CDI gali būti sudarytas iš trijų šviestukų tik
5 aukštesnėms nei 4500 K CCT. Vienas šviestukas turi būti parinktas iš arba 452 nm arba 469 nm šviestukų, o kiti du yra 512 nm ir 589 nm šviestukai. Taip pat toks šaltinis gali būti sudarytas iš keturių spalvotų spinduolių, kurie turi būti parinkti iš arba 452 nm arba 469 nm šviestukų; arba 512 nm arba 523 nm šviestukų; arba 589 nm arba 591 nm šviestukų; ir arba 625 nm arba 637 nm šviestukų.

10

Fig 4 vaizduoja optimizuotų daugiaspalvių kietakūnių lempų SPD pavyzdžius, gautus pagal pirmą šio išradimo aspektą, kuomet optimizavimo procese kiekvienam šviestukui su iš anksto numatytu SPD profiliu buvo nustatytas RPRF. Optimizavimo rezultatai parodyti esant trimis standartinėms CCT vertėms (ištisinės
15 linijos – 3000 K, brūkšninės linijos – 4500 K, taškinės linijos – 6500 K).

Pirmas pavyzdys yra šviesos šaltinis su maksimizuota spalvų sodrinimo geba ir minimizuota spalvų blukinimo geba, kurį sudaro trys grupės šviestukų su parinktais 452 nm, 523 nm ir 625 nm smailės bangos ilgiais. Naudojant 1200 skirtingų
20 spalvinių bandinių toks šaltinis gali perteikti ne mažiau kaip 65% dalį spalvinių bandinių su padidintu spalvos sodriu ir ne daugiau kaip 3% dalį spalvinių bandinių su sumažintu spalvos sodriu:

(A1) kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,103, 0,370 ir 0,527, esant 3000 K CCT (ištisinė linija Fig 4 A dalyje);

25 (A2) kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,195, 0,401 ir 0,405, esant 4500 K CCT (brūkšninė linija Fig.4 A dalyje);

(A3) kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,283, 0,392 ir 0,325, esant 6500 K CCT (taškinė linija Fig.4 A dalyje).

30 Kitas pavyzdys yra šviesos šaltinis su maksimizuota spalvų blukinimo geba ir minimizuota spalvų sodrinimo geba, kurį sudaro trys grupės šviestukų su parinktais 452 nm, 523 nm ir 591 nm smailės bangos ilgiais. Iš 1200 skirtingų

spalvinių bandinių toks šaltinis gali perteikti ne mažiau kaip 50% dalį spalvinių bandinių su sumažintu spalvos sodriu ir ne daugiau kaip 2% dalį spalvinių bandinių su padidintu spalvos sodriu:

(B1) kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,154, 0,228 ir 0,618, esant 3000 K CCT (ištininė linija Fig. 4 B dalyje);

(B2) kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,254, 0,308 ir 0,438, esant 4500 K CCT (brūkšninė linija Fig.4 B dalyje);

(B3) kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,346, 0,320 ir 0,334, esant 6500 K CCT (taškinė linija Fig. 4 B dalyje).

10

Trečias pavyzdys yra šviesos šaltinis su tiek minimizuota spalvų blukinimo geba, tiek minimizuota spalvų sodrinimo geba, kurį sudaro trys arba keturios šviestukų grupės. Trijų šviestukų su parinktais 452 nm, 512 nm ir 589 nm smailės bangos ilgiais atveju iš 1200 spalvotų bandinių toks šaltinis gali perteikti spalvinių bandinių su tiek padidintu, tiek sumažintu spalvos sodriu dalis ne didesnes nei:

15

(C1) 33%, kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,207, 0,254 ir 0,539, esant 4500 K CCT (brūkšninė linija Fig.4 C dalyje);

(C2) 12% kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,291, 0,280 ir 0,429, esant 6500 K CCT (taškinė linija Fig. 4 C dalyje).

20

Keturių šviestukų su parinktais 452 nm, 523 nm, 589 nm ir 637 nm smailės bangos ilgiais atveju iš 1200 spalvotų bandinių toks šaltinis gali perteikti ne didesnes nei 5% dalis spalvinių bandinių su tiek padidintu, tiek sumažintu spalvos sodriu:

(D1) kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,112, 0,225, 0,421 ir 0,242, esant 3000 K CCT (ištininė linija Fig.4 D dalyje);

25

(D2) kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,208, 0,283, 0,353 ir 0,156, esant 4500 K CCT (brūkšninė linija Fig. 4 D dalyje);

(D3) kai šviestukų RPRF yra nustatyti atitinkamai apie 0,300, 0,293, 0,305 ir 0,102, esant 6500 K CCT (taškinė linija Fig. 4 D dalyje).

30

2 lentelėje pateikti SPD, parodytų Fig.4, parametrų (CSI, CDI, LER ir RPRF) skaitiniai duomenys. Taip pat 2 lentelėje pateiktos bendrojo spalvų atgavos rodiklio R_a ir spalvų tikslumo rodiklio (CFI) vertės.

2 lentelė

CCT (K)	CSI	CDI	K (lm/W)	R _a	CFI	Šviestukų santykiniai daliniai spinduliniai srautai						
						452 nm	512 nm	523 nm	589 nm	591 nm	625 nm	637 nm
3000	77	1	327	41	11	0,103	–	0,370	–	–	0,527	–
4500	70	0	317	49	13	0,195	–	0,401	–	–	0,405	–
6500	67	2	297	54	12	0,283	–	0,392	–	–	0,325	–
3000	1	67	447	28	12	0,154	–	0,228	–	0,618	–	–
4500	1	58	399	51	20	0,254	–	0,308	–	0,438	–	–
6500	0	51	355	64	24	0,346	–	0,320	–	0,334	–	–
4500	0	32	345	80	49	0,207	0,254	–	0,539	–	–	–
6500	0	11	314	88	71	0,291	0,280	–	0,429	–	–	–
3000	2	2	340	94	87	0,112	–	0,225	0,421	–	–	0,242
4500	3	3	332	93	77	0,208	–	0,283	0,353	–	–	0,156
6500	4	4	311	93	72	0,300	–	0,293	0,305	–	–	0,102

Analogiški optimizavimo duomenys gali būti gauti kitoms CCT vertėms. Žemesnės ir aukštesnės CCT lemia atitinkamai ilgesnių ir trumpesnių bangų spalvinių komponentų santykinį RPRF padidėjimą.

Pagal duomenis, tokius, kaip patekti Fig. 4 ir 2 lentelėje, ir kitus duomenis, analogiškai gautus remiantis šio išradimo pirmo aspekto metodais, daugiaspalvis šviesos šaltinis, turintis iš anksto numatytą CCT, gali būti sudarytas iš bent trijų skirtingų spalvotų šviestukų grupių, kur kiekvienos grupės šviestukų smailės bangos ilgiai ir RPRF yra optimaliai nustatyti tokie, kad, kai apšviečiamas spalvinių bandinių, skiriamų vidutine žmogaus akimi kaip skirtingų, rinkinys, spalvinių bandinių perteikiamų su padidintu spalvos sodriu skaičius gali būti ne mažesnis kaip iš anksto numatyta vertė, tuo tarpu spalvinių bandinių perteikiamų su sumažintu spalvos sodriu skaičius gali būti ne didesnis kaip iš anksto numatyta vertė. Kaip alternatyva, daugiaspalvis šviesos šaltinis, turintis numatytą CCT, gali būti sudarytas iš bent dviejų skirtingų spalvotų šviestukų grupių, kur kiekvienos grupės šviestukų smailės bangos ilgiai ir generuojami RPRF yra optimaliai nustatyti tokie, kad, kai apšviečiamas spalvinių bandinių, skiriamų vidutine žmogaus akimi kaip skirtingų, rinkinys, spalvinių bandinių perteikiamų su sumažintu spalvos sodriu skaičius gali būti ne mažesnis kaip iš anksto numatyta vertė, tuo tarpu spalvinių bandinių perteikiamų su padidintu spalvos sodriu skaičius gali būti ne didesnis kaip iš anksto numatyta vertė. Trečias variantas yra daugiaspalvis šviesos šaltinis, turintis iš anksto numatytą CCT, sudarytas iš bent trijų skirtingų spalvotų šviestukų grupių, kur kiekvienos grupės šviestukų smailės bangos ilgiai ir generuojami RPRF

yra optimaliai nustatyti tokie, kad, kai apšviečiamas spalvinių bandinių, skiriamų vidutine žmogaus akimi kaip skirtingų, rinkinys, tiek spalvinių bandinių perteikiamų su sumažintu spalvos sodriu skaičius, tiek spalvinių bandinių perteikiamų su padidintu spalvos sodriu skaičius gali būti ne didesnis kaip iš anksto numatyta

5 vertė.

Spalvinių bandinių skaičius rinkinyje pageidaujama yra didesnis ar net daug didesnis nei 15, ir gali būti naudojami bandiniai su labai skirtingais spalvos tonais, sodriais ir šviesiais.

- 10 Pagal šio išradimo antrą aspektą daugiaspalvio kietakūnio šviesos šaltinio su dinamiškai derinama spalvų sodrinimo geba SPD yra komponuojamas keičiant spalvotų spinduolių, kurie jau turi iš anksto numatytus SPD, RPRF. Tam gali būti optimaliai parinktas ir naudojamas vienas spalvotų spinduolių, tokių kaip šviestukų grupės, rinkinys. Šio išradimo įgyvendinimai gali remtis dinaminio spalvų sodrinimo
- 15 gebos derinimu, parenkant ribinį SPD su aukštu CDI ir žemu CSI ir laipsniškai mažinant pasirinktą CDI vertę ir maksimizuojant CSI vertę, keičiant spalvotų spinduolių RPRF (pavyzdžiui, keičiant kiekvienos šviestukų grupės vidutinės maitinimo srovės), kol bus pasiektas kitas ribinis SPD su žemu CDI ir aukštu CSI. Konkrečiau, spalvų sodrinimo gebos derinimas gali būti atliekamas naudojant
- 20 SPD, kuris yra dviejų ribinių SPD, turinčių atitinkamai aukštą CSI (žemą CDI) ir aukštą CDI (žemą CSI), svertinę suma. Pavyzdžiui, gali būti naudojama dviejų SPD, kurie pasirinkto šviestukų rinkinio atveju turi didžiausią CSI ir didžiausią CDI, svertinė suma:

$$25 \quad S_{\sigma}(\lambda) = \sigma S_{\max CSI}(\lambda) + (1 - \sigma) S_{\max CDI}(\lambda), \quad (6)$$

kur σ yra derinimo svorio parametras. Tokia traktuotė reiškia, kad derinamo šaltinio i -ojo spalvoto spinduolio RPRF yra ribinių SPD atitinkamų RPRF svertinė suma su tuo pačiu svorio parametru:

30

$$\Phi_{i\sigma} = \sigma \Phi_{i \max CSI} + (1 - \sigma) \Phi_{i \max CDI}. \quad (7)$$

Šio išradimo įgyvendinimuose derinamas spalvų sodrinimo gebos šviesos šaltinis su CCT, keičiama intervale tarp 2700 K ir 6500 K ir LER, keičiamu nuo mažiausiai 250 lm/W, gali turėti SPD sudarytą iš bent keturių 30 nm pločio komponentų su
5 smailės bangos ilgiais apie 405–490 nm, 505–560 nm, 560–600 nm ir 600–642 nm; skirtingų spalvinių bandinių skaičius rinkinyje gali būti didesnis nei 1000; dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, gali būti keičiama intervale nuo 1% iki 81%; dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, gali būti keičiama nuo 0% iki 82%. Toks šaltinis taip
10 pat gali turėti SPD sudarytą iš komponentų su skirtingais juostos pločiais.

Pavyzdžiui, daugiaspalvė kietakunė lempa su dinamiškai derinama spalvų sodrinimo geba gali būti sudaryta iš bent keturių grupių esamų spalvotų spinduolių, tokių kaip spalvoti šviestukai, turintys SPD, kurie parodyti Fig. 3. Konkrečiau,
15 šviestukų smailės bangos ilgiai gali būti iš anksto atrinkti iš spektro intervalų arba kuo arčiau spektro intervalų, nustatytų pagal pirmą šio išradimo aspektą tam, kad turėti aukštas CSI ir CDI vertes ties derinimo ribomis. Alternatyvus metodas yra panaudoti konversijos fosfore šviestuką, kuris turi didelę spalvų blukinimo gebą, ties viena riba, o trijų spalvotų šviestukų telkinį, kuris turi didelę spalvų sodrinimo
20 gebą, ties kita riba.

Fig. 5, 6 ir 7 vaizduoja daugiaspalvių derinamos spalvų sodrinimo gebos lempų SPD esant skirtingoms CCT, gautų pagal antrą šio išradimo aspektą, kuomet ribiniai SPD yra sudaryti iš komponentų, atitinkančių spalvotus šviestukus.
25 Telkinys, sudarytas iš šviestukų su 452 nm, 523 nm ir 625 nm smailės bangos ilgiais bei atitinkamai 20 nm, 32 nm ir 15 nm juostos pločiais, yra naudojamas kaip sodrinantis spalvas ribinis telkinys, tuo tarpu telkinys, sudarytas iš šviestukų su 452 nm, 523 nm ir 591 nm smailės bangos ilgiais bei atitinkamai 20 nm, 32 nm ir 15 nm juostos pločiais yra naudojamas kaip blukinantis spalvas ribinis telkinys.
30 Kadangi šie du ribiniai telkiniai turi bendrus 452 nm ir 523 nm šviestukus, spalvų sodrinimo gebos derinimas (CDI mažinimas ir CSI didinimas) gali būti atliekamas naudojant keturių šviestukų telkinį, sudarytą iš 452 nm, 523 nm, 591 nm ir 625 nm

šviestukų, keičiant šių šviestukų RPRF. Fig. 5, 6 ir 7 vaizduoja gautus SPD esant atitinkamai 3000 K, 4500 K ir 6500 K CCT. Fig. 5-7 A dalys vaizduoja ribinius SPD, atitinkančius aukščiausius CDI ir žemiausius CSI. Fig. 5-7 B dalys vaizduoja svertinius SPD, atitinkančius tiek žemus CDI, tiek žemus CDI. Fig. 5-7 C dalys
5 vaizduoja ribinius SPD atitinkančius aukščiausius CSI ir žemiausius CDI. Fig. 5-7 D dalys vaizduoja CSI, CDI ir LER priklausomybes nuo svorio parametro σ . Fig. 5-7 E dalys vaizduoja keturių šviestukų RPRF kitimą sulig σ .

3, 4 ir 5 lentelėse pateikti parametrai, parodytų atitinkamai Fig. 5, 6 ir 7, skaitiniai
10 duomenys, o taip pat bendrojo spalvų atgavos rodiklio R_a ir spalvų tikslumo rodiklio (CFI) vertės.

Iš duomenų, parodytų Fig. 5, 6 ir 7 bei 3, 4 ir 5 lentelėse, matyti, kad didžiausios CDI vertės ir didžiausios CSI vertės yra pasiekiamos ties trijų šviestukų ribiniais
15 SPD atitinkamai su $\sigma = 0$ ir $\sigma = 1$. Šios vertės atitinka šviestukų telkinius, optimizuotus pagal pirmą šio išradimo aspektą (žiūr. Fig.4 ir 2 lentelę). Didėjant svorio parametrai, CDI mažėja, o CSI didėja. Esant tam tikrai tarpinei σ vertei, tiek CDI, tiek CSI turi beveik vienodas vertes, kurios yra mažesnės nei tam tikras slenkstis. Pavyzdžiui, tiek CDI, tiek CSI neviršija atitinkamai 14% ties $\sigma = 0,55$,
20 esant 3000 K CCT; 9% ties $\sigma = 0,50$, esant 4500 K CCT; ir 9% ties $\sigma = 0,45$, esant 6500 K CCT. Apie šias svorio parametro tarpines vertes SPD pasižymi aukštu spalvų tikslumu (didelėmis CFI vertėmis).

3 lentelė

Svoris σ	CSI	CDI	K (lm/W)	R_a	CFI	Šviestukų sant. daliniai spinduliniai srautai			
						452 nm	523 nm	591 nm	625 nm
0,00	1	67	447	28	12	0,154	0,228	0,618	0,000
0,05	1	66	441	33	14	0,151	0,236	0,587	0,026
0,10	1	64	435	38	16	0,149	0,243	0,556	0,053
0,15	1	62	429	44	19	0,146	0,250	0,525	0,079
0,20	1	60	423	49	22	0,144	0,257	0,495	0,105
0,25	1	57	417	55	26	0,141	0,264	0,464	0,131
0,30	1	53	411	60	30	0,139	0,271	0,433	0,158
0,35	1	46	405	66	37	0,136	0,278	0,402	0,184
0,40	1	39	399	71	47	0,134	0,285	0,371	0,210
0,45	2	29	393	76	55	0,131	0,292	0,340	0,236
0,50	4	22	387	81	59	0,128	0,299	0,310	0,263
0,55	13	14	381	85	55	0,126	0,306	0,279	0,289
0,60	24	10	375	86	50	0,123	0,313	0,248	0,315
0,65	34	7	369	85	41	0,121	0,321	0,217	0,341
0,70	44	4	363	83	35	0,118	0,328	0,186	0,368
0,75	55	2	357	80	28	0,116	0,335	0,155	0,394
0,80	63	2	351	73	22	0,113	0,342	0,125	0,420
0,85	67	1	345	65	18	0,111	0,349	0,094	0,446
0,90	71	1	339	57	15	0,108	0,356	0,063	0,473
0,95	74	1	333	49	13	0,106	0,363	0,032	0,499
1,00	77	1	327	41	11	0,103	0,370	0,000	0,527

4 lentelė

Svoris σ	CSI	CDI	K (lm/W)	R_a	CFI	Šviestukų sant. daliniai spinduliniai srautai			
						452 nm	523 nm	591 nm	625 nm
0,00	1	58	399	51	20	0,254	0,308	0,438	0,000
0,05	1	56	395	55	22	0,251	0,312	0,416	0,020
0,10	1	53	391	59	24	0,248	0,317	0,395	0,040
0,15	0	50	387	63	27	0,245	0,322	0,373	0,061
0,20	0	45	383	68	32	0,242	0,326	0,351	0,081
0,25	1	40	379	72	38	0,239	0,331	0,329	0,101
0,30	1	34	374	76	47	0,236	0,336	0,307	0,121
0,35	1	25	370	81	57	0,233	0,340	0,285	0,142
0,40	1	17	366	85	65	0,230	0,345	0,263	0,162
0,45	2	13	362	88	68	0,227	0,350	0,241	0,182
0,50	7	9	358	90	60	0,224	0,354	0,219	0,202
0,55	17	7	354	90	53	0,221	0,359	0,197	0,222
0,60	30	4	350	89	45	0,218	0,363	0,175	0,243
0,65	40	2	346	87	40	0,215	0,368	0,154	0,263
0,70	48	1	342	83	34	0,212	0,373	0,132	0,283
0,75	55	1	338	77	28	0,209	0,377	0,110	0,303
0,80	60	1	333	72	24	0,206	0,382	0,088	0,324
0,85	63	1	329	66	21	0,204	0,387	0,066	0,344
0,90	65	0	325	60	17	0,201	0,391	0,044	0,364
0,95	68	0	321	55	15	0,198	0,396	0,022	0,384
1,00	70	0	317	49	13	0,195	0,401	0,000	0,405

5 lentelė

Svoris σ	CSI	CDI	K (lm/W)	R_a	CFI	Šviestukų sant. daliniai spinduliniai srautai			
						452 nm	523 nm	591 nm	625 nm
0,00	0	51	355	64	24	0,346	0,320	0,334	0,000
0,05	0	47	352	67	26	0,343	0,323	0,317	0,016
0,10	0	43	349	71	30	0,339	0,327	0,301	0,033
0,15	0	39	346	74	36	0,336	0,331	0,284	0,049
0,20	0	34	344	78	42	0,333	0,334	0,267	0,065
0,25	0	29	341	81	51	0,330	0,338	0,251	0,081
0,30	0	19	338	85	62	0,327	0,342	0,234	0,097
0,35	1	14	335	88	67	0,324	0,345	0,217	0,114
0,40	3	10	332	90	67	0,321	0,349	0,201	0,130
0,45	9	8	329	91	62	0,318	0,352	0,184	0,146
0,50	15	6	326	91	54	0,314	0,356	0,167	0,162
0,55	26	4	323	91	47	0,311	0,360	0,151	0,178
0,60	36	2	320	89	41	0,308	0,363	0,134	0,195
0,65	44	2	317	85	34	0,305	0,367	0,117	0,211
0,70	50	1	314	81	30	0,302	0,371	0,101	0,227
0,75	54	1	311	77	26	0,299	0,374	0,084	0,243
0,80	58	1	308	72	22	0,296	0,378	0,067	0,259
0,85	61	1	306	68	19	0,293	0,381	0,050	0,276
0,90	63	1	303	63	17	0,289	0,385	0,034	0,292
0,95	65	1	300	59	14	0,286	0,389	0,017	0,308
1,00	67	2	297	54	12	0,283	0,392	0,000	0,324

- Fig. 8 vaizduoja daugiaspalių derinamos spalvų sodrinimo gebos lempų SPD esant skirtingoms CCT, kurie gauti pagal antrą šio išradimo aspektą, kuomet
- 5 ribinis SPD su aukščiausiu CDI yra gaunamas naudojant dvikomponentį (mėlynai geltoną) baltą konversijos fosfore šviestuką, o ribinis SPD su aukščiausiu CSI yra gaunamas naudojant spalvotų šviestukų telkinį, sudarytą iš 452 nm, 523 nm ir 637 nm šviestukų. Ši lempa turi 6042 K CCT, kuri būdinga šiam baltam šviestukui.
- Fig. 8 A dalis vaizduoja ribinį SPD atitinkantį aukščiausią CDI ir žemiausią CSI.
- 10 Fig. 8 B dalis vaizduoja svertinį SPD atitinkantį tiek žemą CDI, tiek žemą CDI.
- Fig. 8 C dalis vaizduoja ribinį SPD atitinkantį aukščiausią CSI ir žemiausią CDI.
- Fig. 8 D dalis vaizduoja CSI, CDI ir LER priklausomybes nuo svorio parametro σ .
- Fig. 8 E dalis vaizduoja keturių šviestukų RPRF kitimą sulig σ .
- 15 6 lentelėje pateikti parametrai, parodytų Fig.8, skaitiniai duomenys, o taip pat bendrojo spalvų atgavos rodiklio R_a ir spalvų tikslumo rodiklio (CFI) vertės.

Iš duomenų, parodytų Fig.8 bei 6 lentelėje, matyti, kad didžiausios CDI vertės ir didžiausios CSI vertės yra pasiekiamos ties ribiniais SPD atitinkamai su $\sigma = 0$ ir $\sigma = 1$. Didėjant svorio parametrai, CDI mažėja, o CSI didėja. Esant tam tikrai tarpinei vertei $\sigma = 0,30$, tiek CDI, tiek CSI turi beveik vienodas vertes, kurios yra mažesnės nei 14%. Apie šią svorio parametro tarpinę vertę SPD pasižymi aukštu spalvų tikslumu (didelėmis CFI vertėmis).

6 lentelė

Svoris σ	CSI	CDI	K (lm/W)	R_a	CFI	Šviestukų sant. daliniai spinduliniai srautai			
						Baltas	452 nm	523 nm	637 nm
0	4	53	325	71	18	1,000	0	0	0
0,05	4	51	322	74	20	0,947	0,021	0,012	0,021
0,1	4	46	319	77	24	0,897	0,039	0,024	0,040
0,15	5	39	316	79	30	0,847	0,057	0,036	0,060
0,2	6	29	313	82	35	0,797	0,075	0,047	0,080
0,25	8	19	311	83	42	0,747	0,094	0,059	0,100
0,3	13	14	308	84	45	0,697	0,112	0,071	0,120
0,35	18	11	305	84	43	0,648	0,130	0,083	0,140
0,4	25	8	302	82	40	0,598	0,148	0,095	0,159
0,45	31	6	299	80	37	0,548	0,166	0,107	0,179
0,5	37	5	296	77	31	0,498	0,184	0,119	0,199
0,55	44	4	293	75	26	0,448	0,202	0,130	0,219
0,6	49	3	291	72	24	0,399	0,221	0,142	0,239
0,65	53	3	288	68	20	0,349	0,239	0,154	0,258
0,7	57	3	285	64	19	0,299	0,257	0,166	0,278
0,75	60	2	282	60	17	0,249	0,275	0,178	0,298
0,8	62	2	279	56	15	0,199	0,293	0,190	0,318
0,85	63	2	276	51	13	0,149	0,311	0,202	0,338
0,9	65	2	273	46	11	0,100	0,330	0,213	0,357
0,95	66	2	271	41	10	0,050	0,348	0,225	0,377
1	68	2	268	37	9	0	0,366	0,237	0,397

10 Fig. 5-8 ir 3-6 lentelės rodo, kad daugiaspalviai derinamos spalvų sodrinimo gebos šaltiniai turi daug bendrų bruožų, tokių kaip:

(A) Tolydus svorio parametro kitimas intervale nuo 0 iki 1 lemia monotonišką CDI mažėjimą ir monotonišką CSI didėjimą;

(B) Didėjant svorio koeficientui (t.y. CSI didėjant CDI sąskaita), raudonos ir
15 žalios komponenčių RPRF didėja, tuo tarpu mėlynos ir gintarinės komponenčių RPRF, o taip pat LER mažėja;

(C) Didelės CDI vertės yra pasiekiamos, kai raudona komponentė nyksta;

(D) Didelės CSI vertės yra pasiekiamos, kai gintarinė (geltona) komponentė nyksta;

(E) CDI ir CSI kitimas yra netiesinis svorio parametro atžvilgiu; CDI ir CSI balansas yra pasiekiamas esant σ maždaug tarp 0,3 ir 0,55.

- Pagal duomenis, tokius, kaip patekti Fig. 5-8 ir 3-6 lentelėse, ir kitus duomenis analogiškai gautus remiantis šiame išradime siūlomais metodais, bent keturi skirtingi šviestukai, turintys iš anksto numatytus SPD, gali sudaryti turintį iš anksto numatytos CCT daugiaspalvį šviesos šaltinį su spalvų sodrinimo geba derinama, keičiant kiekvienos spinduolių grupės generuojamus RPRF tokiu būdu, kad, kai apšviečiamas spalvinių bandinių, skiriamų vidutine žmogaus akimi kaip skirtingų, rinkinys, spalvinių bandinių, perteikiamų su sumažintu spalvos sodriu, skaičius mažėja, o spalvinių bandinių, perteikiamų su padidintu spalvos sodriu, skaičius didėja; arba, antraip, spalvinių bandinių, perteikiamų su sumažintu spalvos sodriu, skaičius didėja, o spalvinių bandinių, perteikiamų su padidintu spalvos sodriu, skaičius mažėja. Toks derinimas gali apimti tokias ypatybes, kaip pavyzdžiui,
- 15 (A) bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, skaičiaus maksimizavimą,
- (B) bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, skaičiaus maksimizavimą;
- (C) bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, skaičiaus ir
- 20 bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, skaičiaus skirtumo maksimizavimą;
- (D) bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, skaičiaus ir bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, skaičiaus skirtumo maksimizavimą;
- 25 (E) tiek bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, skaičiaus, tiek bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, skaičiaus minimizavimą;
- (F) spalvų sodrinimo gebos derinimą, t.y. bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, skaičiaus ir bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu
- 30 spalvos sodriu, skaičiaus santykio derinimą, keičiant SPD kaip dviejų ribinių SPD, kurie yra optimizuoti, atitinkamai, kiekvieno iš šių dviejų skaičių atžvilgiu, svertinę sumą.

Spalvinių bandinių skaičius rinkinyje yra pageidaujama didesnis ar net daug didesnis nei 15, ir gali būti naudojami bandiniai su labai skirtingais spalvos tonais, sodriais ir šviesiais.

- 5 Konkrečiau, toks baltas šaltinis gali būti sudarytas, pavyzdžiui, iš keturių grupių šviestukų su smailės bangos ilgiais apie 452 nm, 523 nm, 591 nm ir 625 nm ir atitinkamais juostos pločiais apie 20 nm, 32 nm, 15 nm ir 15 nm. Esant 1200 skirtingų spalvinių bandinių toks šaltinis gali būti suderintas taip, kad:

- dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, 10 būtų didžiausia, o dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, būtų mažiausia, kai šios dalys yra :

(A1) atitinkamai apie 67% ir 1%, esant 3000 K CCT, pasirenkant 0,154, 0,228, 0,618 ir 0,000 RPRF, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 591 nm ir 625 nm šviestukais;

- 15 (A2) atitinkamai apie 58% ir 1%, esant 4500 K CCT, pasirenkant 0,254, 0,308, 0,438 ir 0,000 RPRF, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 591 nm ir , 625 nm šviestukais;

- (A3) atitinkamai apie 51% ir 0%, esant 6500 K CCT, pasirenkant 0,346, 0,320, 0,334 ir 0,000 RPRF, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 591 nm ir 20 625 nm šviestukais.

- dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, būtų didžiausia, o dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, būtų mažiausia, kai šios dalys yra :

- 25 (B1) atitinkamai apie 77% ir 1%, esant 3000 K CCT, pasirenkant 0,103, 0,370, 0,000 ir 0,527 RPRF, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 591 nm ir 625 nm šviestukais;

(B2) atitinkamai apie 70% ir 0%, esant 4500 K CCT, pasirenkant 0,195, 0,401, 0,000 ir 0,404 RPRF, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 591 nm ir 625 nm šviestukais;

- 30 (B3) atitinkamai apie 67% ir 2%, esant 6500 K CCT pasirenkant 0,283, 0,392, 0,000 ir 0,324 RPRF, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 591 nm ir 625 nm LEDs šviestukais.

- dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu ir dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, būtų maždaug vienodos ir nedidelės, kai šios dalys yra:

(C1) atitinkamai apie 14% ir 13%, esant 3000 K CCT, pasirenkant 0,126, 0,306, 5 0,279 ir 0,289 RPRF, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 591 nm ir 625 nm šviestukais;

(C2) atitinkamai apie 9% ir 7%, esant 4500 K CCT, pasirenkant 0,224, 0,354, 0,219 ir 0,203 RPRF, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 591 nm ir 625 nm šviestukais;

10 (C3) atitinkamai apie 8% ir 9%, esant 6500 K CCT, pasirenkant 0,318, 0,352, 0,184 ir 0,146 RPRF, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 591 nm ir 625 nm šviestukais.

Kitas derinamo baltos šviesos šaltinio pavyzdys gali būti sudarytas iš dvispalvio 15 balto šviestuko su SPD turinčiu mėlyną ir geltoną komponentes su, atitinkamai, apie 447 nm ir 547 nm smailės bangos ilgiais ir apie 18 nm ir 120 nm, juostos pločiais ir trijų grupių spalvotų šviestukų su apie 452 nm, 523 nm ir 637 nm smailės bangos ilgiais ir atitinkamai apie 20 nm, 32 nm ir 16 nm juostos pločiais. Esant 1200 skirtingų spalvinių bandinių toks šaltinis gali būti suderintas taip, kad:

20 - dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, būtų didžiausia, o dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, būtų mažiausia, kai šios dalys yra, atitinkamai, apie 53% ir 4%, pasirenkant 1,000, 0,000, 0,000 ir 0,000 RPRF, generuojamus atitinkamai baltu šviestuku ir 452 nm, 523 nm ir 637 nm šviestukais;

25 - dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, būtų didžiausia, o dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, būtų mažiausia, kai šios dalys yra, atitinkamai, apie 68% ir 2%, pasirenkant 0,000, 0,237, 0,366 ir 0,397 RPRF, generuojamus atitinkamai baltu šviestuku ir 452 nm, 523 nm ir 637 nm šviestukais;

30 - dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu ir dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, būtų maždaug vienodos ir nedidelės, kai šios dalys yra, atitinkamai, apie 14% ir 13%,

pasirenkant 0,697, 0,071, 0,112 ir 0,120 RPRF, generuojamus atitinkamai baltu šviestuku ir 452 nm, 523 nm ir 637 nm šviestukais.

Papildomi tikslai ir pranašumai yra skirti kietakūnių baltos šviesos šaltinių su dviem valdomomis priešingomis spalvų atgavos charakteristikomis konstrukcijai sukurti Šio išradimo įgyvendinimai gali apimti papildomus komponentus, tokius kaip, pavyzdžiui,

(A) elektroninę grandinę, skirtą šviesos šaltinio temdymui tokiu būdu, kad kiekvienos spinduolių grupės generuojami RPRF yra palaikomi ties pastoviomis vertėmis;

(B) elektroninę ir (arba) optoelektroninę grandinę, skirtą kiekvienos spinduolių grupės generuojamo RPRF įvertinimui;

(C) kompiuterio techninę ir programinę įrangą, skirtą elektroninių grandinių valdymui tokiu būdu, kuris leistų keisti CCT, derinti spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu ar sumažintu sodriu, proporcijas, palaikyti pastovų išėjimo šviesinį srautą derinant, temdant kaitaliojant CCT ir kompensuojant kiekvienos spinduolių grupės šiluminius ir senėjimo dreifus.

Daugiaspalviai baltos šviesos šaltiniai su valdoma spalvų sodrinimo geba, sukonstruoti remiantis šiame išradime aprašytais metodais, gali būti naudojami bendrojo apšvietimo srityje, kur jie gali būti suderinti pagal individualius spalvinės regos poreikius ir teikiamas pirmenybes, taip pat prekybos, architektūros, pasilinksminimo, medicininio, rekreacinio, gatvių ir landšafto apšvietimo srityse tam kad ryškintų ar blukintų įvairių paviršių spalvas, o taip pat kituose spalvinei kokybei jautriuose taikymuose, tokiuose kaip filmavimas, fotografija ir dizainas, medicinos ir psichologijos srityse sezoninių sutrikimų ir kitų šviesos kokybės įtakojamų sutrikimų gydymui ir profilaktikai.

Aukščiau išdėstytas įvairių išradimo aspektų aprašymas buvo pateiktas iliustravimo ir apibūdinimo tikslais. Šis aprašymas nėra skirtas būti išsamus ar tam, kad riboti išradimą tiksliai iki atskleistos formos, ir, akivaizdu, kad yra galima daugybė jo modifikacijų ir variantų. Tokios modifikacijos ir variantai, kurie gali būt

akivaizdūs išmanančiam technikos lygį asmeniui, yra įtraukti į šio išradimo apimtį, kaip apibrėžta jį lydinčiuose apibrėžties punktuose. Pavyzdžiui, analogiškai šviesos šaltiniai su skirtingais spalvų, perteikiamų su padidintu ir sumažintu spalvos sodriu, skaičiais gali būti gauti naudojant lazerius.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Kietakūnis šviesos šaltinis, turintis iš anksto nustatytą koreliuotąją spalvinę temperatūrą ir iš anksto nustatytą mažiausią šviesos veiksmingumą ar mažiausią
5 šviesinį našumą, apimantis bent vieną komplektą iš bent dviejų grupių regimos šviesos spinduolių, turinčių skirtingus spektrinės galios skirstinius ir individualius santykinius dalinius spindulinius srautus, elektroninę grandinę, skirtą kiekvienos spinduolių grupės vidutinės maitinimo srovės ir (arba) grupėje įžiebtų spinduolių skaičiaus valdymui, ir komponentą, skirtą skirtingų spinduolių grupių
10 generuojamos spinduliuotės tolygiam paskirstymui po apšviečiamą objektą, besiskiriantis tuo, kad kiekvienos spinduolių grupės spektriniai galios skirstiniai ir generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra tokie, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip
15 skirtingų, spalvų sodrinimo geba yra valdoma taip, kad tiek dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, tiek dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, yra iš anksto nustatoma ir (arba) dinamiškai derinama.
- 20 2. Šviesos šaltinis pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad koreliuotoji spalvinė temperatūra yra nustatyta intervale maždaug nuo 2500 iki 10000 K;
spalvų sodrinimo geba yra įvertinama atsižvelgiant į žmogaus regos spalvinę adaptaciją; ir (arba)
25 spinduliai apima šviesos diodus, kurie spinduliuoja šviesą dėka injekcinės elektroliuminescencijos puslaidininkinėse sandūrose arba dėka injekcinės elektroliuminescencijos dalinės ar visiškos konversijos bangos ilgio keitikliuose, turinčiuose fosforų.
- 30 3. Šviesos šaltinis pagal 1 punktą, apimantis bent tris regimos šviesos spindulius, besiskiriantis tuo, kad kiekvienos spinduolių grupės spektriniai galios skirstiniai ir generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai

yra tokie, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų:

- 5 (a) ne mažiau kaip iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu; ir
- (b) ne daugiau kaip kitos iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu.

4. Šviesos šaltinis pagal 3 punktą, besiskiriantis tuo, kad kiekvienos minėtos spinduolių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra tokie, kad dalies spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu sodriu, ir dalies spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu sodriu, skirtumas yra maksimizuotas.

15 5. Šviesos šaltinis pagal 3 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtas šaltinis turi koreliuotąją spalvinę temperatūrą 2700-6500 K intervale ir ne mažesnę nei 250 lm/W šviesos veiksmingumą ir apima tris spalvotų šviesos diodų grupes su maždaug 30 nm vidutiniu juostos pločiu, turinčias smailės bangos ilgus maždaug 408-486 nm, 509-553 nm ir 605-642 nm intervaluose, kur ne mažiau kaip 60% iš
20 daugiau kaip 1000 skirtingų spalvinių bandinių spalvų yra perteikiamos su padidintu sodriu, ir ne daugiau kaip 4% spalvinių bandinių spalvų yra perteikiamos su sumažintu sodriu.

6. Šviesos šaltinis pagal 5 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtos trys
25 spalvotų šviesos diodų grupės apima, atitinkamai, mėlynus elektroluminescencinius InGaN šviesos diodus su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žalius elektroluminescencinius InGaN šviesos diodus su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 32 nm juostos pločiu ir raudonus elektroluminescencinius AlGaInP šviesos diodus
30 su smailės bangos ilgiu ties maždaug 625 nm ir maždaug 15 nm juostos pločiu, kur, esant daugiau kaip 1200 skirtingų spalvinių bandinių, dalis bandinių, kurie yra

perteikiami su padidintu sodriu, yra maksimizuota, o dalis bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu sodriu, yra minimizuota:

5 (a) atitinkamai iki maždaug 77% ir 1% esant 3000 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,103, 0,370 ir 0,527 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 625 nm šviesos diodų;

10 (b) atitinkamai iki maždaug 70% ir 0% esant 4500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,195, 0,401 ir 0,405 santykinius dalinius spindulinius srautus generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 625 nm šviesos diodų;

15 (c) atitinkamai iki maždaug 67% ir 2% esant 6500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,283, 0,392 ir 0,325 santykinius dalinius spindulinius srautus generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 625 nm šviesos diodų.

15

7. Šviesos šaltinis pagal 1 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s t u o**, kad kiekvienos minėtos spinduolių grupės spektriniai galios skirstiniai ir generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra tokie, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų:

20

(a) ne mažiau kaip iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu; ir

(b) ne daugiau kaip kitos iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu.

25

8. Šviesos šaltinis pagal 7 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s t u o**, kad kiekvienos minėtos spinduolių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra tokie, kad dalies spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu sodriu, ir dalies spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu sodriu, skirtumas yra maksimizuotas.

30

9. Šviesos šaltinis pagal 7 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtas šaltinis turi koreliuotąją spalvinę temperatūrą 2700-6500 K intervale ir ne mažesnę nei 250 lm/W šviesos veiksmingumą ir apima:
- (a) dvi spalvotų šviesos diodų grupes su maždaug 30 nm vidutiniu juostos pločiu, turinčias smailės bangos ilgį maždaug 405-486 nm ir 570-585 nm intervaluose, arba
 - (b) tris spalvotų šviesos diodų grupes su maždaug 30 nm vidutiniu juostos pločiu, turinčias smailės bangos ilgį maždaug 408-486 nm, 490-560 nm ir 585-600 nm intervaluose,
- 10 kur ne mažiau kaip 60% iš daugiau kaip 1000 skirtingų spalvinių bandinių spalvų yra perteikiamos su sumažintu sodriu, ir ne daugiau kaip 4% spalvinių bandinių spalvų yra perteikiamos su padidintu sodriu.
10. Šviesos šaltinis pagal 9 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtos trys spalvotų šviesos diodų grupės apima, atitinkamai, mėlynus elektroluminescencinius InGaN šviesos diodus su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žalius elektroluminescencinius InGaN šviesos diodus su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 32 nm juostos pločiu ir gintarinius elektroluminescencinius AlGaInP šviesos diodus su smailės bangos ilgiu ties maždaug 591 nm ir maždaug 15 nm juostos pločiu, kur, esant daugiau kaip 1200 skirtingų spalvinių bandinių, dalis bandinių kurie yra perteikiami su sumažintu sodriu, yra maksimizuota, o dalis bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu sodriu, yra minimizuota:
- (a) atitinkamai iki maždaug 67% ir 1% esant 3000 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,154, 0,228 ir 0,618 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 591 nm šviesos diodų;
 - (b) atitinkamai iki maždaug 58% ir 1% esant 4500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,254, 0,308 ir 0,438 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 591 nm šviesos diodų;

(c) atitinkamai iki maždaug 51% ir 0% esant 6500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,346, 0,320 ir 0,334 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm ir 591 nm šviesos diodų.

5

11. Šviesos šaltinis pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtas šviesos šaltinis apima bent tris regimos šviesos spinduolių grupes, kur kiekvienos spinduolių grupės spektriniai galios skirstinai ir generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra tokie, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai
10 apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų:

(a) ne daugiau kaip iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos yra perteikiamos su sumažintu spalvos sodriu; ir

(b) ne daugiau kaip kitos iš anksto nustatytos dalies spalvinių bandinių spalvos
15 yra perteikiamos su padidintu spalvos sodriu.

12. Šviesos šaltinis pagal 11 punktą, besiskiriantis tuo, kad kiekvienos minėtos spinduolių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai parenkami tokie, kad dalys spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami tiek su
20 padidintu sodriu, tiek su sumažintu sodriu, yra minimizuotos žemiau iš anksto nustatytos dalies.

13. Šviesos šaltinis pagal 12 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtas šaltinis turi koreliuotąją spalvinę temperatūrą 2700-6500 K intervale ir ne mažesni
25 nei 250 lm/W šviesos veiksmingumą ir apima:

(a) tris spalvotų šviesos diodų grupes su maždaug 30 nm vidutiniu juostos plokščiu, turinčias smailės bangos ilgus maždaug 433-487 nm, 519-562 nm ir 595-637 nm intervaluose, kur dalys spalvų iš daugiau kaip 1000 skirtingų spalvinių bandinių, perteikiamų tiek su sumažintu, tiek su padidintu sodriu,
30 yra minimizuotos iki 14%, arba

(b) keturias spalvotų šviesos diodų grupes su maždaug 30 nm vidutiniu juostos plokščiu, turinčias smailės bangos ilgus maždaug 434-475 nm, 495-

537 nm, 555-590 nm ir 616-653 nm intervaluose, kur dalys spalvų iš daugiau kaip 1000 skirtingų spalvinių bandinių, perteikiamų tiek su sumažintu, tiek su padidintu sodriu, yra minimizuotos iki 2%.

- 5 14. Šviesos šaltinis pagal 12 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtas šviesos šaltinis apima tris spalvotų šviesos diodų grupes iš, atitinkamai, tokių diodų, kaip mėlyni elektroliuminescenciniai InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žaliai mėlyni elektroliuminescenciniai InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties
- 10 maždaug 512 nm ir maždaug 30 nm juostos pločiu ir gintariniai konversijos fosfore InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 589 nm ir maždaug 70 nm juostos pločiu, kur dalys spalvų iš daugiau kaip 1200 skirtingų spalvinių bandinių, perteikiamų tiek su sumažintu, tiek su padidintu sodriu, yra minimizuotos iki:
- 15 (a) maždaug 32% esant 4500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,207, 0,254 ir 0,539 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 512 nm ir 589 nm šviesos diodų;
- (b) maždaug 15% esant 6500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant
- 20 0,291, 0,280 ir 0,429 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 512 nm ir 589 nm šviesos diodų; arba
- minėtas šviesos šaltinis apima keturias spalvotų šviesos diodų grupes, atitinkamai, tokių diodų, kaip mėlyni elektroliuminescenciniai InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žali elektroliuminescenciniai InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties
- 25 maždaug 523 nm ir maždaug 32 nm juostos pločiu, gintariniai konversijos fosfore InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 589 nm ir maždaug 70 nm juostos pločiu ir raudoni elektroliuminescenciniai AlGaInP šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 637 nm ir maždaug 16 nm juostos pločiu, kur dalys spalvų iš daugiau kaip 1200 skirtingų spalvinių bandinių, perteikiamų tiek su
- 30 sumažintu, tiek su padidintu sodriu, yra minimizuotos iki:
- (c) maždaug 2% esant 3000 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,112, 0,225, 0,421 ir 0,242 santykinius dalinius spindulinius srautus,

generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 589 nm ir 637 nm šviesos diodų;

5 (d) maždaug 3% esant 4500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,208, 0,283, 0,353 ir 0,156 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 589 nm ir 637 nm šviesos diodų;

10 (e) maždaug 4% esant 6500 K koreliuotajai spalvinei temperatūrai, parenkant 0,300, 0,293, 0,305 ir 0,102 santykinius dalinius spindulinius srautus, generuojamus atitinkamai 452 nm, 523 nm, 589 nm ir 637 nm šviesos diodų.

15 15. Šviesos šaltinis pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad kiekvienos spinduolių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra sinchroniškai keičiami taip, kad palyginus su etaloniniu šviesos šaltiniu, kai apšviečiamas kiekvienas iš daugiau kaip penkiolikos spalvinių bandinių, vidutine žmogaus akimi skiriamų kaip skirtingų:

20 (a) dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, didėja, kai tuo tarpu dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, mažėja; arba
(b) dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu spalvos sodriu, mažėja, kai tuo tarpu dalis spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su sumažintu spalvos sodriu, didėja.

25 16. Šviesos šaltinis pagal 15 punktą, besiskiriantis tuo, kad kiekvienos minėtų spinduolių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra sinchroniškai keičiami kaip, šviesos šaltinius sudarančių atitinkamų spinduolių grupių santykinų dalinių spindulinių srautų svertinė suma, kur šie šaltiniai

(a) apibrėžti 3 ir 7 punktuose; arba
(b) apibrėžti 4 ir 8 punktuose.

30

17. Šviesos šaltinis pagal 16 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtas šviesos šaltinis turi iš anksto nustatytą koreliuotąją spalvinę temperatūrą 2700-

6500 K intervale ir ne mažesnę nei 250 lm/W šviesos veiksmingumą, kur minėtų spindulių grupių santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra sinchroniškai keičiami kaip atitinkamų šviesos šaltinių santykinų dalinių spindulių srautų svertinė suma, kur šaltiniai yra apibrėžti 5 ir 9 punktuose, abiem šaltiniams turint tą pačią iš
5 anksto numatytą koreliuotosios spalvinės temperatūros vertę

18. Šviesos šaltinis pagal 16 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtas šviesos šaltinis turi koreliuotąją spalvinę temperatūrą 2700-6500 K intervale ir ne mažesnę nei 250 lm/W šviesos veiksmingumą ir apima keturias spalvotų šviesos
10 diodų grupes iš tokių diodų kaip mėlyni InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žali InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 32 nm juostos pločiu, gintariniai AlGaInP šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 591 nm ir maždaug 15 nm juostos pločiu ir raudoni AlGaInP šviesos diodai su
15 smailės bangos ilgiu ties maždaug 625 nm ir maždaug 15 nm juostos pločiu, kur minėtų šviesos diodų grupių generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra sinchroniškai keičiami kaip atitinkamų šviesos šaltinių santykinų dalinių spindulių srautų svertinė suma, kur šaltiniai yra apibrėžti 6 ir 10 punktuose, abiem šaltiniams turint tą pačią koreliuotosios spalvinės temperatūros vertę.

20

19. Šviesos šaltinis pagal 16 punktą, besiskiriantis tuo, kad minėtas šviesos šaltinis turi maždaug 6042 K koreliuotąją spalvinę temperatūrą ir ne mažesnę nei 250 lm/W šviesos veiksmingumą ir yra apima keturias šviesos diodų grupes iš tokių diodų kaip balti dvispalviai šviesos diodai su daline spinduliuotės
25 konversija fosfore, mėlyni InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 452 nm ir maždaug 20 nm juostos pločiu, žali InGaN šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 523 nm ir maždaug 32 nm juostos pločiu ir raudoni AlGaInP šviesos diodai su smailės bangos ilgiu ties maždaug 637 nm ir maždaug 16 nm juostos pločiu, kur kiekvienos minėtų šviesos diodų grupės
30 generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra sinchroniškai keičiami kaip baltų šviesos diodų ir trispalvio telkinio, kurį sudaro mėlyni, žali ir raudoni šviesos diodai, atitinkamų santykinų dalinių spindulių srautų svertinė suma.

20. Šviesos šaltinis pagal bet kurį ankstesnį punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad regimos šviesos spinduliai bent vienoje iš minėtų grupių yra integruoti puslaidininkiniai lustai, kur lustų spektrinis galios skirstinys suderintas parenkant bent vieną iš šių parametru: kiekviename spinduolyje esančio aktyviojo sluoksnio cheminę sudėtį ar storį arba fosforo, esančio bangos ilgio keitiklyje, cheminę sudėtį ar bangos ilgio keitiklio storį ar formą.

21. Šviesos šaltinis pagal bet kurį ankstesnį punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad minėtas šviesos šaltinis papildomai apima:

elektroninę grandinę, skirtą šviesos šaltinio temdymui tokiu būdu, kad kiekvienos spindulių grupės generuojami santykiniai daliniai spinduliniai srautai yra palaikomi ties pastoviomis vertėmis; ir (arba)

elektroninę ir (arba) optoelektroninę grandinę, skirtą kiekvienos spindulių grupės generuojamų santykinų dalinių spindulinių srautų įvertinimui; ir (arba)

kompiuterio techninę ir programinę įrangą, skirtą elektroninių grandinių valdymui tokiu būdu, kuris leistų keisti koreliuotąją spalvinę temperatūrą ir dalį spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu ar sumažintu sodriu, palaikyti pastovų išėjimo šviesinį srautą, kaitaliojant koreliuotąją spalvinę temperatūrą ir spalvinių bandinių, kurie yra perteikiami su padidintu ar sumažintu sodriu, dalis, o taip pat temdant bei kompensuojant kiekvienos spindulių grupės šiluminius ir senėjimo dreifus.

22. Spalvų sodrinimo gebos dinaminio derinimo būdas, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad baltą šviesą generuoja, maišant bent dviejų šviesos šaltinių, apibrėžtų 1 punkte, turinčių skirtingą spalvų sodrinimo gebą, spinduliuotę, kai maišytos spinduliuotės spektrinį galios skirstinį sinchroniškai keičia kaip minėtų sudedamųjų šaltinių spektrinių galios skirstinių svertinę sumą su kintamais svorio parametrais, kurie valdo spalvų sodrinimo gebą.

30

23. Būdas pagal 22 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad baltą šviesą generuoja, maišant spinduliuotę, sklindančią iš dviejų baltos šviesos šaltinių,

turinčių tą pačią koreliuotąją spalvinę temperatūrą, kurių kiekvienas apima bent vieną baltų spindulių grupę ir (arba) bent dvi spalvotų spindulių grupes, kur maišytos spinduliuotės spektrinės galios skirstinį S_σ sinchroniškai keičia kaip minėtų dviejų sudedamųjų šaltinių spektrinės galios skirstinių, atitinkamai S_1 ir S_2 , svertinę sumą:

$$S_\sigma = \sigma S_1 + (1 - \sigma) S_2,$$

kur σ yra kintamas svorio koeficientas.

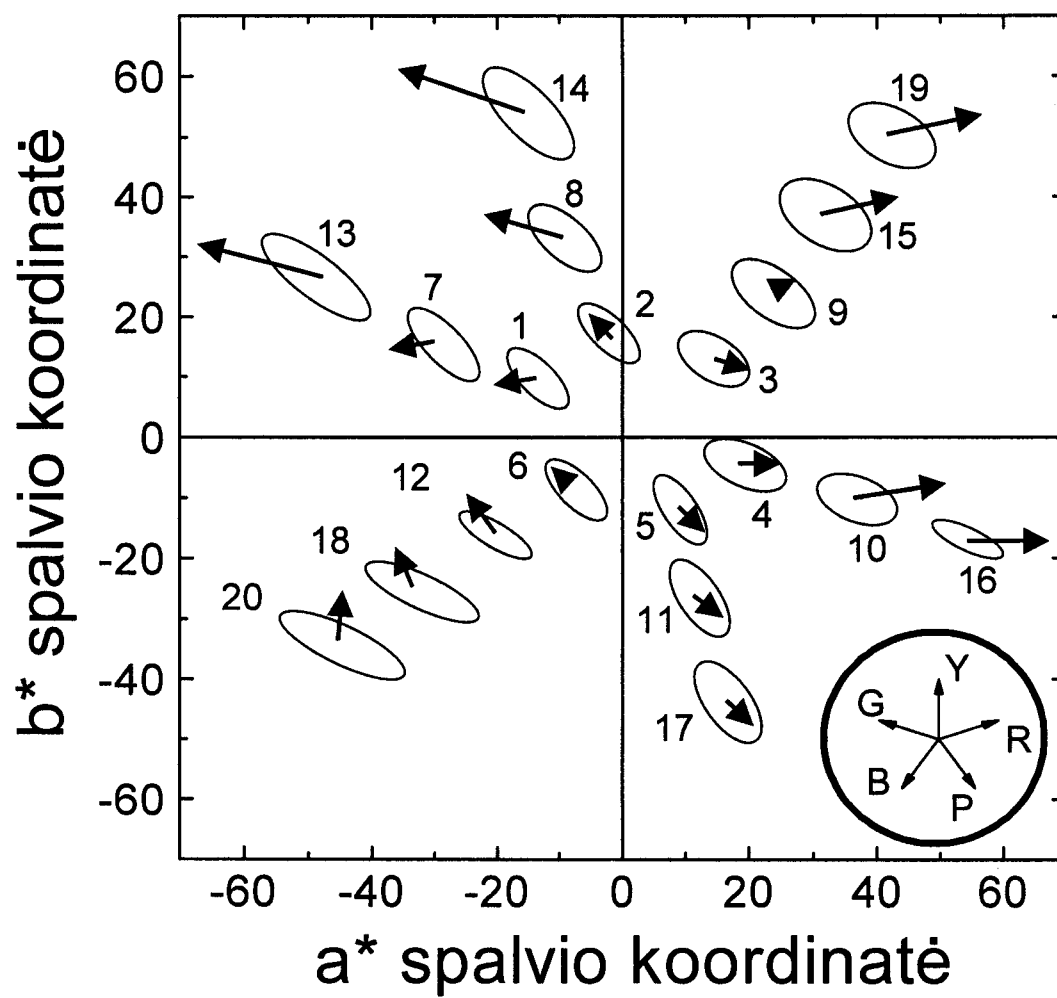


Fig.1

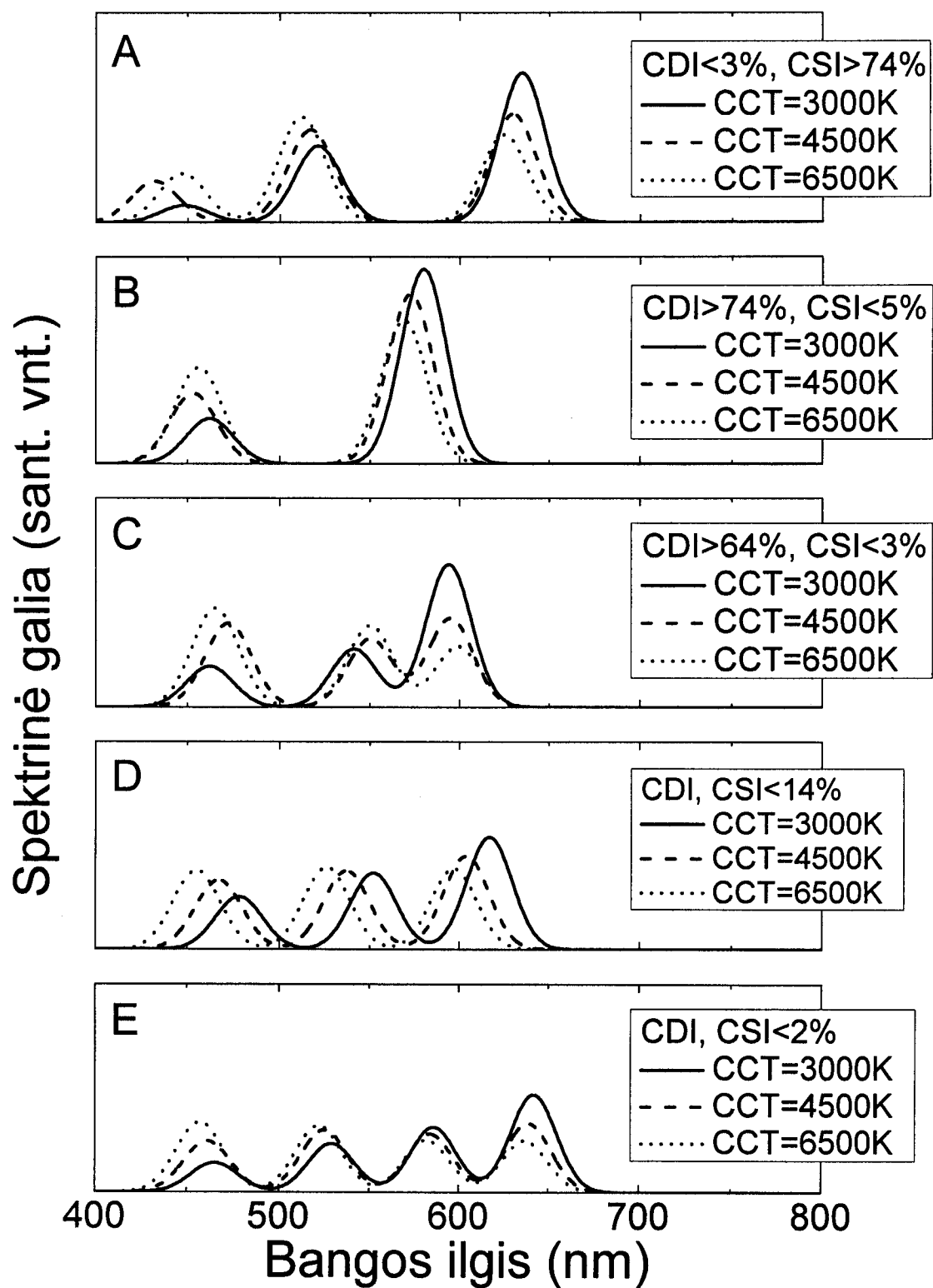


Fig. 2

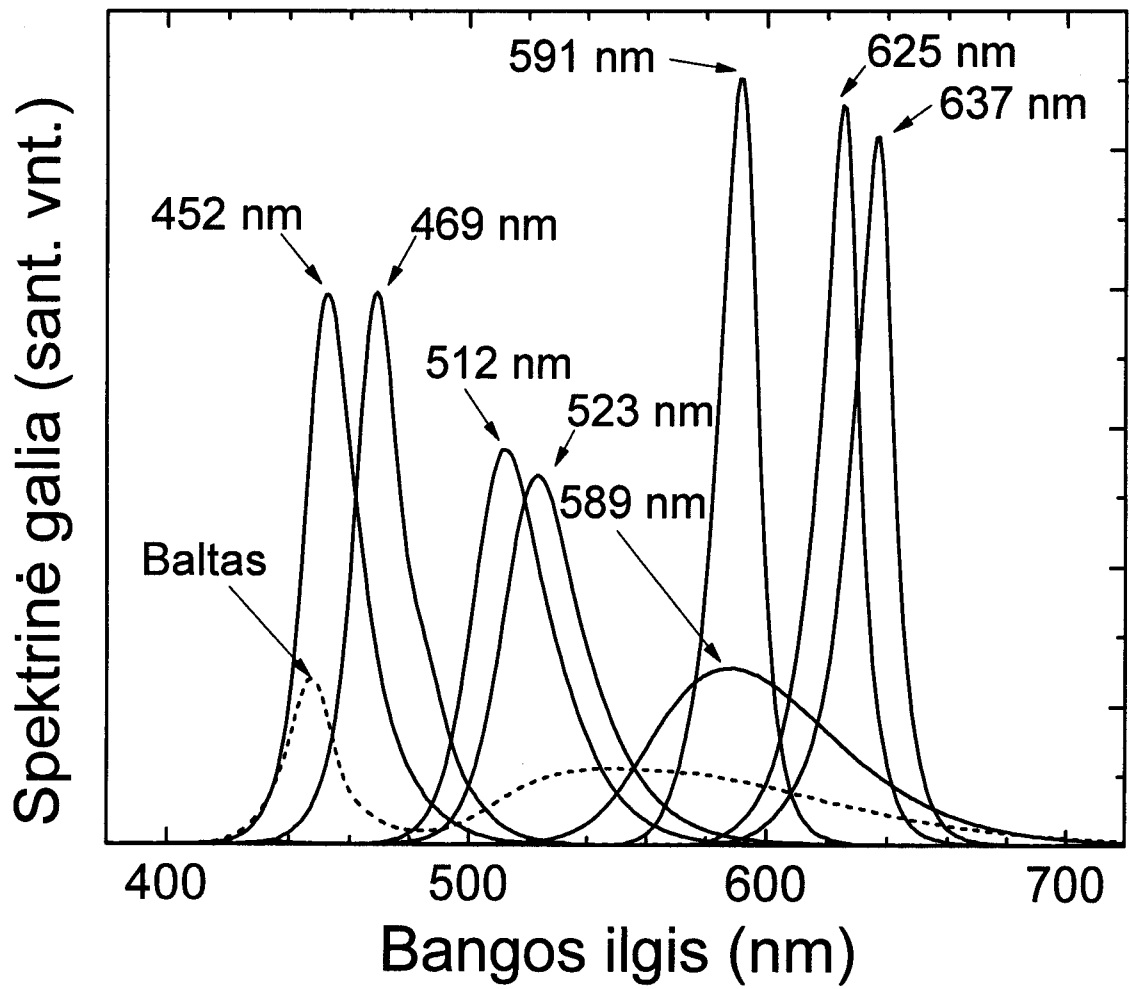


Fig. 3

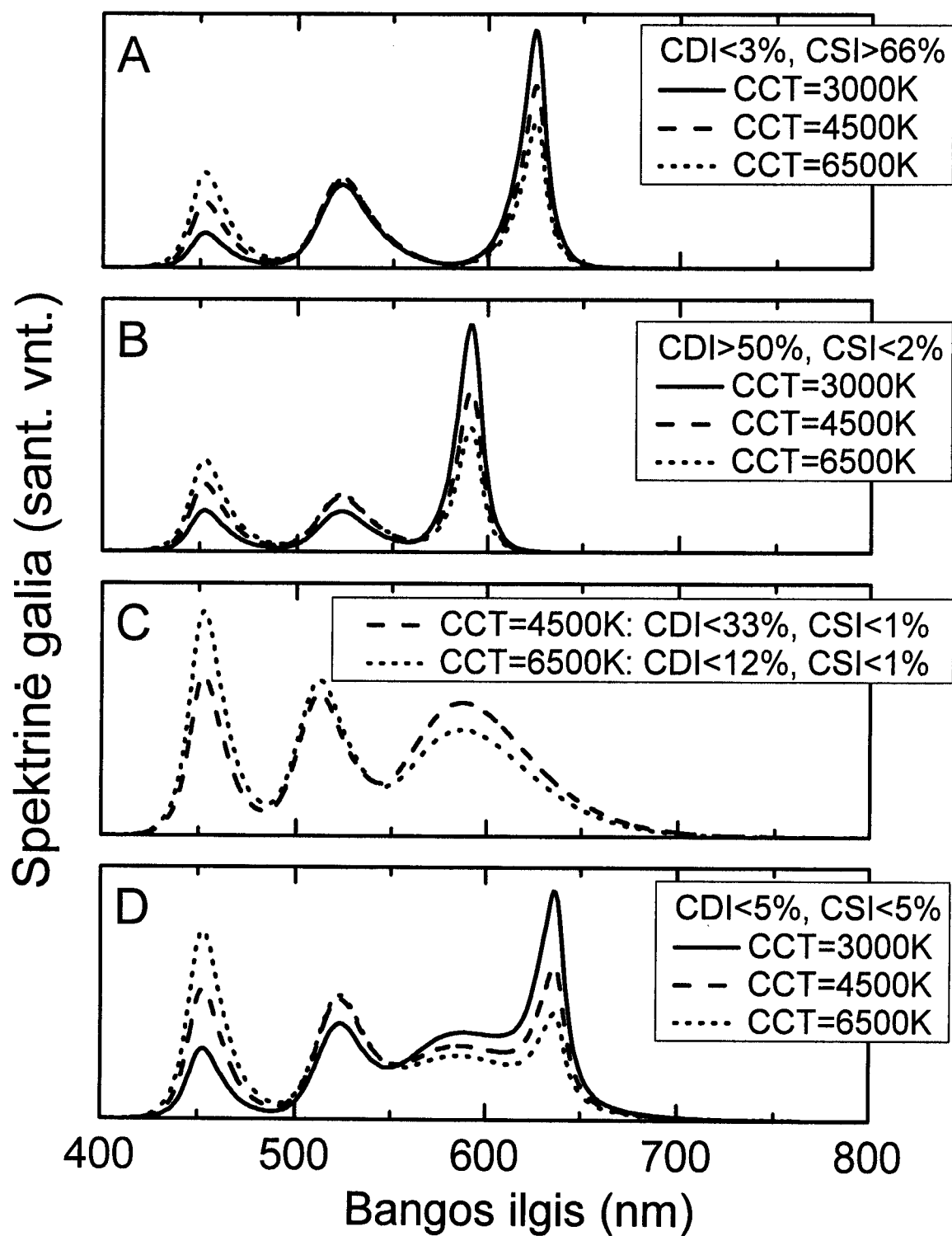


Fig. 4

CCT=3000 K

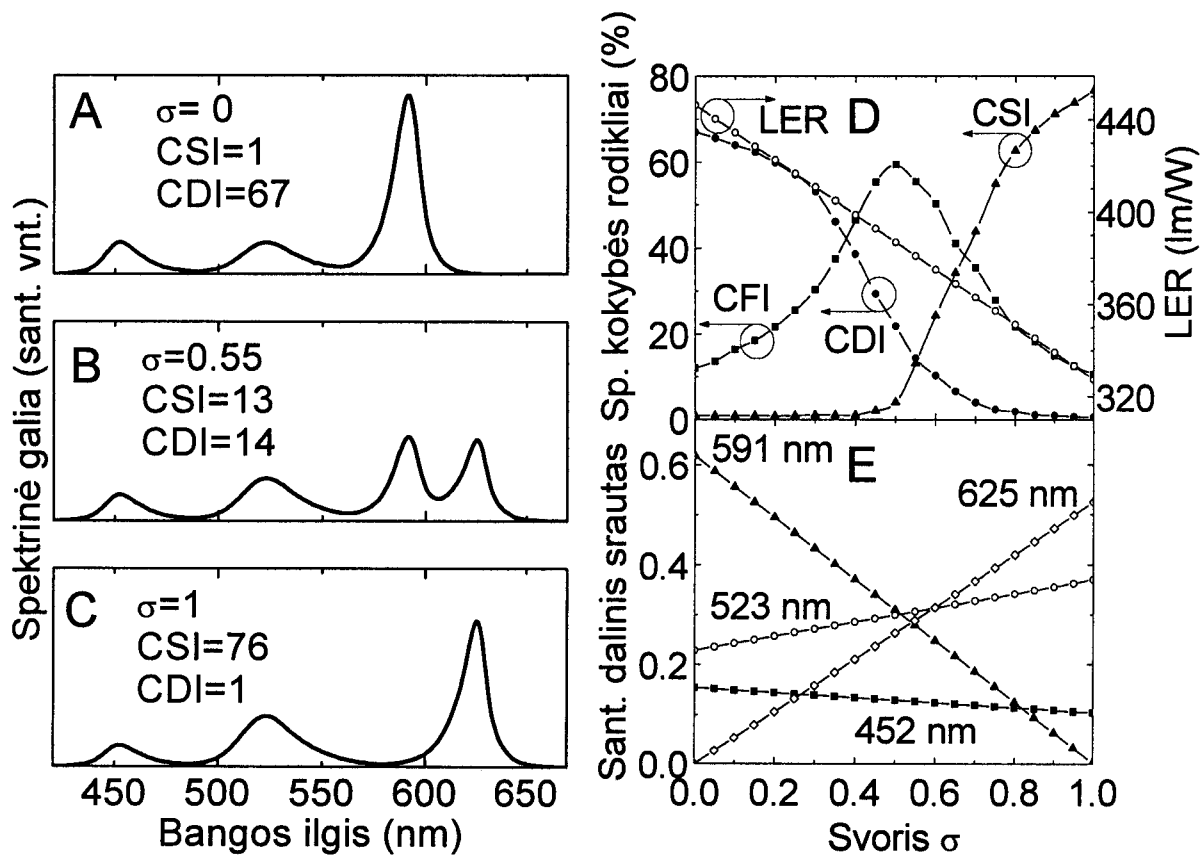


Fig. 5

CCT=4500 K

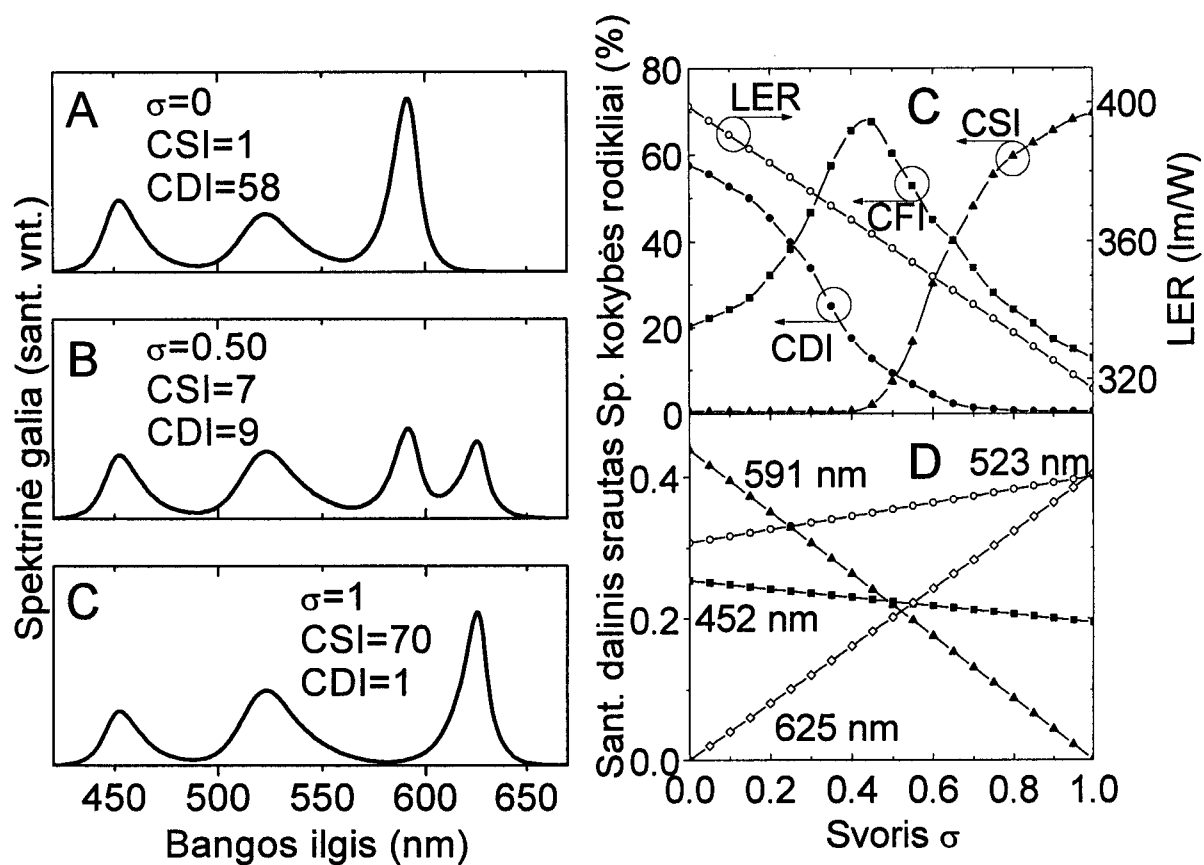


Fig. 6

CCT=6500 K

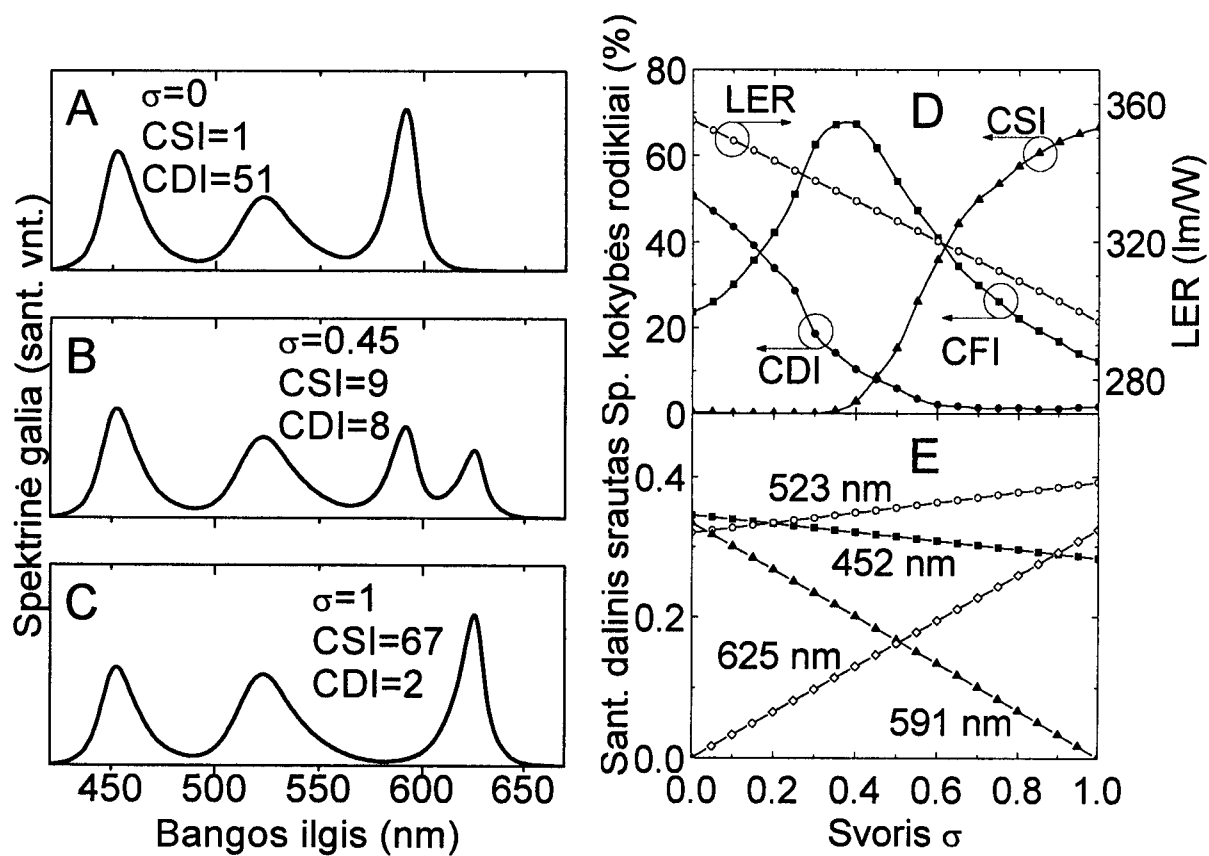


Fig. 7

CCT=6042 K

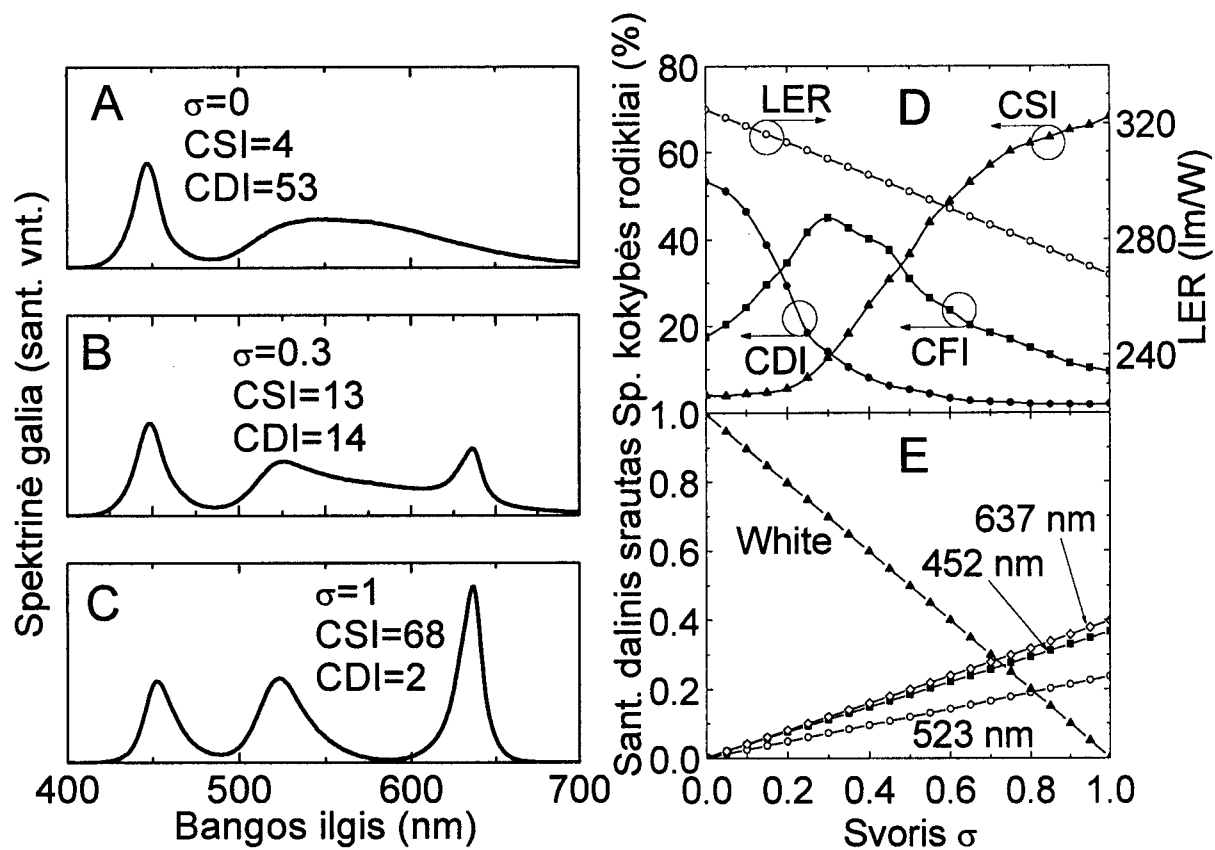


Fig. 8