

(10) **LT 2014 149 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

- (21) Paraiškos numeris: **2014 149** (51) Int. Cl. (2016.01): **F21S 8/00**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2014-12-22**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2016-06-27**
- (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: —
- (71) Pareiškėjas:  
**VILNIAUS UNIVERSITETAS, Universiteto g. 3, LT-01513 Vilnius, LT**
- (72) Išradėjas:  
**Algirdas NOVIČKOVAS, LT**  
**Algirdas MEKYS, LT**  
**Artūras BAGUCKIS, LT**  
**Vincas TAMOŠIŪNAS, LT**
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:  
**Otilija KLIMAITIENĖ, AAA Law, J.Jasinskio g. 16A, LT-03163 Vilnius, LT**

(54) Pavadinimas:  
**Saulės šviesos imitatorius**

(57) Referatas:

Sukurtas kompaktiškas, našus, minimalų komponentų kiekį (šviesos spindulių ir papildomų optinių elementų) naudojantis saulės imitatorius laboratoriniams taikymams, pvz. Saulės elementų testavimui. Kaip šviesos spinduliai panaudoti puslaidininkiniai šviesos diodai (šviestukai). Imitatorius pasižymi itin mažu naudojamų šviestukų skaičiumi – naudojami tik 1-3 to paties tipo vienspalviai šviestukai ir 6 balti šviestukai (viso – 19 šviestukų). Reikiama energinė apšvieta ir jos tolygumas bandinio plokštumoje užtikrinamas naudojant heksagoninę („korio“ tipo) gardelę šių šviestukų išdėstymui, optimizuotą šviestukų išdėstymą žieduose ir reflektorius išoriniame šviestukų žiede.

## SAULĖS ŠVIESOS IMITATORIUS

### **Išradimo sritis**

Išradimas yra priskiriamas reguliuojamo spektro saulės šviesos imitatoriams, o tiksliau - reguliuojamiems puslaidininkinius šviesos diodus naudojantiems saulės šviesos spektro imitatoriams.

### **Technikos lygis**

Saulės šviesos imitatoriai – tai šviestuvai, kurių spinduliuotės spektras artimoje ultravioletinėje, regimojoje ir artimoje infraraudonoje srityse yra artimas natūraliam Saulės spektrui. Tokie šviestuvai dažniausiai yra naudojami saulės elementų testavimui laboratorijose. Taip pat jie naudojami šviesos terapijos seansų metu gydant tam tikrus žmonių sutrikimus, arba juos galima naudoti kaip buities komforto elementus ir pan. Saulės šviesos imitatoriai taip pat naudojami biomediciniams tyrimams, fotobiologijoje, dažų, kitokių paviršių dangų ar plastikų testavimui ir pan.

Saulės imitatorius gali būti konstruojamas iš kelių rūšių šviesos šaltinių. Ksenono išlydžio lempos yra dažniausiai naudojamos dėl gana gero atitikimo Saulės spektrui, be to jų šviesą paprasta filtruoti tam, kad spinduliuotė kuo geriau atitiktų saulės imitatoriaus AAA klasę, remiantis tarptautiniu standartu IEC 60904-9 Ed. 2.0. Tačiau šiuo atveju tolygiam tiriamo paviršiaus apšvietimui naudojama sudėtinga optinio fokusavimo sistema.

Puslaidininkiniai šviesą spinduliuojantys diodai (šviestukai) leidžia rinktis spinduliuotę iš daugelio spektrinių juostų intervalų. Nors pirmasis puslaidininkinis šviesos diodas sukurtas 1962 m., tik neseniai jų spinduliuotės galia išaugo tiek, kad tapo konkurencinga kitiems naudojamiems šviesos šaltiniams. Jau yra naudojami 1.5 W šviesos galios šviestukai, atkuriant 90% Saulės šviesos imitatoriaus spinduliuotės, pagal standartų keliamus reikalavimus [Jang, S.H., and Shin, M.W.: 'Fabrication and thermal optimization of LED solar cell simulator', *Curr. Appl. Phys.*, 2010, 10, pp. S537–S539.]. Kombinuoti šaltiniai iš halogeninių lempų ir šviestukų jau sugeba pasiekti B klasės spektrinį atitikimą standartams [Bliss, M., Betts, T.R., and Gottschalg, R.: 'An LED-based photovoltaic measurement system with variable spectrum and flash speed', *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2009, 93, pp. 825–830.]. Kadangi atskirų šviečiančių elementų matmenys ties tiriamu paviršiumi yra santykinai dideli, yra sudėtinga pasiekti pakankamai

kompaktišką jų išdėstymą tam, kad būtų sukuriamas tolygus apšvietimas visuose spektriniuose intervaluose. Pasitelkiant šviesolaidžius, šviesos šaltiniai gali būti nukeliami toliau, o ties tiriamą plokštumą atvesta spinduliuotė išmaišoma. Tokiu būdu yra pasiektas AM1.5G spektro sąstatas su 10% erdviniu netolygumu 25 cm × 50 cm tiriamoje plokštumoje [Hamadani, B.H., Chua, K., Roller, J., Bennahmias, M.J., Campbell, B., Yoon, H.W., Dougherty, B., 'Towards realization of a large-area light-emitting diode-based solar simulator, Prog. Photovolt.: Res. Appl., 2011, 21, p.p. 779-789].

Patentinėje paraiškoje Nr. US 13/373,780 yra atskleidžiama Saulės šviesos spektro šviestukų valdymo sistema. Keičiant šviestukų maitinimo sroves, yra valdomas spektro pavidalas ir jis yra priderinamas kuo arčiau Saulės spektrui. Taip pat yra aprašomas šviestukų išdėstymas į atskirus kvadratinius (2cm x 2cm) segmentus po 16 vienetų ir 6 ar 12 skirtingais bangos ilgiais, tolimesniu segmentų išrikiavimu į 40 vienetų masyvą bei fokusavimo konusais, tvirtinamais ties kiekvienu segmentu. Šviestukų specifinis išrikiavimas ir elektroninė valdymo grandinė yra tinkami nedidelių matmenų atskirų šviečiančių komponentų panaudojimui be papildomo šilumos nuvedimo. Tai apriboja taikymus galingesniems šaltiniams.

Patentinėje paraiškoje Nr. US 13/533,790 yra sudėtinga optinė sistema, skirta projektuoti šviesos šaltinio vaizdą į tiriamą plokštumą taip, kad gautųsi apšvietimas iš kelių pozicijų. Toks projektorius sukuria šviesos intensyvumo tolygumą tiriamoje plokštumoje.

Patentinėje paraiškoje Nr. US 13/896,768 yra aprašoma mažų šviestukų geometrinių parametrų matrica, skirta kuo tiksliau atkurti Saulės spektrą. Saulės šviesos imitatorius yra suformuotas iš 23 skirtingų šviestukų, bei gana gerai atkuria Saulės šviesos spektrą. Išradime buvo panaudotas modulinis sujungimas ir statmeni priešpriešiniai veidrodžiai ant matricų šonų, sukuriantys begalinio ploto šviesos šaltinio iliuziją.

Patente Nr. US8,315,848 B2 yra aprašomas atskirų šviestukų grupių šviesos srauto reguliavimas atsižvelgiant į apšvietimą tik nedideliame tiriamos plokštumos plote. Tokiu būdu gaunamas "skenuojantis" Saulės imitatorius. Tokio imitatoriaus taikymai apriboti tyrimams, kurie gali būti atliekami tiriamoje plokštumoje nedideliais segmentais.

Tarptautinėje patentinėje paraiškoje Nr. PCT/JP2010/000512 yra aprašomas tolygus tiriamos plokštumos apšvietimas naudojant nuotolinius šviesos šaltinius, pasitelkiant šviesą sklaidančius prizmės pavidalo optinius komponentus. Šviesa į sklaidantį elementą patenka pro kanalus su pusiau skaidriais veidrodžiais, kurių dėka gali būti maišoma skirtingo dažnio spinduliuotė iš skirtingų šaltinių

Taškiniai šviesos šaltiniai su kelių rūšių konusinio pavidalo optine sistema, kaip aprašoma patentinėje paraiškoje Nr. US 13/980,326, ar vienodos formos kolimatoriai su plokščiomis briaunomis, kaip aprašoma patentinėje paraiškoje US 13/759,796 rikiuojami plokštumoje ir taip pat yra vadinami Saulės šviesos imitatoriais.

Patentinėje paraiškoje Nr. US 12/874,600 yra aprašomas modulinis atskirų šviesos elementų išrikiavimas ant vientiso aušinimo elemento, pasiekiant didesnę galią. Drauge naudojant su optiniu integratoriumi pasiekiamas homogeniškesnis apšvietimas. Testavimo plokštumoje yra sumontuotas elektrinių matavimų standą drauge su temperatūros kontrole bei kompiuterizuotu matavimų bei šviesos šaltinių valdymu.

Testuojant Saulės elementus, susiduriama su tuo, kad dalis šviesos nuo elemento atsispindi atgal į Saulės imitatoriaus šviesos šaltinio plokštumą, nuo kurios vyksta antrinis atspindys į Saulės elementą. Tokiu būdu Saulės elemento efektyvusis apšvietimas yra didesnis, nei kad būtų natūraliame apšvietime ir sukelia sunkumų vertinant tokio elemento našumą. Tuo tikslu tarp taškinių šviesos šaltinių Saulės imitatoriaus plokštumoje montuojamas šviesą sugeriantis sluoksnis, kaip aprašoma patentinėje paraiškoje Nr. US 13/390,101. Drauge aprašomas taškinių šaltinių išrikiavimas plokštumoje (kvadratiškai ar heksagoniškai) bei matavimo metodas.

Patentinėje paraiškoje Nr. US 13/373,780 aprašomas skirtingų spalvų šviestukų masyvų naudojimas kartu su antrine optika – šviesos maišymo konusais.

Artimiausias mūsų išradimui analogas yra atskleidžiamas patentinėje paraiškoje Nr. US 13/980,326, kurioje yra aprašomas šviestukų masyvas su antriniais (reflektoriai) ir tretiniais (difuzinis ekranas) optiniais elementais. Šioje paraiškoje yra išsprendžiama skirtingų spalvų šviestukų šviesos maišymo bandinio plokštumoje problema. Tai pasiekama naudojant antrinius ir tretinius optinius elementus.

Artimiausio analogo atveju visoms šviestukų grupėms yra naudojami antriniai arba tretiniai optiniai elementai užima daug vietos, reikalauja tikslaus mechaninio jų pozicionavimo, papildomų laikančiųjų konstrukcijų.

Mūsų siūlomo imitatoriaus atveju yra naudojami pakankamos galios šviestukai tam, kad užtektų jų skleidžiamos spinduliuotės srautų persiklojimo, naudojant kuo mažiau antrinių optinių elementų. Siūlomo naujo imitatoriaus atveju, papildomi reflektoriai naudojami tik su išoriniame šviestukų žiede išdėstytais trijų spalvų šviestukais. Kiekvienos spalvos šviestukų grupės išdėstymas atliekamas prisilaikant centrinės simetrijos. Reflektoriai naudojami tik 3 iš 6 šviestukų grupėms, o centrinėje dalyje išdėstytų šviestukų atveju yra išnaudojamas jų srautų persiklojimas be antrinės

optikos.

### **Trumpas išradimo aprašymas**

Išradimo tikslas yra sukurti kompaktišką, našų, kuo mažiau komponentų (šviestukų ir papildomų optinių elementų) naudojančią Saulės šviesos imitatorių laboratoriniams taikymams, pvz. saulės elementų testavimui. Sukurtas imitatorius pasižymi itin mažu naudojamų šviestukų skaičiumi – naudojami tik 1-3 vienspalviai įvairių spektrų intervalų šviestukai ir 6 balti šviestukai. Viso – 19 šviestukų, po 5W arba galingesni. Reikiama energinė apšvieta ir jos tolygumas bandinio plokštumoje yra užtikrinamas šių šviestukų išdėstymui naudojant heksagoninę („korio“ tipo) gardelę, optimizuotą šviestukų išdėstymą žieduose ir reflektorius išoriniame šviestukų žiede.

### **Trumpas brėžinių aprašymas**

Pav. 1 yra pateikiamas Saulės šviesos imitatoriaus konstrukcijos erdvinis vaizdas.

Pav. 2 yra pateikiamas Saulės šviesos imitatoriaus konstrukcijos vaizdas iš viršaus.

Pav. 3 yra pateikiamas Saulės šviesos imitatoriaus visų šaltinių srautų persiklojimo spektro grafikas.

Pav. 4 yra pateikiama šviesos šaltinių su aušintuvu konstrukcijos padėtis apšviečiamo objekto atžvilgiu.

### **Išsamus išradimo aprašymas**

Ant šilumai laidžios plokštės (1) su šilumos radiatoriais (2) yra montuojami šviesos šaltiniai (3) su lituojamais radiatoriais (4). Šviesos šaltinių grupei, kurie sudaro išorinį heksagoninį žiedą, montuojami šviesos reflektoriai (5). Šį žiedą sudaro trijų grupių šviestukai – balti (11) ir siauro spektro su smailėmis ties  $940 \pm 20$  nm (10) ir  $740 \pm 20$  nm (9). Reflektorių (5) panaudojimas leidžia padidinti energinę apšvietą iki reikalingos bandinio plokštumoje šioms šviestukų grupėms, dalinai kompensuoti didesnio atstumo nuo centro įtaką ir leidžia optimizuoti tos energinės apšvietos pasiskirstymą. Kiti šviesos šaltiniai (6, 7, 8) yra be papildomų optinių elementų.

Visi šviesos šaltiniai (6, 7, 8, 9, 10, 11) yra išdėstomi taip, kad persimaišius jų spinduliuotei testavimo plokštumoje (12), kurioje talpinamas testuojamas objektas (13) ir yra lygiagreti plokštei

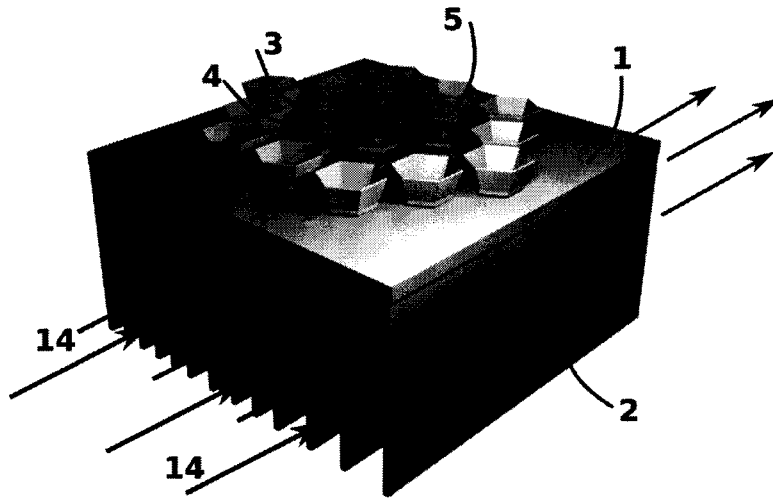
(1), susidarytų A klasės spektrinis ir A klasės intensyvumo pasiskirstymas didesniame nei  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  plokštumos (12) plote. Centre instaliuojamas šviestukas (6) yra su dominuojančia spektrine komponente mėlyname šviesos intervale, kuriame spektro intensyvumo maksimumas yra ties  $450 \pm 20 \text{ nm}$ . Simetriškai aplink jį yra išrikiuoti trys šviesos šaltiniai (7) su spektrine komponente infraraudoname spektro intervale, kuriame spektro intensyvumo maksimumas yra ties  $850 \pm 20 \text{ nm}$ , bei kiti trys šviesos šaltiniai (8) su spektrine komponente raudoname spektro intervale, kuriame spektro intensyvumo maksimumas yra ties  $660 \pm 20 \text{ nm}$ . Toliau, antroje nuo centro esančioje šviestukų grupėje (9, 10, 11) yra rikiuojami kiti trys šviesos šaltiniai (9), su spektrine komponente raudoname spektro intervale, kuriame spektro intensyvumo maksimumas yra ties  $740 \pm 20 \text{ nm}$ , bei kiti trys šviesos šaltiniai (10) su spektrine komponente infraraudoname spektro intervale, kuriame spektro intensyvumo maksimumas yra ties  $940 \pm 20 \text{ nm}$ . Tam, kad būtų pasiektas tankiausias plokštės (1) užpildymas, šviestukai yra išrikiuojami heksagoninės gardelės (korio) pavidalu. Likusieji šeši šviesos šaltiniai (11) yra simetriškai rikiuojami išoriniame perimetre. Pastarieji šviesos šaltiniai (1) yra baltos šviesos, kurių koreliuotoji spalvinė temperatūra yra nuo 5000 K iki 6500 K ir jų spektrinis intervalas apjungia sritį tarp kitų artimiausių šviesos šaltinių spektrinio intervalo nuo 400 nm iki 660 nm. Persiklojus visų šių šaltinių srautams yra gaunamas AM1.5G spektras, atitinkantis IEC 60904-9 Ed. 2.0 standartą

Šviesos šaltinių (numeris brėžinyje) su aušintuvu (2) konstrukcija yra tvirtinama taip, kad šviesos srautas būtų nukreipiamas į objektą (13), esantį ties centriniu šviesos šaltiniu (6), už 10-20 cm nuo plokštės (1) arba kitu atstumu, priklausomai nuo reikalaujamos energinės apšvietos ir reikiamos netolygumo klasės. Nusistovėjus šviestukų darbo temperatūriniam režimui, 18 cm atstumu gaunamas bent  $5 \text{ cm}^2$  plotas, apšviečiamas pagal A spektrinę bei A intensyvumo tolygumo ir A laikinio stabilumo klases. Stabiliam imitatoriaus darbui užtikrinti, į aušintuvą (2) papildomai yra nukreipiamas aušinimo oro srautas (14).

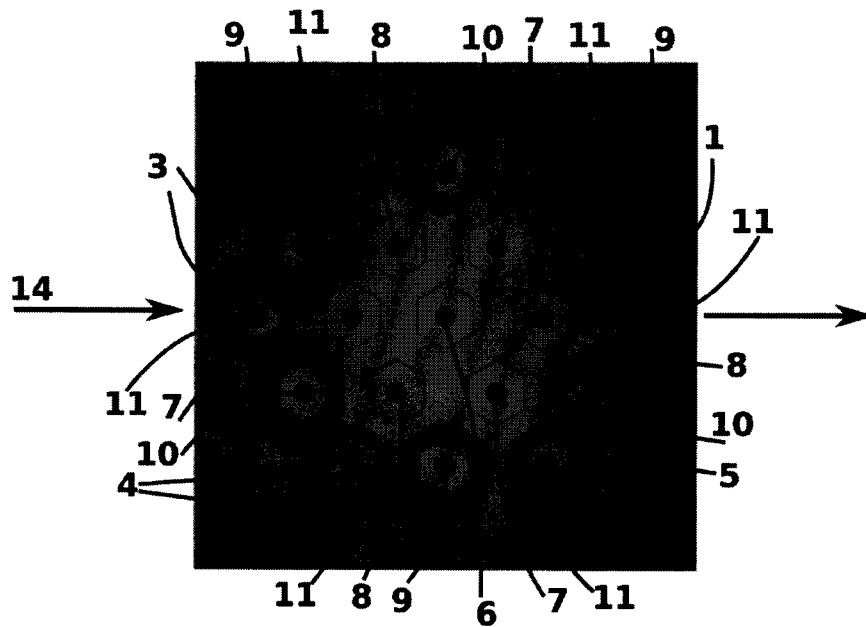
### Išradimo apibrėžtis

1. Saulės šviesos imitatorius, sudarytas iš šviestukų, išdėstytų ant šilumai laidaus paviršiaus **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad apima devyniolika šviestukų (3, 6, 7, 8, 9, 10, 11), kurių kiekvieno individuali galia yra bent 5W, išdėstomų heksagonine gardele dviem šešiakampiais žiedais aplink centrinį šviestuką (6).
2. Saulės šviesos imitatorius pagal 1 punktą, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad apima bent 5W galios baltus (11) ir  $450\pm 20$  nm smailės šviestukus, (6) spinduliuojančius šviesą intervaluose nuo 400 nm iki 600 nm; bent 5W galios  $740\pm 20$  nm (9) smailės šviestukus, spinduliuojančius šviesą intervaluose nuo 700 iki 800 nm; ir bent 5W galios  $940\pm 20$  (10) nm smailės šviestukus, spinduliuojančius šviesą intervaluose nuo 900 nm iki 1100 nm.
3. Saulės šviesos imitatorius pagal 2 punktą **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad išorinis lygiakraščio šešiakampio formos šviestukų masyvas yra formuojamas iš bent 6 baltų šviestukų (11), ir kitų 6 šviestukų, kurių trys (9) turi emisijos spektro maksimumą 700 nm – 800 nm intervale, ir likę trys (10) turi emisijos spektro maksimumą 900 nm – 1100 nm intervale, ir tuo, kad jų šviesa yra koncentruojama, naudojant individualius reflektorius.
4. Saulės šviesos imitatorius pagal vieną iš 1-3 punktų, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad vienas 400-500 nm intervale esančio bangos ilgio didelio našumo mėlynas šviestukas (6) yra montuojamas centre, kitų šviestukų grupių atžvilgiu.
5. Saulės imitatorius pagal 4 punktą **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad aplink minėtą mėlyną šviestuką (6) lygiakraščiu šešiakampiu yra montuojami šviestukai, kurių spektro plotis yra iki kelių dešimčių nm, 600-700 nm ir 800-900 nm intervaluose.

1

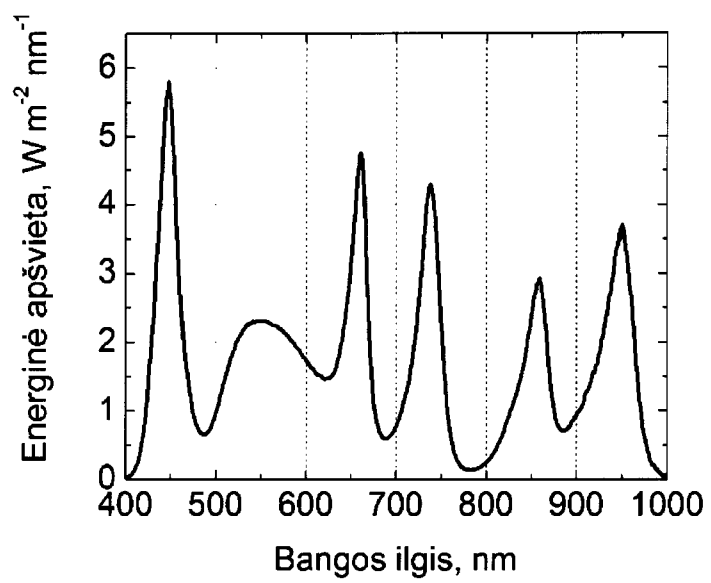


Pav. 1.

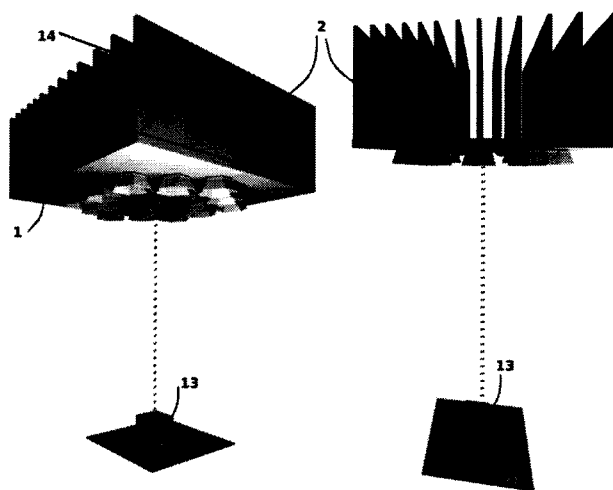


Pav. 2.





Pav. 3



Pav. 4.