

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2018-72
(22) Přihlášeno: 14.02.2018
(40) Zveřejněno: 16.10.2019
(Věstník č. 42/2019)
(47) Uděleno: 05.04.2023
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 17.05.2023
(Věstník č. 20/2023)

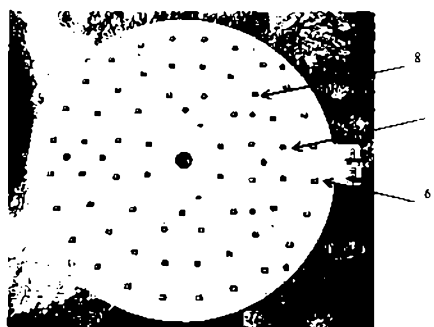
F21K 9/00 (2016.01)
H01L 33/02 (2010.01)
H01L 33/50 (2010.01)
H01L 27/15 (2006.01)
H05B 44/00 (2022.01)

(56) Relevantní dokumenty:
US 2016/0143109 A1; WO 2013/174841 A1; DE 102013111662 A1; GB 2498371 A; US 2012/002408 A1; KR 20130006766 U.

(73) Majitel patentu:
Hynek Medřický, Praha 2, Vinohrady, CZ
(72) Původce:
Hynek Medřický, Praha 2, Vinohrady, CZ
(74) Zástupce:
PATENT SKY s.r.o., Karlovarská 814/115, 161 00
Praha 6, Řepy

(54) Název vynálezu:
**LED svítidlo obsahující světlo emitující
LED čipy**

(57) Anotace:
LED svítidlo obsahující světlo emitující LED čipy obsahuje skupinu přepínatelných řetězců LED čipů, která zahrnuje I. řetězec a III. řetězec, kde I. řetězec obsahuje alespoň jeden LED čip (7) vyzařující oranžové světlo z oblasti vlnových délek 580 nm až 610 nm a alespoň jeden LED čip (8) vyzařující červené světlo z oblasti vlnových délek 610 nm až 700 nm, a III. řetězec obsahuje alespoň jeden modrý LED čip (6) překrytý luminoforem vyzařující spojité pásové spektrum viditelného světla vlnových délek 440 nm až 700 nm a teplotou chromatičnosti CCT 3800 až 4200 K. LED svítidlo dále obsahuje blok řídicího obvodu spínačů konfigurovaných pro přepínání z jednoho přepínatelného řetězce LED čipů na druhý přepínatelný řetězec LED čipů ze skupiny přepínatelných řetězců LED čipů.



LED svítidlo obsahující světlo emitující LED čipy

Oblast techniky

5

LED světla s variabilním výběrem úrovně osvětlení a možnou eliminací modrých vlnových délek dle režimu dne a noci.

Dosavadní stav techniky

Před více než 130 lety se lidé chystali ke spánku po západu slunce a neovlivňovalo je žádné umělé osvětlení, avšak s objevem žárovky se doba uložení ke spánku posunula a den se začal uměle prodlužovat, s tím také u vysokého počtu lidí vzrostla nespavost.

15

Vlákna prvních žárovek tvořila zuhelnatělá bambusová vlákna nebo zuhelnatělé bambusové nitě, které vydávaly světlo shodné se světlem ohně čili červené monochromatické světlo bez modrých vlnových délek. Později se jako nejvhodnější materiál začal používat wolfram, který je používán dodnes. Světlo vyzářené wolframovým zdrojem již obsahuje modrou vlnovou délku.

20

Nejnovějším světelným zdrojem jsou LED zdroje, které využívají modrou diodu, která emituje záření v oblasti kratších vlnových délek, nebo se bílé světlo tvoří pomocí RGB čipů, tedy smícháním tří základních barev. Kromě světelných zdrojů se postupně objevily na trhu LED televize, mobily, tablety atd., které vyzařují do očí modré světlo celý den, i po západu slunce.

25

Vznikající problém však nepocítujeme vědomě, ale vnímají to melanopsinové gangliové buňky v sítnici oka. Tyto buňky ovlivňují cirkadiánní cykly, které našemu tělu říkají kolik je hodin. Klíčovou roli při synchronizaci našich vnitřních biologických hodin hraje hormon melatonin, pro jehož tvorbu je úplná tma nezbytná. Melatonin kromě řízení spánku působí preventivně proti vzniku rakoviny, zpomaluje stárnutí a pomáhá proti Alzheimerově či Parkinsonově chorobě. Hodnoty melatoninu se nám snižují při nočních pracovních směnách nebo například, když se uprostřed noci probudíme a rozsvítíme si světlo s modrou vlnovou délkou. Hranice, která neovlivňuje hladinu melatoninu je nad 600 nm, což je vlnová délka pro červenou barvu. Tudíž zdroje s velkým podílem modré barvy, jež mají vlnovou délku kolem 460 nm, by se v noci neměly vyskytovat, případně by se měly vyskytovat pouze tam, kde je zapotřebí udržet lidskou pozornost, jako jsou operační sály, letecký provoz atp. Člověk nepotřebuje v noci náhradu denního osvětlení, nepotřebuje přesně rozpoznat barvy, potřebuje pouze vidět, k čemuž je načervenalá barva světla dostačující. Řešením je používat elektronické přístroje po 21. hodině s červenými brýlemi nebo s aplikovaným červeným filtrem. Dosud bylo jako vhodný zdroj svícení používán po 21. hodině v domácnosti buď oheň nebo žárovka s wolframovým vláknem ztlumená pomocí stmívače. (Medřický, Hynek. Světlo a jeho vliv na lidský organismus. Světlo. 2015, 2015(6), 53-57).

35

40

45

V dnešní době více než 60 % populace žije v prostředí se světelným znečištěním v noci. Hladiny osvětlenosti v urbanizovaných územích běžně dosahují hodnot kolem 20 až 80 lux, ale nejsou i výjimky, kdy hodnoty přesahují 100 lux, což je tisícinásobně větší světelná intenzita, než má měsíc v úplňku. Vysoké zastoupení modré spektrální barvy může mít negativní vliv na kvalitu spánku osob v okolních objektech, a dokonce na životní cykly zvířat, hlavně ptáků. Světlo uprostřed noci organismus mylně vnímá jako signál dne a spouští biochemické procesy zajišťující jeho denní aktivitu, tím podporuje jeho vyčerpání (Burnett D. (2015) First do not harm: Practicing lighting design or medicine...without licence? Lecture at 6th Velux symposium, London).

50

55

Světelné znečištění lze poznat na první pohled, když vzhledneme k obloze a nevidíme hvězdy. Čím více modré vlnové délky, tím více dochází ke světelnému znečištění. V dnešní době se najde

pár jedinců, kteří využívají nízkotlaké sodíkové výbojky (LPS), ty však téměř zcela vymizely po nástupu LED světla. Tato světla neobsahují žádné modré vlnové délky, jedná se pouze o monochromatické oranžovo-žluté světlo, proto způsobují nejnižší ekologické dopady a nejméně narušují cirkadiánní rytmy. Využívají se v astronomických observatořích a při hnízdění mořských želv. Úzkopásmá jantarová LED rozšiřuje oranžovo-žluté vlnové délky i o zelenou a již se stávají ne zcela bezpečné. Tzv. PC amber LED již zahrnuje celý pás zelené vlnové délky. V obci Santa Pau v regionu Garrotxa byly vyměněny pouliční LED lampy za PC amber LED, které z části eliminují modré vlnové délky, světlo je tak mnohem příjemnější ve večerních hodinách, avšak nedojde k eliminaci modrých vlnových délek zcela. Dalším typem LED je filtrovaná teplá bílá světelná dioda – slámově žlutá LED lampa s filtrem, který odstraňuje většinu emisí s vlnovou délkou kratší než 500 nanometrů. Typ LED diody, který nebyl téměř rozšířen je teple bílá LED s teplotou chromatičnosti 2700 K. Zástupcem nejpoužívanějších LED je studená LED s teplotou chromatičnosti kolem 5000 K nebo 4000 K. Tento zdroj světla, který pokrývá celou oblast spektra, je nešťastně používán v domácnostech i v pouličním osvětlení ve dne i v noci. (Srovnání jednotlivých zástupců světla a jejich spekter se nachází v obr. 1) (<http://www.flagstaffdarkskies.org/for-wonks/lamp-spectrum-light-pollution/>).

Princip činnosti LED spočívá ve vyzáření energie ve formě fotonů při průchodu elektrického proudu přes polovodičový přechod, který tvoří polovodičový materiál, nejčastěji GaN nebo InGaN. Shrnutí použití polovodičů do konkrétních barevných LED diod:

- Infračervené – $\lambda > 760$ nm, Gallium arsenide (GaAs), Aluminum Gallium arsenide (AlGaAs);
- Červené – $610 < \lambda < 760$ nm, Aluminum Gallium arsenide (AlGaAs), Gallium arsenide phosphide (GaAsP), Aluminum Gallium Indium phosphide (AlGaInP), Gallium phosphide (GaP);
- Oranžové – $590 < \lambda < 610$ nm, Gallium arsenide phosphide (GaAsP), Aluminum Gallium Indium phosphide (AlGaInP), Gallium phosphide (GaP);
- Žluté – $570 < \lambda < 590$ nm, Gallium arsenide phosphide (GaAsP), Aluminum Gallium Indium phosphide (AlGaInP), Gallium phosphide (GaP);
- Zelené – $500 < \lambda < 570$ nm, Aluminum Gallium Indium phosphide (AlGaInP), Gallium phosphide (GaP), Aluminum Gallium (AlGa), Aluminum phosphide (AlP);
- Modré – $450 < \lambda < 500$ nm, Zinc selenide (ZnSe), Indium Gallium nitride (InGaN), Silicon carbide (SiC);
- Fialové – $450 < \lambda < 500$ nm, Indium Gallium nitride (InGaN); a
- Ultrafialové – $\lambda < 400$ nm, Aluminum nitride (AlN), Aluminum Gallium nitride (AlGaN), Aluminum Gallium Indium nitride (AlGaInN).

Každá LED dioda vyzařuje barvu v závislosti na použitém polovodiči. LED diody však nedokáží emitovat světlo bílé barvy, jelikož bílé světlo je směsí všech barev. K produkci bílého světla se používá fotoluminiscence. Luminescence vzniká excitací atomu působením jiného záření, elektronů apod. a následným návratem atomu do základního stavu, čímž dojde k vyzáření fotonu. Látky, u nichž nastává luminescence se nazývají luminofory. LED diody se opatří tenkou vrstvou luminoforu zalitou ve směsi silikonu, s výhodou je použita směs několika různých luminoforů, v závislosti na potřebném výsledném barevném spektru.

Nejdůležitější vlastnosti LED jsou teplota chromatičnosti a index podání barev. Teplota chromatičnosti se udává v kelvinech a vyjadřuje barevné podání světla. Platí, že čím více má dioda kelvinů, tím více se umělé světlo podobá dennímu slunečnímu záření. Klasické žárovky

mají hodnotu kolem 3000 K, bílé studené světlo LED ji má kolem 5000 K, které se již přibližuje dennímu jasnému světlu. Teplota chromatičnosti světla v bytě by se měla lišit podle jejich aplikací (do kuchyně větší teplotu chromatičnosti než v ložnici).

- 5 Druhou důležitou vlastností je index podání barev (CRI), který určuje schopnost světelného zdroje reprodukovat barvy osvětleného objektu v porovnání s přirozeným slunečním světlem. Ideální hodnota je 100, což odpovídá dennímu slunečnímu svitu, nejběžnější používaná LED světla mají hodnotu CRI kolem 80. Již zmíněné sodíkové výbojky mají nulové podání barev (CRI=0), proto toto světlo není vhodné používat například v zimním období, kdy je tma již
10 v 17:00, ale my potřebujeme stále pracovat a rozlišovat barvy. Bílé světlo bez použití luminoforů je používáno vytvořením tzv. RGB LED, kdy dojde k rozsvícení modrých, zelených a červených čipů najednou. Index podání barev je však velmi špatný, pohybuje se pouze okolo CRI = 24.

- Hlavní funkcí melatoninu u člověka je regulace cirkadiánního řádu organismu. Melatonin je tedy
15 především chronobiotikum (Illnerová, H. 2008). Pokud náš den prožíváme cyklicky, máme ho rozdělený, aniž si to vždy přesně uvědomujeme, na subjektivní den a subjektivní noc. Blíží-li se naše subjektivní noc, začneme pocítovat velkou ospalost. V epifyze uložené v mozku se začne vytvářet hormon melatonin a vylévat se do krve. „Melatonin roztáhne cévy v našich končetinách, naše teplo uniká do okolí a tělesná teplota klesá. Před ránem tvorba melatoninu poklesne či se
20 úplně zastaví a teplota začne vzrůstat. Vzrůstá také tvorba a uvolňování hormonu kortizolu z nadledvinek“ (obr. 12) (Illnerová, H. 2005, s. 9). Jde o hormon vylévající se při stresu, který má za úkol připravit nás s předstihem na obtížnost budoucího dne. Změn před ránem je samozřejmě daleko víc. Nejdůležitější je vstávat v okamžiku, kdy je náš organismus plně připraven na den (Illnerová, H. 2005, s. 9 až 10).

- 25 Naopak produkci melatoninu můžeme zvýšit vystavením se přes den slunečnímu světlu, které má pozitivní účinky i proti depresím. A v noci při spaní musí být naopak absolutní tma (tab. 2) (Fořt, P. 2008).

- 30 Citlivost produkce melatoninu na vlnovou délku světla od 440 k 600 nm byla testována na dobrovolnících. Bylo zjištěno, že je potřeba vlnovou délku světla snížit na 420 nm. Citlivost na tuto vlnovou délku byla testována na několika dobrovolnících, kteří byli umístěni do temné místnosti. Polovina dobrovolníků byla od 2:00 do 3:30 vystavena světlu o vlnové délce 420 nm a polovina zůstala v temnu. První polovině, jež byla vystavena světelnému záření, byla snížena
35 hodnota melatoninu na 76,4 nebo 47,6 pg/ml. První polovině se hodnota melatoninu pohybovala okolo 70 µg/ml. Dobrovolníkům, jež byli vystaveni vlnové délce 420 nm, byla snížena hodnota melatoninu o šest řádů. Bylo zjištěno, že nejúčinnější oblast vlnové délky pro regulaci melatoninu je 446 až 477 nm (obr. 2) (Brainard GC, et al. Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor. *J Neurosci.* 2001, Aug 15;21(16):6405-12).
40

Výrobci LED světla je mnoho, avšak neřeší eliminaci modrého světla, jehož působení je pro člověka v noci nezdavé.

- 45 Při posuzování dosavadních světelných zdrojů s nějakou možností přepínání, přechodových fází apod. lze zjistit, že pokud se v minulosti nějaká technická řešení zabývala "bezpečností", tak se jednalo přednostně o ochranu samotného zdroje, technického systému či třeba majetku apod. Předložený koncept ale uvažuje o "bezpečném" režimu světelného zdroje ve zcela jiných a nových souvislostech dlouhodobého účinku na zdraví člověka.

- 50 Vzhledem k celoevropskému úsilí o snížení spotřeby elektřiny existuje sice i nadále možnost svítit pozdě večer a v noci v interiérech ztlumenými halogenovými žárovkami a v exteriéru sodíkovými výbojkami, avšak povědomí o úspornosti LED zdrojů se šíří a vede k jejich obecné preferenci na úkor stávajících zdrojů, jejichž příkon před ztlumením spotřebitele odrazuje. Dosud

není řešeno narušování cirkadiálních rytmů a zejména nočních imunitních a regenerativních pochodů obyvatel i celých ekosystémů žijících blízko lidských sídel či komunikací.

Dále je objasněn koncept základní myšlenky.

5

V běžné praxi osvětlování interiérů i exteriérů používáme umělé zdroje světla více než 100 let a typické pro ně je, že jsou technicky navrženy jen pro jeden režim vyzařovaného světla. Život na planetě se ovšem odehrává miliony let v přirozených podmínkách proměnlivého charakteru osvětlení, což je navíc zřejmě i jeden ze základních faktorů pro fungování živé přírody, jak ji známe – princip střídání dne a noci. Vědecké výzkumy z posledních desetiletí vypovídají o tom, že je dosud vliv tzv. "moderních" světelných zdrojů na zdraví lidské populace silně podceňován. Ekonomická orientace průmyslových civilizací v důsledku masivního používání umělých zdrojů pro účely "prodloužení dne" (či doby, po kterou je možné pracovat) výrazně narušuje přirozené noční podmínky, které vývojově pro člověka znamenaly režim spánku, přičemž se jedná o souhrn několika vlastností používaného světla a nikoli o jeden dílčí parametr jako je např. intenzita osvětlení apod.

15

Dále jsou vysvětleny vstupní podmínky a předpoklady.

20

Vědecké práce dokládají, že organismus živočichů je z dlouhodobého vývoje navyklý na určitý průběh změn charakteru světla v průběhu fází dne a dle těchto změn do značné míry fungují i tzv. "biologické" hodiny živých organismů a samozřejmě tedy i člověka. Dosud masově produkované světelné zdroje slouží především pro účely náhrady denního světla, např. v uzavřených prostorech nebo "umělého prodloužení dne" do večerních a nočních hodin. Takové světlo vyhovuje předpokladu, že pod ním bude člověk vykonávat nějakou aktivní činnost jakou byl tradičně zvyklý provozovat za denního světla (práce, sport, studium). Ovšem už nevyhovuje dalším fázím, které jsou pro průběh dne typické a pro zdraví nesmírně důležité – jedná se o fázi večerní relaxace (útlum a změny přirozeného denního světla před západem slunce) a potom fázi přípravy na spánek, což bylo dlouhodobě doprovázeno pobytem v prostředí slabě osvětleném ohněm. Technické údaje z výsledků vědeckých výzkumů také ukazují, která pásma viditelného spektra jsou pro zdravý a přirozený průběh uvedených fází relaxace a spánkové přípravy důležitá:

25

30

a) kritické modré pásmo – typ. 440 až 470 nm

– způsobuje vnitřní "probuzení" organismu a brání přípravě na spánek;

35

b) jasové žlutozelené pásmo – typ. 520 až 575 nm

– v tomto pásmu jsme nejcitlivější z hlediska jasu a takové osvětlení nás pomáhá udržet v aktivním režimu;

40

c) oranžové pásmo – typ. 585 až 610 nm

– zde je oblast světla optimálního pro fázi večerní relaxace a zároveň začíná "bezpečné" pásmo pro případnou přípravu ke spánku; a

45

d) červené pásmo – typ. 610 až 700 nm

– je zcela bezpečné pro noční spánkovou fázi, navíc začíná prudce klesat jasová citlivost lidského zraku a takové osvětlení je tedy prakticky vnímáno jen jako "velmi slabé".

Podstata vynálezu

50

Bylo vytvořeno zcela nové svítidlo, které se zaměřuje na sladění cirkadiálních rytmů člověka i zvířat, tedy všech živočichů dotčených moderním způsobem života z ohledu světelného znečištění. Posouvá žádoucí vliv světla do souladu s denním rytmem člověka, resp. cirkadiálních rytmů, ve dne, a naopak potlačuje nežádoucí rozhození těchto rytmů v případě, kdy je noc a potřebujeme vidět a něčím svítit.

55

LED osvětlení obsahuje alespoň dva extrémní světelné zdroje, a to pro denní režim a pro noční režim.

- 5 Noční režim svícení je zajištěn pouze červeným a oranžovým (amber) světlem podobných parametrů jako oheň a denní režim je zajištěn modrými LED překrytými luminofory podobných parametrů jako svit slunce za jasného dne.

- 10 Noční režim svícení vyzařuje pouze monochromatické červené a oranžové světelné záření s vlnovou délkou kolem 580 až 680 nm.

- 15 S výhodou je světlo nočního režimu vyzařující z LED čipu monochromatické s maximem v 590 nm pro oranžové světlo a maximem v 628 nm pro červené světlo. Neobvyklé přímé červené a oranžové světlo bez jakéhokoli buzení v modrých vlnových délkách je v nočním režimu použito proto, aby byla naprostá jistota, že světelné záření z těchto LED čipů neobsahuje modré a zelené světlo, které by organismus rozhodilo a vzbudilo z nočního režimu.

- 20 Proto je možné LED osvětlením v nočním režimu pohodlně svítit krátkodobě, např. při probuzení s potřebou jít na toaletu, nebo i dlouhodobě celou noc při péči o novorozence, aniž by si uživatel jakkoli, byť krátkodobě, uškodil pocitem nevyspání.

- 25 LED svítidlo je zapojeno tak, aby se při manuálním ovládání při prvním sepnutí vždy rozsvítil noční režim. Uživatel tak rozespálý v noci nemusí řešit co a jak rozsvítit a tím se omylem vystavit dennímu světlu. Až při dalších spínáních se dostává k dennímu režimu svícení. Pro bezpečné nebudící svícení je dostačující oranžové světlo, avšak přimíchání červeného světla způsobí příjemnější pocit z osvětlení.

- 30 Denní režim svícení je zajištěn modrými LED čipy překrytými luminofory vyzařující spojitě pásové spektrum viditelného světla vlnových délek 380 nm až 700 nm a teploty chromatičnosti CCT 3500 až 4200 K s výhodou s hodnotou CRI 90 a více, což zajišťuje vysokou věrnost podání barev a světelné spektrum je podobné jako za jasného dne. Pod takovýmto osvětlením se organismus více nabudí a mozek je stimulován k vyššímu kognitivnímu výkonu. Rozdíl oproti běžným žárovkám je asi takový jako světlo za deštivého a slunečného dne, kdy je člověk také poněkud více bdělý než za deště.

- 35 LED svítidlo je tedy tvořené světlo emitujícími diodami (LED) s cirkadiánně nastavitelným režimem vyzařovaného světla pro jeho zdravotní nezávadnost, jelikož obsahuje alespoň dva přepínatelné řetězce LED čipů, tedy I. řetězec pro noční režim a III. řetězec pro denní režim, přičemž I. řetězec obsahuje alespoň jeden LED čip vyzařující oranžové světlo z oblasti vlnových délek 580 nm až 610 nm a alespoň jeden LED čip vyzařující červené světlo z oblasti vlnových délek 610 nm až 700 nm, III. řetězec obsahuje alespoň jeden modrý LED čip překrytý luminoforem vyzařující spojitě pásové spektrum viditelného světla vlnových délek 440 nm až 700 nm a teploty chromatičnosti CCT 3800 až 4200 K. Vyzařované viditelné spektrum III. řetězce s výhodou sestává z procentuálního zastoupením barev 25 až 33 % modré, 22 až 45 35 % zelené a 38 až 45 % červené barvy.

- 50 LED svítidlo s výhodou dále obsahuje večerní režim svícení, který vyzařuje spojitě pásové spektrum viditelného světla vlnových délek 380 nm až 750 nm a teploty chromatičnosti CCT 2500 až 2800 K, jehož index podání barev CRI má s výhodou hodnotu alespoň 80.

- Večerní režim svícení slouží již k přípravě na spánek a relaxaci, vyzařované světlo již obsahuje nízký podíl modré barvy a je podobné jako denní světlo 45 minut před západem slunce.

- 55 Večerní režim svícení je zajištěn buď II. řetězcem LED čipů, který obsahuje alespoň jeden modrý LED čip překrytý luminoforem s teplotou chromatičnosti CCT 2500 až 2800 K anebo je míchán

sepnutím I. a III. řetězce zároveň s možností proměnné intenzity každého z řetězců a plynulý či pozvolný přechod do nočního režimu svícení a svícení pouze I. řetězce. Pozvolný či plynulý přechod mezi režimy svícení je s výhodou zajištěn zapojením stmívače před řetězcí.

- 5 Večerní režim svícení vyzařuje viditelné spektrum sestávající z procentuálního zastoupení barev 7 až 19 % modré, 27 až 31 % zelené a 50 až 66 % červené barvy.

Pro stanovení poměrů mezi zastoupenými barvami spektra byla využita spektrální maxima intenzit světla v závislosti na vlnové délce světla následovně: modrá barva spektra – maximum
10 v 455 nm, zelená barva – maximum v 555 nm a červená barva – maximum v 628 nm.

LED čip se skládá z polovodičů, tvořených slitinami. Typickým polovodičem použitelným pro modré LED je:

- 15 a) Nitrid Indium-Galium (InGaN), který se používá pro kratší vlnové délky, tedy pro světlo spojované s aktivní denní činností. Tuto slitinu tedy považujeme za zcela nežádoucí pro režim relaxace/spánku.

Gallium je nezbytný prvek pro realizaci pásma okolo 580 nm a výše. Další prvky je poté možno přidávat pro modifikaci vyzařovaného pásma;

- 20 b) Fosfid Aluminium-Galium-Indium (AlGaInP), který se vyskytuje při výrobě poměrně rozšířených červeno-oranžových LED-prvků a splňuje požadavky na "bezpečné" pásmo pro relaxaci/spánkovou přípravu; a

- 25 c) Arsenid Galia (GaAs) je typickým materiálem pro čisté červené světlo na okraji viditelného spektra a je tedy zcela bezpečné i pro režim nočního spánku.

Modré LED diody jsou povlákány luminofory. S výhodou byly použity luminofory s komerčním názvem ZYP630G3, vyzařující světlo s maximem vlnové délky v 628 nm, a ZYP555G3,
30 vyzařující světlo vlnové délky s maximem v 555 nm, které byly rozptýleny do silikonového pouzdra, jež byl nanesen přes modrou LED diodu. Pouzdro LED diody může mít různou geometrie, s výhodou byl úhel stěny pouzdra LED diody nakloněn o 20° vůči rovině.

II. řetězec (večerní režim) je zkonstruován tak, že výsledné světlo, které projde z LED diody přes
35 luminofor je složeno z 30 % modré, 20 % zelené a 50 % červené barvy světelného spektra. III. řetězec (noční režim) svícení je zkonstruován tak, že výsledné světlo, které projde z LED diody přes luminofor je složeno z 50 % modré, 20 % zelené a 30 % červené barvy světelného spektra.

Noční režim zcela eliminuje světlo modré vlnové délky, jehož působení na lidský organismus
40 v noci škodí. Je vhodné toto světlo rozsvěcet všude po deváté hodině večerní a používat ho až do východu slunce. Večerní režim je již s modrou vlnovou délkou a je vhodné ho používat v odpoledních hodinách a při čtení. Denní režim již plnohodnotně představuje denní sluneční světlo a mělo by se používat pouze během dne od východu slunce po stmívání, jak doma, tak i v kancelářích, případně v situaci, kdy je bdělost a výkon žádoucí.

45 Manuální přepínání řetězců je nastaveno tak, že po vypnutí světla a opětovném zapnutí je nejprve vždy rozsvícen I. řetězec s monochromatickou oranžovou a červenou, tudíž při každém probuzení a rozsvícení světla nedojde k ovlivnění cirkadiánních rytmů a kvality spánku. Princip přepínání funguje tak, že se filtrační kondenzátor nabije na 5 V, po vypnutí světla, resp. přerušení
50 proudu, se začne postupně vybíjet. Pokud dojde k poklesu napětí pod 2 V, již při dalším zapnutí světla se rozsvítí znovu I. řetězec s monochromatickou oranžovou a červenou barvou, k tomu dojde cca po 10 vteřinách. Pokud dojde k přepnutí světla po kratší době, kondenzátor je například vybit pouze na 4 V, takže nedojde automaticky k přepnutí do I. řetězce, ale do řetězce následujícího.

55

Hodnoty indexu podání barev jsou u II. a III. řetězce alespoň 80, čili téměř odpovídají přirozenému slunečnímu svitu.

Světelný zdroj s přepínáním do "bezpečného" režimu světla pro pozorovatele

5

a) kritické modré pásmo – typ. 440 až 470 nm

– způsobuje vnitřní "probuzení" organismu a brání přípravě na spánek;

b) jasové žlutozelené pásmo – typ. 520 až 575 nm

10 – v tomto pásmu jsme nejcitlivější z hlediska jasu a takové osvětlení nás pomáhá udržet v aktivním režimu;

c) oranžové pásmo – typ. 585 až 610 nm

15 – zde je oblast světla optimálního pro fázi večerní relaxace a zároveň začíná "bezpečné" pásmo pro případnou přípravu ke spánku; a

d) červené pásmo – typ. 610 až 700 nm

– je zcela bezpečné pro noční spánkovou fázi, navíc začíná prudce klesat jasová citlivost lidského zraku a takové osvětlení je tedy prakticky vnímáno jen jako "velmi slabé".

20

Navrhovaný koncept světelného zdroje tedy předpokládá, že alespoň jeden z provozních režimů bude zcela prost energie v kritickém modrém pásmu a) resp. utlumen o několik řádů proti dominantnímu pásmu c) nebo d).

25 Přepnutí či postupný přechod do bezpečného režimu pro relaxaci/spánek může nastat různým způsobem:

e) v automatizovaném režimu

30 – na základě součinnosti např. s čidlem pro jas přírodního světla nebo s jakýmkoli propracovanějším řídicím systémem; a

f) přímým přepnutím uživatelem

35 – v tomto případě tento koncept předpokládá že "bezpečný" režim má být v pořadí tím prvním, ve kterém zdroj začíná zářit po aktivaci z vypnutého stavu.

Interiérové svítidlo typu DVN (Den, Večer, Noc).

40 V době od soumraku, který např. v prosinci nastává kolem 16. hodiny, do večera funguje zdroj v režimu Den a v plné míře vyzařuje krátkovlnné fotony, podobně jako slunce přes den v létě. Navečer se zdroj automaticky či manuálně přepne do režimu Večer, v němž vyzařuje výrazně menší množství krátkovlnných fotonů a více dlouhovlnných, což simuluje situaci před západem slunce. Následně ve 21 hodin, tedy 90 minut před obvyklou dobou ukládání se k spánku (kdy klesá dopravní provoz), se DVN zdroj přepne do režimu Noc, kdy vyzařuje světlo zcela bez
45 krátkých vlnových délek, a tudíž nenarušuje cirkadiánní rytmy. Vzhledem k tomu, že 65 % čípků v lidském oku zachycuje fotony dlouhých vlnových délek, 33 % čípků slouží k zachycování středních vlnových délek a jen 2 % čípků zajišťuje vidění v krátkovlnné oblasti, přepnutí na dlouhovlnné světlo nezhorší vidění, naopak, pro odpovídající zrakovou orientaci postačuje výrazně menší množství dlouhovlnných fotonů (červeného a oranžového světla), než je tomu
50 v případě světla krátkovlnného (modré, zelené). Brzy ráno se LED svítidlo naopak přepíná nejprve do režimu Večer a následně do režimu Den, v němž svítí až do plného rozednění.

Exteriérové svítidlo.

5 V době od západu slunce do pozdního večera funguje svítidlo v režimu Den a vyzařuje velké množství krátkovlnných fotonů, podobně jako letní slunce. Pozdě večer se přepne do režimu Noc, v němž vyzařuje pouze světlo dlouhých vlnových délek. Ráno se zdroj přepne zpět do režimu Den.

10 LED svítidlo je možné zapojit s výhodou do blokového zapojení s variantou DVN 1-4 (Color or CCT switching bulb/LED luminaire).

Všechny čtyři varianty mají společné tyto části:

15 – vstupní obvod s přepětovou ochranou a usměrňovací můstek, zdroj konstantního proudu s oddělovacím transformátorem, výstupní výkonové spínače pro jednotlivé kanály a řídicí obvod s obvody pro změnu režimů svícení.

20 Varianta 1: přepínání jednotlivých kanálů se provádí přímo vypínáním a zapínáním v určitém časovém sledu, obvod pro změnu režimů svícení z vlastního napájení sám vyhodnocuje vypnutí síťového napájení. Při překročení času vypnutí se provede reset časovacího obvodu pro změnu režimů svícení.

25 Varianta 2: přepínání jednotlivých kanálů se provádí přímo vypínáním a zapínáním v určitém časovém sledu, obvod pro změnu režimů svícení vyhodnocuje nezávisle vypnutí síťového napájení. Při překročení času vypnutí se provede reset časovacího obvodu pro změnu režimů svícení.

30 Varianta 3: přepínání jednotlivých kanálů se provádí pomocí řídicího obvodu, který využívá externí řídicí signály pro každý kanál. Reset se v tomto případě za normálních okolností nemusí provádět.

35 Varianta 4: přepínání jednotlivých kanálů se provádí pomocí programovatelného řídicího systému naprogramovaného pro určité světelné scény nebo modulu rádiové komunikace předávající příkazy řízení z nadřazeného systému. Reset se v tomto případě za normálních okolností nemusí provádět.

Elektrické zapojení LED svítidla (obr. 13a).

40 Elektrické zapojení LED svítidla je tvořeno vstupním ochranným obvodem tvořeným odporem R1 zajišťujícím nadproudovou ochranu, varistorem V1 zajišťujícím přepětovou ochranu, dále následuje usměrňovací můstek s filtrem C1 zajišťující napájení proudového zdroje U1 tvořeného obvodem, napájeného přes odpory R2 a R3 s filtrací kondenzátorem C2 a odporem R5 a diodou D2 připojenou k vinutí transformátoru T1 společně s paralelně zapojenou kombinací odporů R6 a R7, dále odporem R4 a kondenzátorem C6 zajišťující vlastní časování obvodu, 45 výstupní vinutí transformátoru T1 je připojeno přes diodu D3 na filtrační kondenzátor C3 a odpor R9, které vytváří pracovní napětí +VLED pro jednotlivé sekce LED světél, dále jsou přes odpor R8 napájeny filtrační kondenzátory C4 a C5 zajišťující správnou časovou konstantu pro „Variantu 1“ s paralelně zapojenou Zenerovou diodou D4 nastavující pracovní napětí pro řídicí obvod U2 řídicí svit příslušné skupiny LED CCT/Amber pomocí tranzistorových spínačích prvků 50 Q1, Q2 a Q3, kde v kolektoru je zapojen odpor R10 omezující proud v tomto obvodu.

55 Venkovní svítidlo je zkonstruováno pouze ve dvou řetězcích. I. řetězec nejprve rozsvítí světlo o teplotě chromatičnosti 3800 až 4500 K. V zimních měsících je vhodné tento řetězec rozsvěcet přibližně od 16:30 hodin do 20:00. V tomto časovém rozmezí se lidé vrací z práce, děti ze škol a je často ve špičce automobilová doprava, je proto nutné si prodloužit denní světlo, hlavně kvůli

bezpečnosti. Od 20:00 již doprava řídne a lidé jsou ve svých domovech, připraveni relaxovat a připravit se na spánek. V tuto dobu dojde k automatickému přepnutí z I. řetězce do III. řetězce, který je zprostředkován světlem o teplotě chromatičnosti kolem 2500 až 2700 K. V letních měsících, kdy je dobrá viditelnost i po 19:00 je vhodné automaticky ve veřejném osvětlení rozsvítit rovnou III. řetězec například od 20:00.

Zdroj pro venkovní svítidlo může být sestrojen následujícím způsobem.

Do keramické destičky mohou být vsazeny bílé LED čipy s luminoforem, červené LED čipy a oranžové LED čipy, přičemž vzájemný poměr mezi oranžovými LED čipy a červenými LED čipy je s výhodou 4:5.

Automatické přepínání mezi denním a nočním režimem, které bude s výhodou používáno k venkovnímu svícení probíhá plynule a to tak, že je nejprve rozsvícen denní režim, tedy III. řetězec – modrý LED čip s luminoforem. V okamžiku, kdy má dojít ke změně režimů, dojde k sepnutí obvodu pomocí spínače k I. řetězci a průběžně ke snižování proudu v III. řetězci a zároveň ke zvyšování proudu v I. řetězci, tedy v červených LED čípech a oranžových LED čípech na 100 % pomocí stmívače. Úplná přeměna z denního režimu do nočního režimu se uskuteční při poklesu proudu v III. řetězci na 10 % a následně jej spínač odpojí. Světlo není skokově přepnuto, tak aby došlo například k nechtěnému polekání řidiče, ale k postupnému, pozvolnému přechodu mezi teplotou chromatičnosti 4000 K k 2672 K, které nikoho vědomě neovlivní.

Objasnění výkresů

Na obr. 1 je srovnání jednotlivých zástupců světél a jejich spekter podle stavu techniky: a) nízkotlaká sodíková výbojka, b) monochromatická LED s polovodičem AlInGaP s vlnovou délkou 590 nm až 595 nm, c) vysokotlaká sodíková výbojka,

d) PC amber, e) filtrovaná teple bílá LED, f) studená bílá LED dioda s teplotou chromatičnosti 4100 K, a g) studená bílá LED dioda s teplotou chromatičnosti 5100 K.

Obr. 2 znázorňuje citlivost na vlnovou délku světla: Spektrum běžné bílé LED s barevnou teplotou 4800K (nahore). Levá křivka na dolním obrázku ukazuje citlivost melatoninu a křivka uprostřed ukazuje citlivost lidského oka při normálním denním vidění.

Na obr. 3 je nevyhovující zdroj světla LED 3098 K- málo modré vlnové délky pro práci, hodně modré vlnové délky pro relaxaci.

Na obr. 4 je komerční LED žárovka 4034 K s nízkou hodnotou CRI.

Na obr. 5 je I. řetězec LED svítidla: oranžová: červená 4:5.

Na obr. 6 je I. řetězec LED svítidla: oranžová: červená 6:4.

Na obr. 7 je II. řetězec LED svítidla: CRI=98,3, modrá 15 %, zelená 25 %, červená 60 %.

Na obr. 8 je III. řetězec LED svítidla: CRI=98, modrá 25 %, zelená 35 %, červená 40 %.

Na obr. 9 je venkovní svítidlo – III. řetězec.

Na obr. 10 je venkovní svítidlo kombinace I. a III. řetězce.

Na obr. 11 je spektrum venkovního svítidla – I. řetězec, oranžová: červená 3:7.

Na obr. 12A je schematický nákres LED svítidla do interiéru s manuálním přepínáním, pohled zvenčí.

- 5 Na obr. 12B je schematický nákres LED svítidla do interiéru s manuálním přepínáním, pohled na uspořádání LED čipů.

Na obr. 12C je schematický nákres LED svítidla do interiéru s manuálním přepínáním, pohled na uspořádání propojení LED čipů.

- 10 Na obr. 12D je schematický nákres LED svítidla do interiéru s manuálním přepínáním, pohled na uspořádání propojení LED čipů.

Na obr. 13 je keramická destička s čipy pro venkovní svítidlo.

- 15 Na obr. 13a je zapojení zdroje a bloků spínačů.

Na obr. 14 je schéma zapojení LED svítidla pro DVN.

- 20 Na obr. 15 je schéma zapojení I. a III. řetězce venkovního svítidla.

Na obr. 16 je blokové schéma – Příklad 8a.

Na obr. 17 je blokové schéma – Příklad 8b.

- 25 Na obr. 18 je blokové schéma – Příklad 8c.

Na obr. 19 je blokové schéma – Příklad 8d.

- 30 Na obr. 20 je spektrum luminoforu s modrou LED pro 2700 K – II. řetězec, vyrobený podle příkladu 2b.

Na obr. 21 je spektrum luminoforu s modrou LED pro 4000 K – III. řetězec, vyrobený podle příkladu 3b.

- 35 Na obr. 22 jsou patrné vlastnosti zdrojů světla – stav techniky.

Obr. 23 znázorňuje časový systém osvětlení veřejného prostoru pomocí LED osvětlení.

- 40 Příklady uskutečnění vynálezu

Příklad 1 – Výroba LED svítidla pro večerní režim – 2700 K

- 45 a) polovodič InGaN a luminofor NaLuS₂

Nejprve byl připraven luminofor, který vznikl z Na₂CO₃ a LuO₃ chemickou reakcí v atmosféře H₂S. Směs oxidů byla v korundové lodičce umístěna do korundové trubice a v elektrické odporové peci byla směs postupně zahřívána až na teplotu 1200 °C za použití argonové atmosféry. Poté byla směs 80 minut žhánána v H₂S atmosféře a dále pomalu chlazena přibližně o 1 °C za minutu. Po dosažení pokojové teploty byl výsledný produkt dekantován ve vodě a následně v alkoholu a poté byl uskladněn v argonové atmosféře. Vzniklé krystaly měly tvar malých destiček o tloušťce 0,3 mm. Destičky byly nalepeny na modrý LED čip o složení InGaN. Čip pokrytý luminoforem byl nakonec obalen silikonovým pojivem.

55

b) polovodič ZnSe a směs fosforů ZYP555G3 a ZYP63063 v poměru 3:4

Komerční práškové fosfory s označením ZYP555G3 vyzařující spektrum světla o maximu vlnové délky v 628 nm a ZYP63063 vyzařující maximum vlnové délky v 555 nm byly smíchány v poměru 3:4. Na modrý LED čip s polovodičem ZnSe bylo nanášeno 0,5 g práškové směsi rozptýlené v silikonu, který sloužil jako nosič prášku. Úhel stěny pouzdra svítidla byl 20° vůči rovině, kterou vystupuje světlo.

Byl tak vyroben zdroj světla se spektrem barev v poměru modrá (455 nm): zelená (555nm): červená (628 nm) 0,55: 0,58: 1,10. Výsledné vyzařované světlo z LED svítidla mělo teplotu chromatičnosti 2700 K.

Příklad 2 – Výroba světelného zdroje pro noční režim DVN – 4000 K

a) polovodič InGaN a luminofor YAG:Ce

Nejprve byl připraven luminofor, který se skládal z práškových oxidů: Y_2O_3 , $\alpha-Al_2O_3$ a CeO_2 , které byly naváženy a smíchány ve stechiometrickém poměru (Y+Ce):Al=3:5. Koncentrace Ce byla 0,1 % at.. V kulovém mlýnu byla směs oxidů mletá 8 hodin a poté byla vysušena a proseta. Poté byla směs oxidů kalcitována na vzduchu při 600 °C po dobu 4 hodin. Vznikl kalcitovaný prášek, který byl zhutněn, aby vytvořil keramické těleso o průměru 18 mm pomocí jednoosého lisu o síle 5 MPa a izostatického lisu za studena o síle 250 MPa. Těleso bylo sintrováno při 1700 °C po dobu 20 hodin ve vakuové atmosféře. Vytvořený luminofor měl složení $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ o tloušťce 0,2 mm. Takto připravený luminofor, byl nalepen na modrý LED čip o složení InGaN. Čip s luminoforem byly nakonec obaleny silikonovým pojivem.

Byl tak vyroben zdroj světla se spektrem barev v poměru modrá (455 nm): zelená (555nm): červená (628 nm) 0,5: 1,0: 0,65. Výsledné vyzařované světlo z LED svítidla mělo teplotu chromatičnosti 3098 K.

b) polovodič SiC a směs fosforů ZYP555G3 a ZYP63063 v poměru 1:2

Komerční práškové fosfory s označením ZYP555G3 vyzařující maximum vlnové délky v 555 nm a ZYP63063 vyzařující maximum vlnové délky v 628 nm byly smíchány v poměru 1:2. Na modrý LED čip s polovodičem SiC bylo nanášeno 0,4 g práškové směsi rozptýlené v silikonu, který sloužil jako nosič prášku. Úhel stěny pouzdra svítidla byl 20° vůči rovině, kterou vystupuje světlo.

Byl tak vyroben zdroj světla se spektrem barev v poměru modrá (455 nm): zelená (555nm): červená (628 nm) 0,8: 1,0: 0,75. Výsledné vyzařované světlo z LED svítidla mělo teplotu chromatičnosti 4000 K.

Příklad 3 – Výroba LED svítidla typu DVN/DEN

a) Na keramickou destičku bylo umístěno celkem 33 čipů ve třech kružnicích. Do vnější kružnice bylo umístěno 13 modrých LED čipů 6 o složení polovodiče InGaN s nanášeným luminoforem dle příkladu 2a. Do středního obvodu bylo vloženo 10 modrých LED čipů 6 o složení polovodiče InGaN s nanášeným luminoforem dle příkladu 1a a 4 červené LED čipy 8 o složení polovodiče AlGaInP. Do vnitřního obvodu bylo umístěno 6 oranžových LED čipů 7 o složení polovodiče GaAsP.

b) Na keramickou destičku bylo umístěno celkem 33 čipů ve třech kružnicích. Do vnější kružnice bylo umístěno 13 modrých LED čipů 6 o složení polovodiče SiC s nanášeným luminoforem podle příkladu 1b. Do středního obvodu bylo vloženo 10 modrých LED čipů 6 o složení polovodiče ZnSe s nanášeným luminoforem dle příkladu 2b a 4 červené LED čipy 8 o složení

GaP. Do vnitřního obvodu bylo umístěno 6 oranžových LED čipů 7 o složení polovodiče AlGaInP.

Příklad 4 – Použití světelného zdroje typu DVN.

5

a) LED svítidlo vyrobené podle příkladu 3a je přepínatelný do tří řetězců pomocí jakéhokoliv vypínače. Lze přepínat vypínačem na lampičce či vypínačem ve zdi.

Po zapnutí vypínače se rozsvítí světlo I. řetězce 9, přičemž byly aktivní pouze oranžové LED čipy 7 a červené LED čipy 8 a vyzářené monochromatické světlo bylo o vlnové délce 580 nm. Přepnutím vypínače byl aktivován II. řetězec 10, přičemž byly rozsvíceny pouze čipy umístěné ve středním obvodu s luminoforem dle příkladu 1a, přičemž modré světlo bylo emitováno a část světla byla transformována luminoforem na žluté světlo. Smíšením těchto barev vzniklo světlo teple bílé o rozmezí vlnové délky 380 až 750 nm. Po opakovaném přepnutí byl aktivován III. řetězec 11, přičemž byly rozsvíceny pouze čipy umístěné ve vnějším obvodu s luminoforem dle příkladu 2a, přičemž modré světlo bylo emitováno a část světla byla transformována luminoforem na žluté světlo. Smíšením těchto barev vzniklo světlo bílé o rozmezí vlnové délky 380 až 680 nm.

Vypnutím vypínače a opětovné zapnutí po delší době než 10 s došlo vždy k rozsvícení světla pouze I. řetězce 9 s monochromatickými oranžovými a červenými LED čipy 7, 8.

I. Řetězec 9 – 2 W, 592 nm.
Stiskem spínače se žárovka rozsvítí monochromatickou oranžovou a červenou, vhodnou pro noční svícení, která nenarušuje cirkadiánní rytmy.

II. Řetězec 10 – 5 W, 2700 K, 97 Ra, 330 lm.
Druhým stiskem se sepne teplá bílá barva, simulující světlo 45 minut před západem slunce.

III. Řetězec 11 – 7 W, 4000 K, 97 Ra, 490 lm.
Třetím stiskem se sepne denní bílá barva, která má stejné hodnoty jako slunce v pravé poledne. Denní režim je vhodný pro práci, udržuje člověka v pozornosti.

b) LED svítidlo vyrobené dle příkladu 3b je přepínatelné do tří řetězců pomocí jakéhokoliv vypínače. Lze přepínat vypínačem na lampičce či vypínačem ve zdi.

Po zapnutí vypínače se rozsvítí světlo I. řetězce 9, přičemž byly aktivní pouze červené a oranžové LED čipy 7, 8 a vyzářené monochromatické světlo bylo o vlnové délce 595 nm. Přepnutím vypínače byl aktivován II. řetězec 10, přičemž byly rozsvíceny pouze čipy umístěné ve středním obvodu s luminoforem podle příkladu 1b, přičemž modré světlo bylo emitováno a část světla byla transformována luminoforem na žluté světlo. Smíšením těchto barev vzniklo světlo teple bílé o rozmezí vlnové délky 380 až 750 nm. Po opakovaném přepnutí byl aktivován III. řetězec 11, přičemž byly rozsvíceny pouze čipy umístěné ve vnějším obvodu s luminoforem podle příkladu 2b, přičemž modré světlo bylo emitováno a část světla byla transformována luminoforem na žluté světlo. Smíšením těchto barev vzniklo světlo bílé o rozmezí vlnové délky 380 až 680 nm.

Vypnutím vypínače a opětovné zapnutí po delší době než 10 s vždy rozsvítí světlo pouze I. řetězce 9 s monochromatickými červenými a oranžovými LED čipy 7, 8.

I. Řetězec 9 – LED čip 2 W, 592 nm.
Stiskem spínače se žárovka rozsvítí monochromatickou oranžovou, vhodnou pro noční svícení, která nenarušuje cirkadiánní rytmy.

II. Řetězec 10 – LED čip 5 W, 2700 K, 97 Ra, 330 lm.

55

Druhým stiskem se sepne teplá bílá barva, simulující světlo 90 minut před západem slunce.

III. Řetězec 11 – LED čip 7 W, 4000 K, 97 Ra, 490 lm.

Třetím stiskem se sepne denní bílá barva, která má stejné hodnoty jako slunce v pravé poledne. Denní režim je vhodný pro práci, udržuje člověka v pozornosti.

Příklad 5 – Výroba světelného zdroje pro venkovní osvětlení

Modré LED čipy 6 s luminoforem + oranžové LED čipy 7 + červené LED čipy 8.

10

Podle příkladu 1a byly připraveny modré LED čipy 6 s luminofoxy. Oranžové LED čipy 7 byly tvořeny polovodičem o složení GaAsPN o poměru zastoupení jednotlivých prvků Ga : As : P : N = 1 : 0, 15 : 0,85 : 1. Červené LED čipy 8 byly tvořeny polovodičem o složení GaAsP o poměru zastoupení jednotlivých prvků Ga: As : P = 1 : 0, 6 : 0,4.

15

Příklad 6 – Výroba LED svítidla pro venkovní osvětlení (podle příkladu 5)

Na keramickou destičku bylo umístěno celkem 56 čipů ve čtyřech kružnicích. Do vnější kružnice bylo umístěno 24 modrých LED čipů 6 překrytých luminoforem. Do následující kružnice bylo vloženo 12 oranžových LED čipů 7 a 8 červených LED čipů 8. Do následující kružnice bylo umístěno 12 modrých LED čipů 6 překrytých luminoforem a do středové kružnice byly umístěny 4 oranžové LED čipy 7.

Příklad 7 – Použití světelného zdroje pro venkovní svítidlo

25

Modré LED čipy 6 s luminoforem + oranžové LED čipy 7 + červené LED čipy 8.

LED svítidlo vyrobené podle příkladu 6 je automaticky přepínatelné do dvou režimů.

Po zapnutí je aktivován první režim, přičemž byly aktivní všechny čipy umístěné na keramické destičce. Modré světlo z LED svítidla bylo emitováno a část světla byla transformována luminoforem na žluté světlo. Smíšením těchto barev vzniklo světlo bílé o rozmezí vlnové délky 380 až 680 nm a o teplotě chromatičnosti 3855 K a CRI = 82,4. Plynulou regulací byl aktivován II. řetězec 10, přičemž byly rozsvíceny pouze červené a oranžové LED čipy 7, 8 o teplotě chromatičnosti 2672 K.

35

LED svítidlo se automaticky nebo manuálně přepíná do tří nebo dvou režimů s CCT a spektrálním složením vhodným pro danou část dne:

Režim Noc/Night, oranžové světlo nenarušující produkci hormonu melatoninu, s výrazně potlačeným podílem krátkovlnných fotonů nebo zcela bez krátkovlnné složky (umožňuje plnohodnotný spánek).

Režim Večer/Evening, teplé žluté světlo podobné klasické žárovce nebo slunci před západem, s malým podílem krátkovlnných/modrých fotonů (vhodné pro relaxaci).

45

Režim Den/Day, bílé denní světlo podobné slunci přes den, s výrazným podílem krátkovlnných fotonů (podporuje kognitivní výkon mozku).

U manuálně přepínatelného interiérového LED svítidla se třemi režimy svitu se přepínání realizuje opakovaným stiskem spínače v intervalu kratším než 10 s. Automaticky přepínané LED osvětlení je vhodné pro veřejné osvětlení.

50

Příklad 8 – Popis blokových schémat

- a) Ovládací systém přepíná barvu nebo teplotu chromatičnosti CCT detekcí ztráty proudu.
 5 první zapnutí ON: I. řetězec 9
 vypnutí OFF a zapnutí znovu ON: II. řetězec 10
 vypnutí OFF a zapnutí znovu ON: III. řetězec 11.

K zachování předchozího stavu se používá velký kondenzátor.

- 10 b) Ovládací systém přepíná barvu nebo teplotu chromatičnosti CCT detekcí ztráty proudu.

- první zapnutí ON: I. řetězec 9
 vypnutí OFF a zapnutí znovu ON: II. řetězec 10
 15 vypnutí OFF a zapnutí znovu ON: III. řetězec 11.

K zachování předchozího stavu řídicího obvodu se používá velký kondenzátor. Tato technika může dosáhnout kratšího stavu vypnutí OFF bez ohledu na změnu uloženou v kondenzátoru v AC/DC převodníku.

- 20 c) Ovládací systém přepíná barvu nebo teplotu chromatičnosti CCT požadavkem na ovládací drát.

- Ovládací drát přímo přepíná barvu LED nebo teplotu chromatičnosti CCT bez sekvenování.
 25 Řídicí obvod provádí filtrování a přenáší napětí z kontrolního drátu na LED řetězec.

d) Ovládací systém přepíná barvu nebo teplotu chromatičnosti CCT požadavkem na PLC (Power-line) nebo bezdrátový komunikační modul.

- 30 PLC nebo bezdrátový komunikační modul přímo přepíná mezi LED barvou nebo teplotou chromatičnosti CCT bez sekvenování.

Příklad 9 – Elektrické zapojení LED svítidla

- 35 a) pomocí NMOSFET

- Zdroj napájecího napětí je propojen přes zapojení ochranného odporu R1 nadproudové ochrany a varistoru V1 přepět'ové ochrany na vstup 1 bloku zdroje konstantního proudu s oddělovacím transformátorem tvořeného usměrňovacím obvodem D1, na jehož výstup kladného napětí je
 40 připojen jednak kladnou elektrodou první filtrační kondenzátor C1 s uzemněnou zápornou elektrodou, a jednak dále sériová kombinace složená z rezistorů R2, R3 a druhého filtračního kondenzátoru C2 uzemněná na druhém konci jeho zápornou elektrodou, kde společný bod třetího rezistoru R3 a kladné elektrody druhého kondenzátoru C2 této sériové kombinace je propojen na vstup napájení proudového zdroje U1, kam je rovněž přes pátý rezistor R5 a druhou diodu D2 ve
 45 směru katoda-anoda připojen třetí vstup vinutí oddělovacího transformátoru T1 společně s uzemněnou sériovou kombinací šestého a sedmého rezistoru R6, R7, kde čtvrtý vstup oddělovacího transformátoru T1 je uzemněn, přičemž uzemněný čtvrtý rezistor R4 a šestý kondenzátor C6 pro zajištění vlastního časování jsou propojeny na časovací vstupy obvodu proudového zdroje U1, dále je výstup usměrňovacího obvodu D1 propojen na první vstup oddělovacího transformátoru T1, jehož výstupní vinutí je výstupem 5 propojeno přes třetí diodu D3 v propustném směru na kladnou elektrodu filtračního třetího kondenzátoru C3 a na devátý
 50 rezistor R9 pro vytvoření výstupní napětí (+V LED) pro jednotlivé sekce LED, kde toto napětí (+V LED) je propojeno na anodový vstup řetězců 3 LED, dále je výstupní napětí (+V LED) propojeno do bloku 4 řídicího obvodu spínačů jednotlivých kanálů, konkrétně na sériovou kombinaci osmého rezistoru R8 s paralelní kombinací filtračních čtvrtého a pátého kondenzátoru

C4, C5 pro určení požadované časové konstanty, kde k této paralelní kombinaci čtvrtého a pátého kondenzátoru C4, C5 je připojena Zenerova dioda D4 určená pracovního napětí druhého řídicího obvodu U2 realizujícího blok 4 řídicího obvodu spínačů jednotlivých kanálů ovládání řetězců 3 LED pro změnu režimu svícení, kde výstupy řídicího obvodu U2 jsou k jednotlivým řetězcům 3 LED propojeny prostřednictvím spínacích prvků typu NMOSFET, konkrétně jsou propojeny k elektrodám G spínacích prvků Q1 až Q3, jejichž svorky D jsou připojeny na katodový výstup řetězce 3 LED typu CCT 4000K/7W, na katodový výstup řetězce 3 LED typu CCT 2700K/5W a přes proud omezující desátý rezistor R10 na katodový výstup řetězce 3 LED typu oranžová/2W;

b) pomocí tranzistorů typu NPN

Zdroj napájecího napětí je propojen přes zapojení ochranného odporu R1 nadproudové ochrany a varistoru V1 přepětíové ochrany na vstup 1 bloku zdroje konstantního proudu s oddělovacím transformátorem tvořeného usměrňovacím obvodem D1, na jehož výstup kladného napětí je připojen jednak kladnou elektrodou první filtrační kondenzátor C1 s uzemněnou zápornou elektrodou, a jednak dále sériová kombinace složená z rezistorů R2, R3 a druhého filtračního kondenzátoru C2 uzemněná na druhém konci jeho zápornou elektrodou, kde společný bod třetího rezistoru R3 a kladné elektrody druhého kondenzátoru C2 této sériové kombinace je propojen na vstup napájení proudového zdroje U1, kam je rovněž přes pátý rezistor R5 a druhou diodu D2 ve směru katoda-anoda připojen třetí vstup vinutí oddělovacího transformátoru T1 společně s uzemněnou sériovou kombinací šestého a sedmého rezistoru R6, R7, kde čtvrtý vstup oddělovacího transformátoru T1 je uzemněn, přičemž uzemněný čtvrtý rezistor R4 a šestý kondenzátor C6 pro zajištění vlastního časování jsou propojeny na časovací vstupy obvodu proudového zdroje U1, dále je výstup usměrňovacího obvodu D1 propojen na první vstup oddělovacího transformátoru T1, jehož výstupní vinutí je výstupem 5 propojeno přes třetí diodu D3 v propustném směru na kladnou elektrodu filtračního třetího kondenzátoru C3 a na devátý rezistor R9 pro vytvoření výstupní napětí (+V LED) pro jednotlivé sekce LED, kde toto napětí (+V LED) je propojeno na anodový vstup řetězců 3 LED, dále je výstupní napětí (+V LED) propojeno do bloku 4 řídicího obvodu spínačů jednotlivých kanálů, konkrétně na sériovou kombinaci osmého rezistoru R8 s paralelní kombinací filtračních čtvrtého a pátého kondenzátoru C4, C5 pro určení požadované časové konstanty, kde k této paralelní kombinaci čtvrtého a pátého kondenzátoru C4, C5 je připojena Zenerova dioda D4 určená pracovního napětí druhého řídicího obvodu U2 realizujícího blok 4 řídicího obvodu spínačů jednotlivých kanálů ovládání řetězců 3 LED pro změnu režimu svícení, kde výstupy řídicího obvodu U2 jsou k jednotlivým řetězcům 3 LED propojeny prostřednictvím spínacích prvků bipolárních tranzistorů typu NPN, konkrétně jsou propojeny k bázím spínacích prvků Q1 až Q3, jejichž kolektory jsou připojeny na katodový výstup řetězce 3 LED typu CCT 4000K/7W, na katodový výstup řetězce 3 LED typu CCT 2700K/5W a přes proud omezující desátý rezistor R10 na katodový výstup řetězce 3 LED typu oranžová/2W.

Průmyslová využitelnost

Zdroj světla vhodný do domácností i do veřejného osvětlení, který je volitelně prepínatelný na tři režimy, přičemž první režim zcela eliminuje modrou vlnovou délku světla a nenaruší cirkadiální rytmy lidí ani zvířat.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. LED svítidlo obsahující světlo emitující LED čipy, **vyznačující se tím**, že obsahuje skupinu přepínatelných řetězců (3) LED čipů, která zahrnuje I. řetězec (9) a III. řetězec (11), kde

I. řetězec (9) obsahuje alespoň jeden LED čip (7) vyzařující oranžové světlo z oblasti vlnových délek 580 nm až 610 nm a alespoň jeden LED čip (8) vyzařující červené světlo z oblasti vlnových délek 610 nm až 700 nm, a

III. řetězec (11) obsahuje alespoň jeden modrý LED čip (6) překrytý luminoforem vyzařující spojitě pásové spektrum viditelného světla vlnových délek 440 nm až 700 nm a teplotou chromatičnosti CCT 3800 až 4200 K,

přičemž LED svítidlo dále obsahuje blok (4) řídicího obvodu spínačů konfigurovaných pro přepínání z jednoho přepínatelného řetězce (3) LED čipů na druhý přepínatelný řetězec (3) LED čipů ze skupiny přepínatelných řetězců (3) LED čipů.

2. LED svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že III. řetězec (11) má index podání barev CRI o hodnotě alespoň 90.

3. LED svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že blokem (4) řídicího obvodu spínačů je blok řízený softwarově nebo protokolem.

4. LED svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje II. řetězec (10), který obsahuje alespoň jeden modrý LED čip (6) překrytý luminoforem vyzařující spojitě pásové spektrum viditelného světla vlnových délek 440 nm až 700 nm a teploty chromatičnosti CCT 2500 až 2800 K.

5. LED svítidlo podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že II. řetězec (10) má index podání barev CRI o hodnotě alespoň 80.

6. LED svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vyzařované viditelné spektrum sestává z procentuálního zastoupením barev 7 až 19 % modré, 27 až 31 % zelené a 50 až 66 % červené barvy.

7. LED svítidlo podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že modrá barva spektra má maximum v 455 nm, zelená barva má maximum v 555 nm a červená barva má maximum v 628 nm.

8. LED svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že III. řetězec (11) má vyzařované viditelné spektrum sestávající v procentuálním zastoupení barev z 25 až 33 % modré, z 22 až 35 % zelené a z 38 až 45 % červené barvy.

9. LED svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že LED čip (7) vyzařující oranžové světlo je LED čip vyzařující monochromatické oranžové světlo s maximem v 590 nm a LED čip (8) vyzařující červené světlo je LED čip vyzařující monochromatické červené světlo s maximem v 628 nm.

10. LED svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že blok (4) řídicího obvodu spínačů obsahuje vstup (1) pro zdroj konstantního proudu poskytující napájecí napětí bloku (4) řídicího obvodu spínačů a oddělovací transformátor (T1) připojený k bloku (4) řídicího obvodu spínačů používaného pro změnu režimu osvětlení.

11. LED svítidlo podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že blok (4) řídicího obvodu spínačů mění režim svícení vyhodnocením pořadí, ve kterém dochází k zapínání a vypínání řetězců (3).

12. LED svítidlo podle nároku 11, **vyznačující se tím**, že blok (4) řídicího obvodu spínačů mění režim svícení detekcí vypnutí síťového napájení.

13. LED svítidlo podle nároku 11, **vyznačující se tím**, že blok (4) řídicího obvodu spínačů jednotlivých kanálů ovládání řetězců (3) LED pro změnu režimu svícení využívá externích řídicích signálů pro každý řetězec (3) LED, který je propojen s řídicím vodičem.

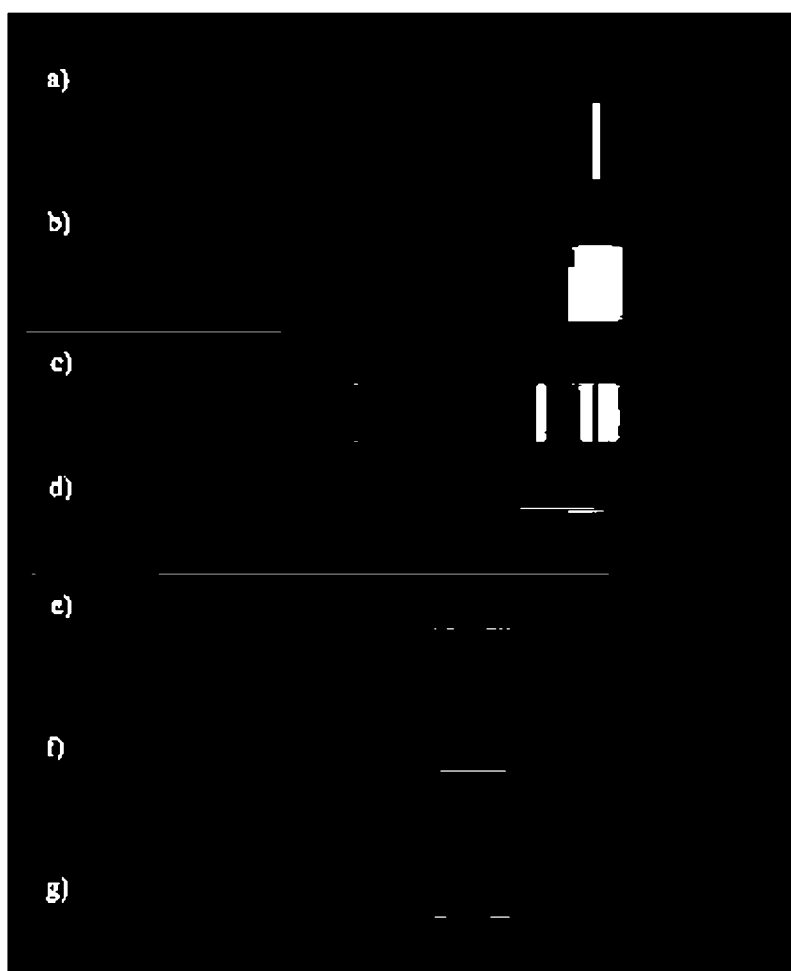
14. LED svítidlo podle nároku 11, **vyznačující se tím**, že blok (4) řídicího obvodu spínačů je programovatelný a mění režim svícení napojením na externí programovatelný a/nebo komunikační modul.

15. LED svítidlo podle nároku 10, **vyznačující se tím**, že zdrojem konstantního proudu je zdroj poskytující napětí 120 až 230 V s frekvencí 50 až 60 Hz.

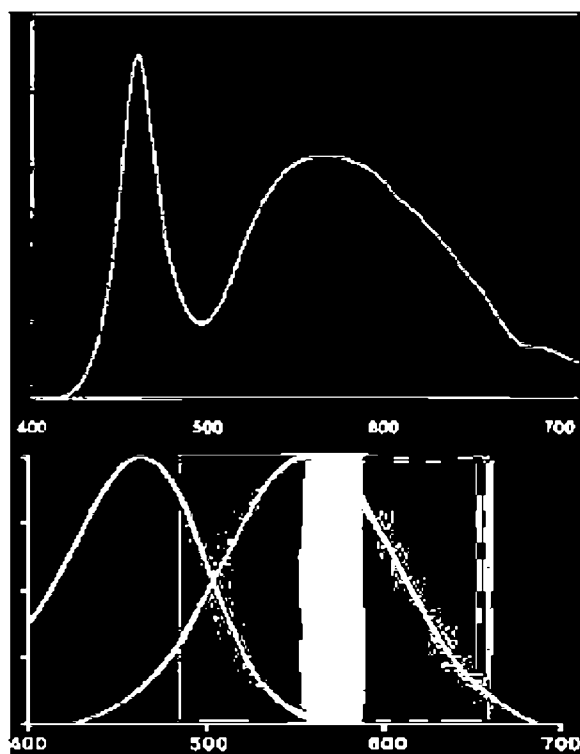
15 výkresů

Seznam vztahových značek:

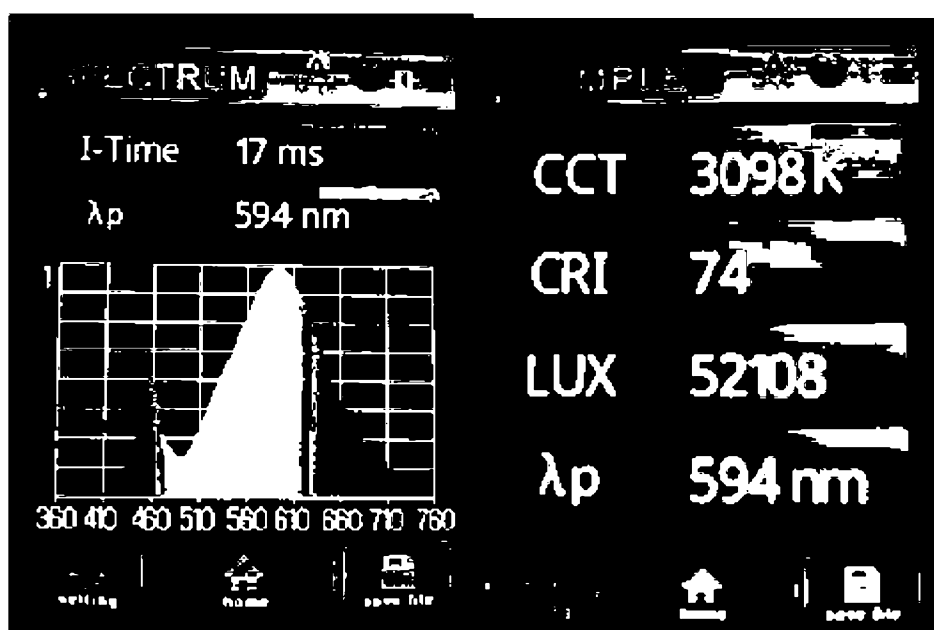
1	vstup pro zdroj konstantního proudu
2	vstup bloku výkonných spínačů
3	řetězec
4	blok řídicího obvodu spínačů
5	výstup
6	modrý LED čip
7	LED čip vyzařující oranžové světlo
8	LED čip vyzařující červené světlo
9	I. řetězec
10	II. řetězec
11	III. řetězec
V1	varistor
R1	ochranný odpor
D1	usměrňovací obvod
D2, D3	dioda
D4	Zenerova dioda
C1, C2, C3, C4, C5, C6	kondenzátor
R2, R3, R5, R6, R7, R8, R9, R10	rezistor
U1	proudový zdroj
U2	řídicí obvod
G	elektroda
T1	transformátor
Q1, Q2, Q3	spínací prvky
D	svorka



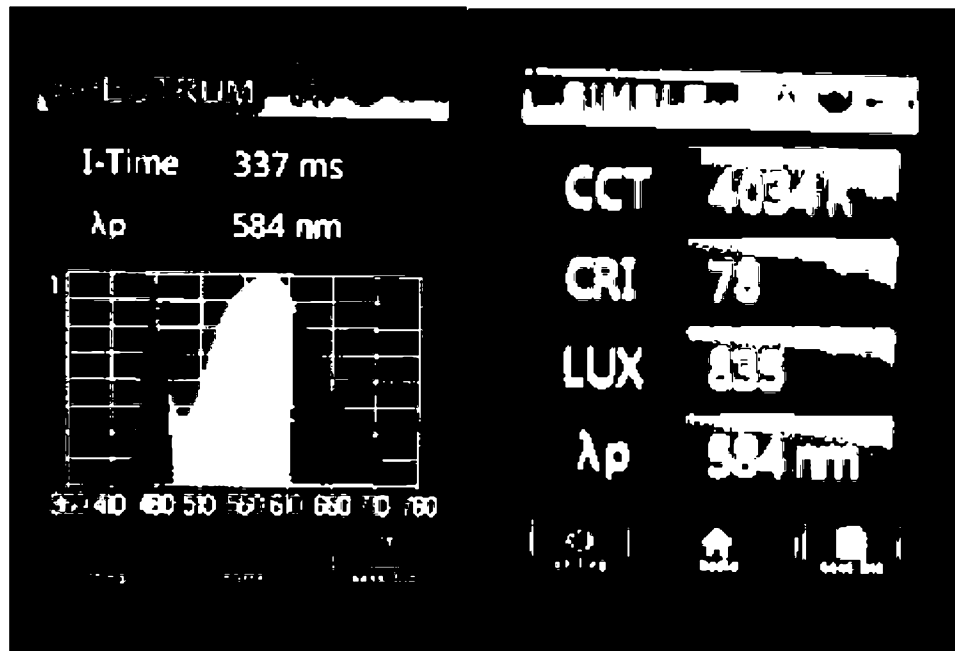
Obr. 1



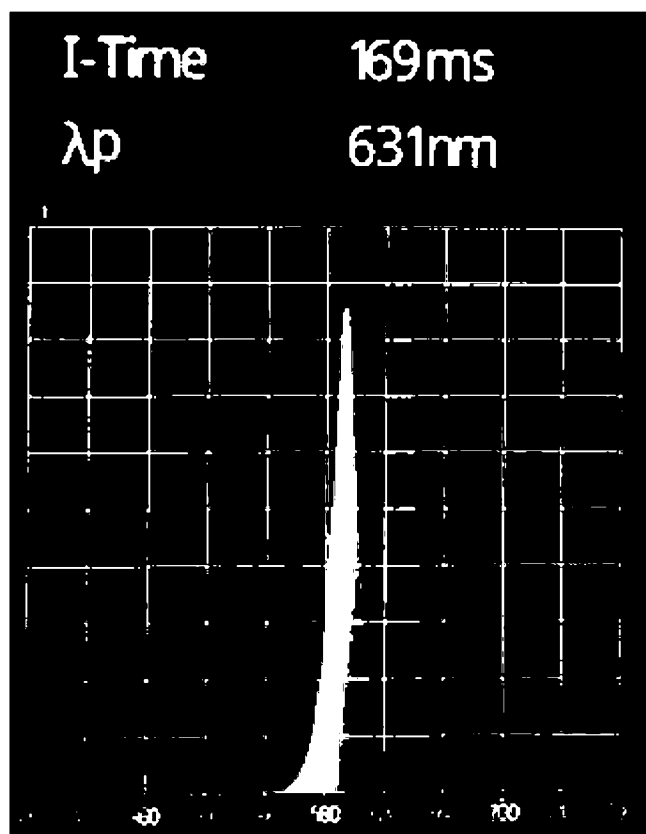
Obr. 2



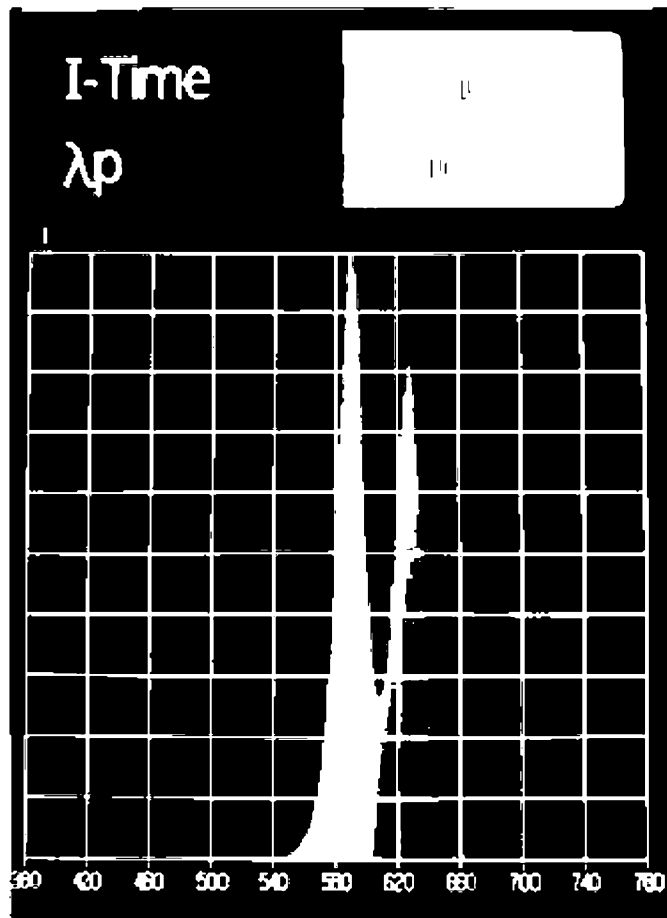
Obr. 3



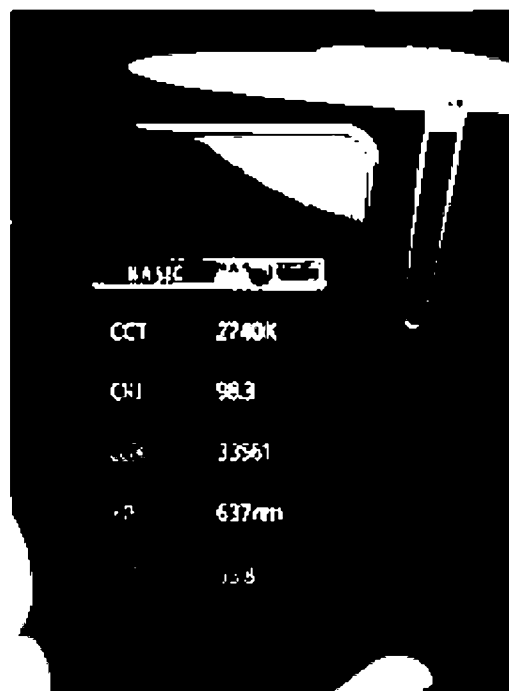
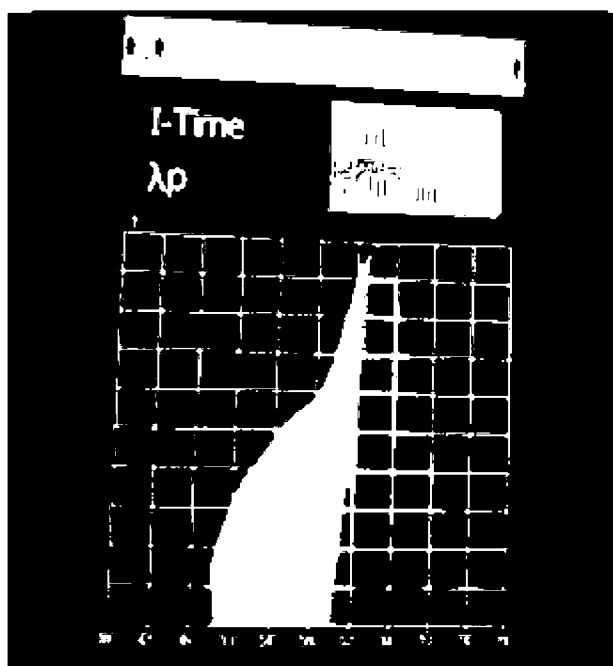
Obr. 4



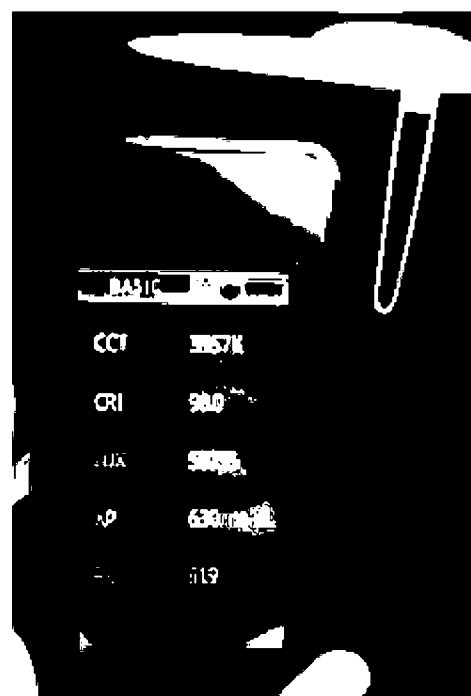
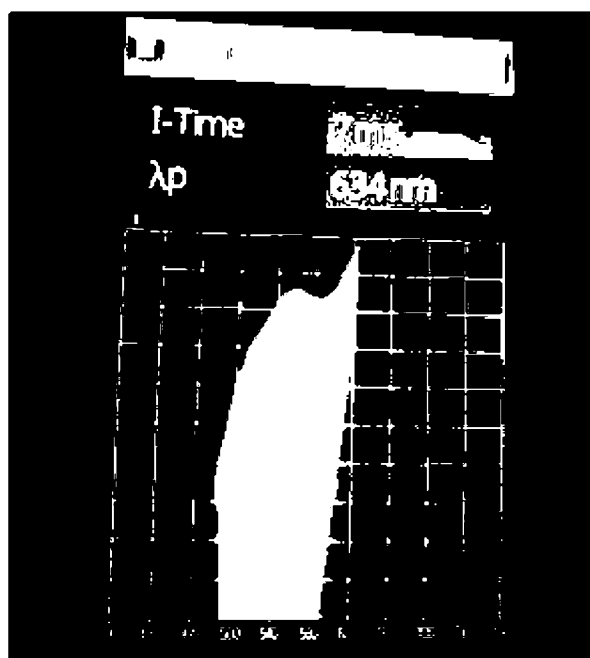
Obr. 5



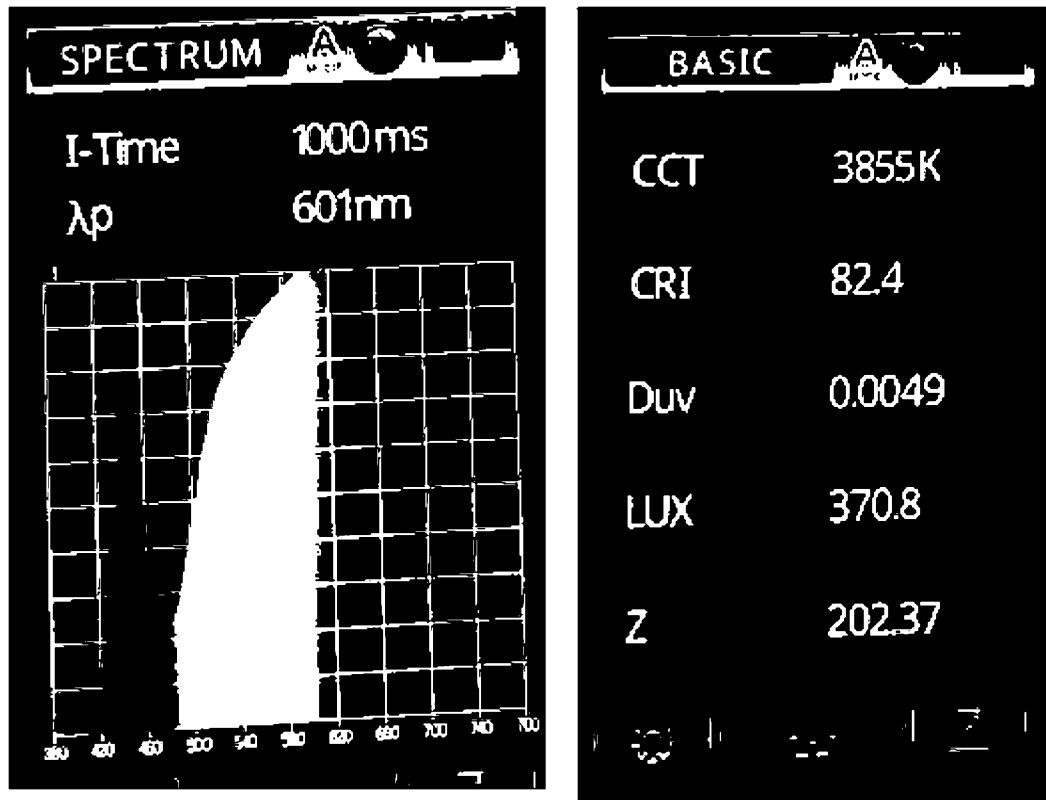
Obr. 6



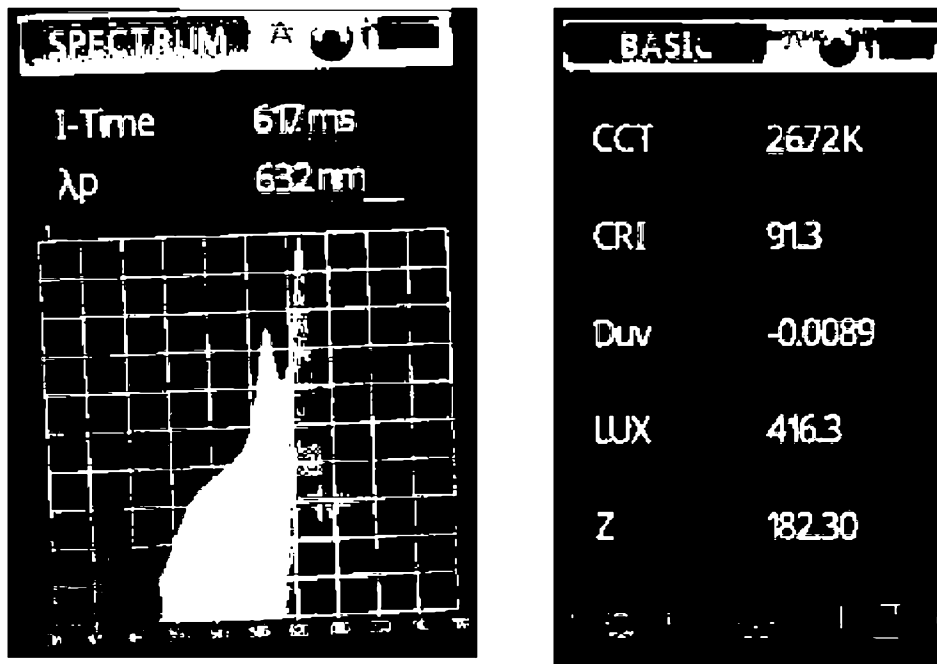
Obr. 7



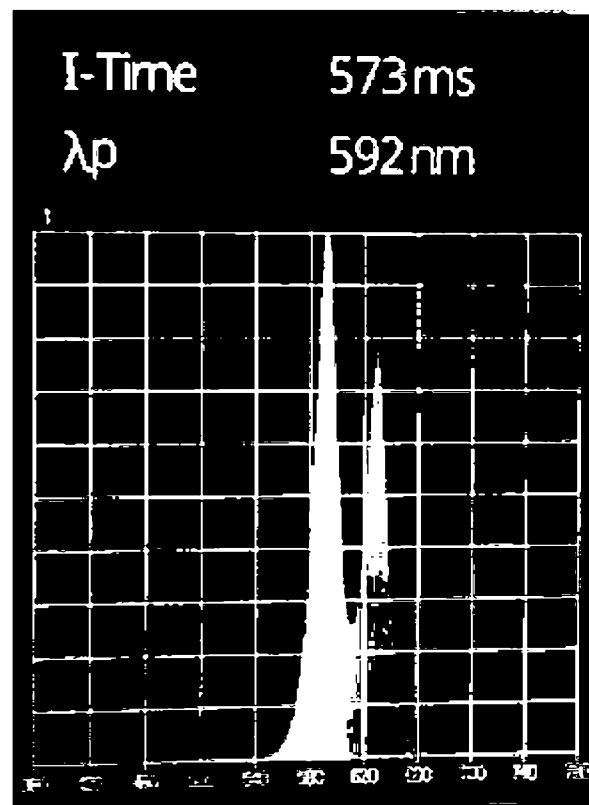
Obr. 8



Obr. 9



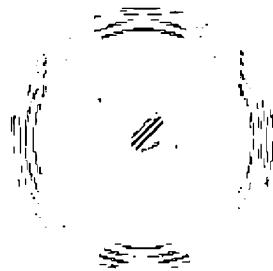
Obr. 10



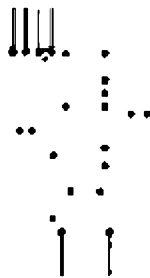
Obr. 11



Obr. 12A



Obr. 12B



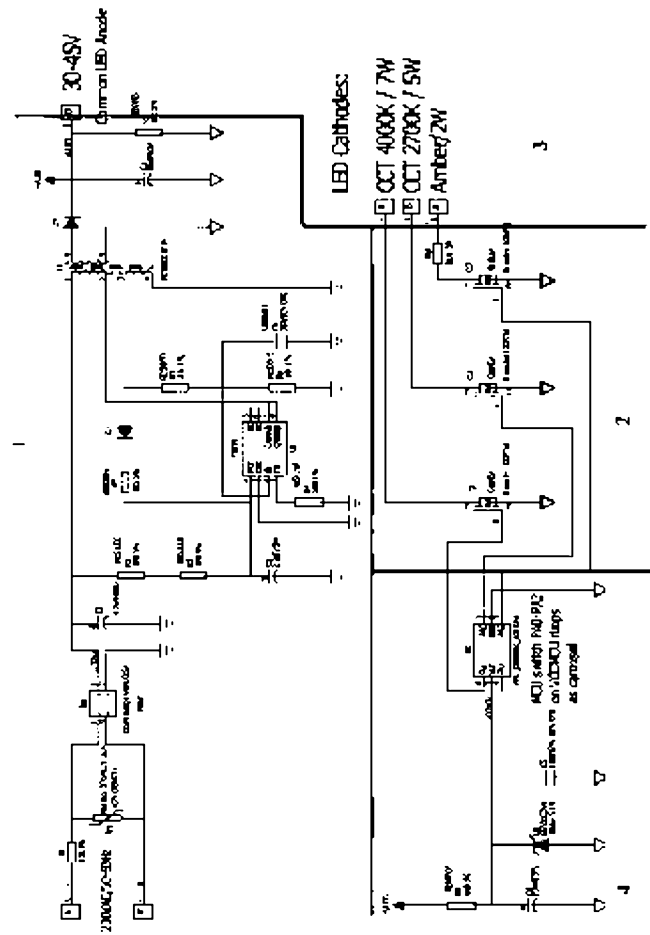
Obr. 12C



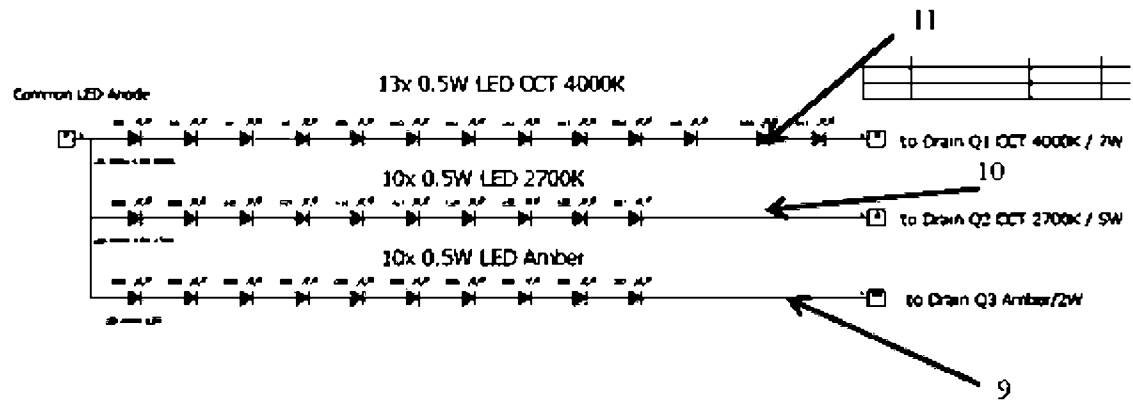
Obr. 12 D



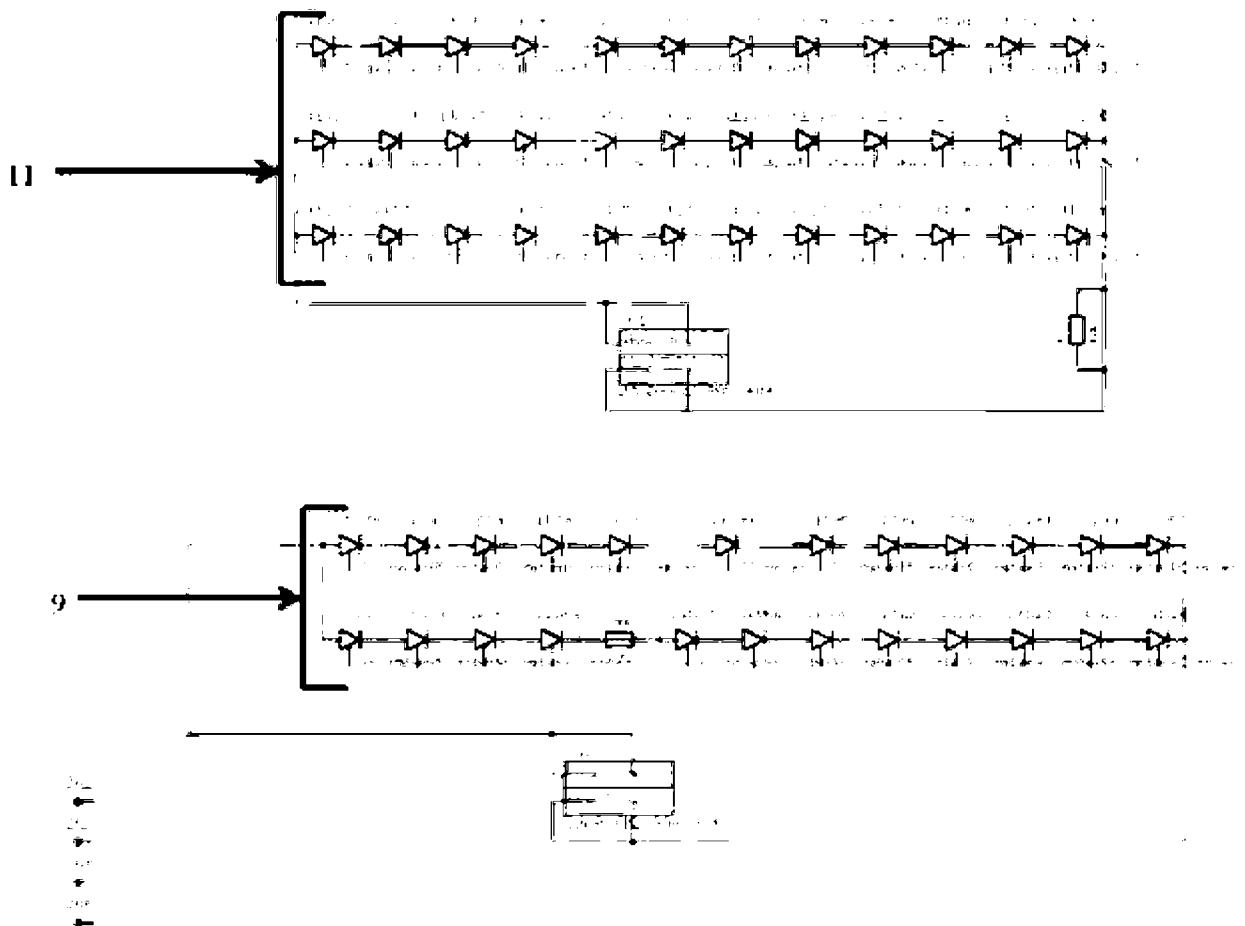
Obr. 13



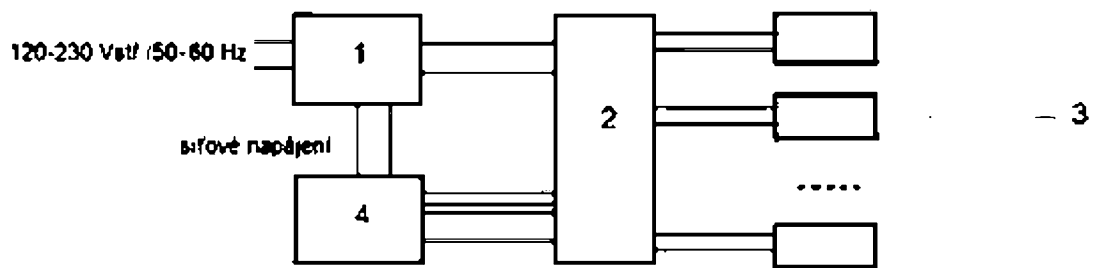
Obr. 13a



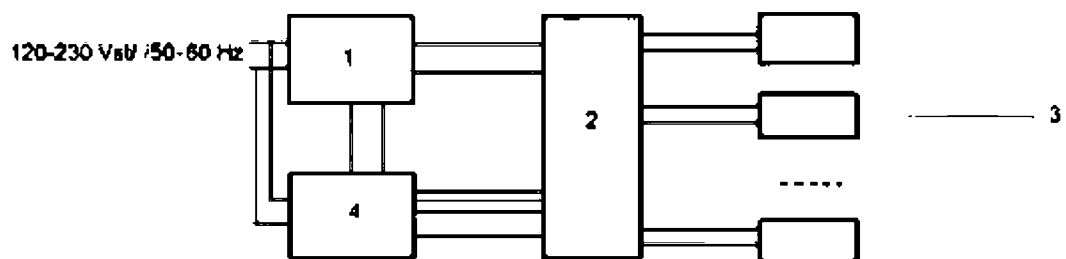
Obr. 14



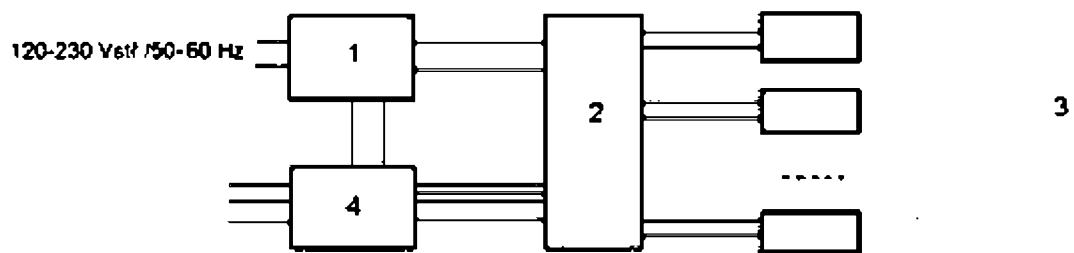
Obr. 15



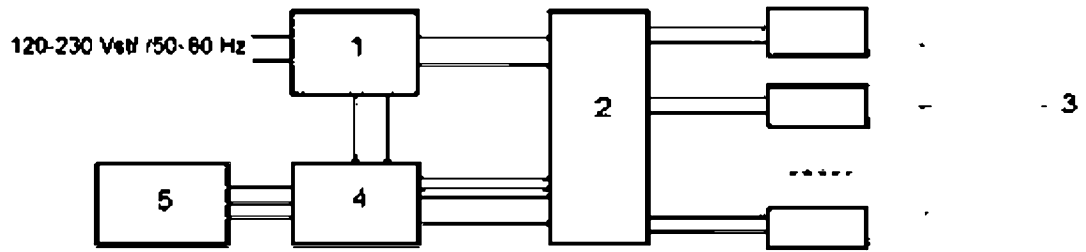
Obr. 16



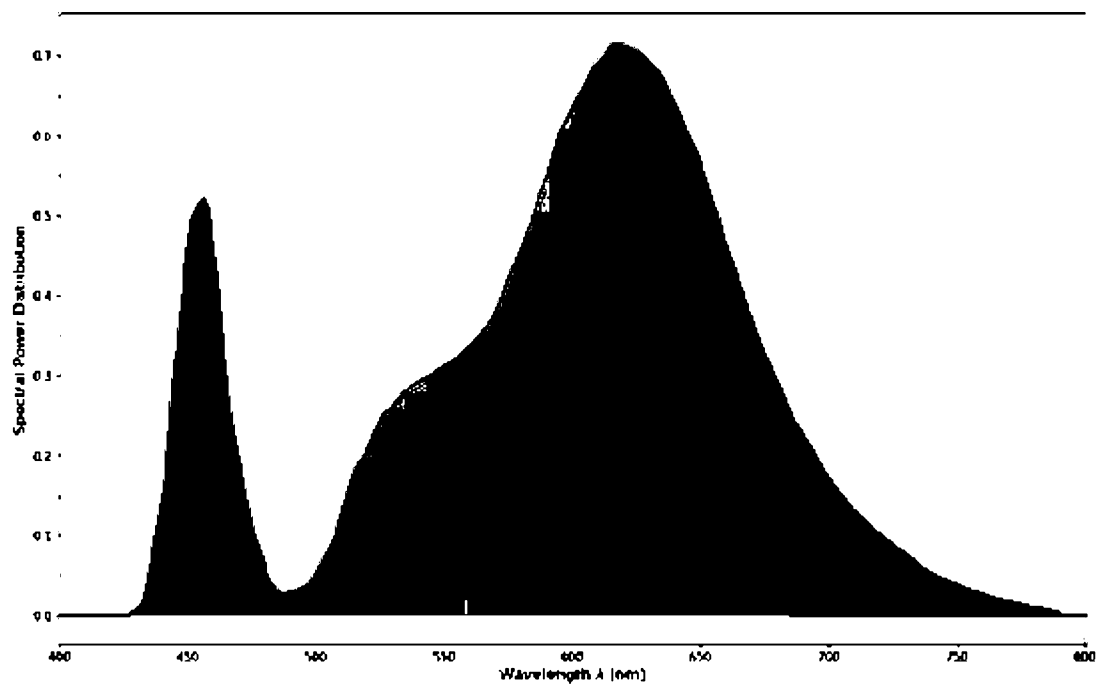
Obr. 17



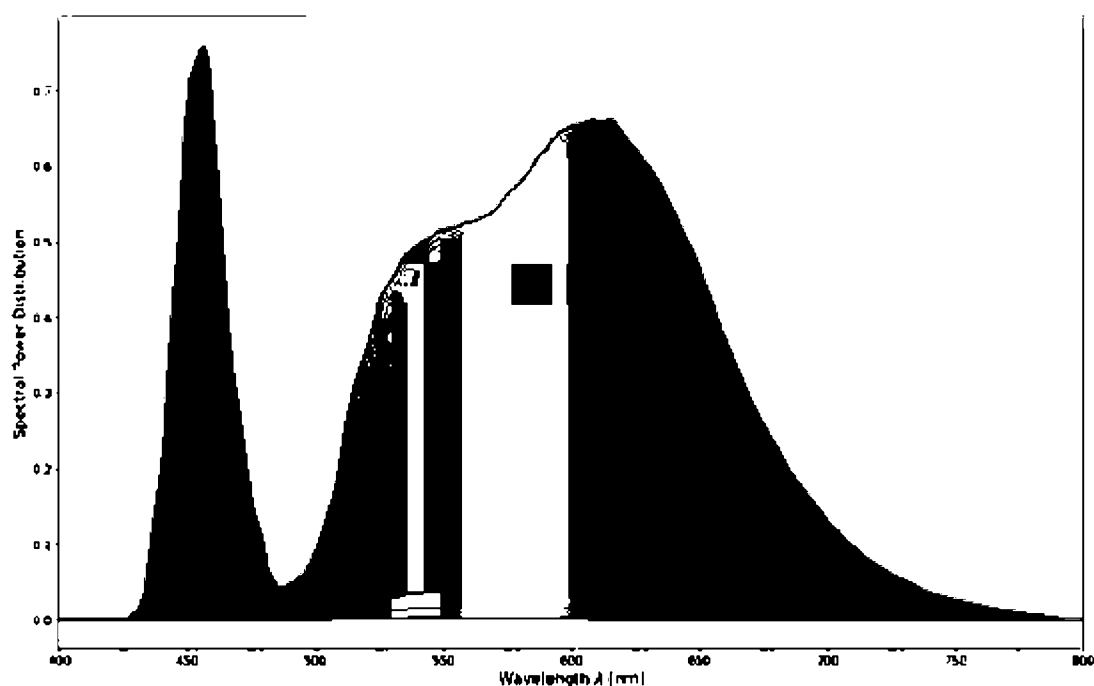
Obr. 18



Obr. 19



Obr. 20

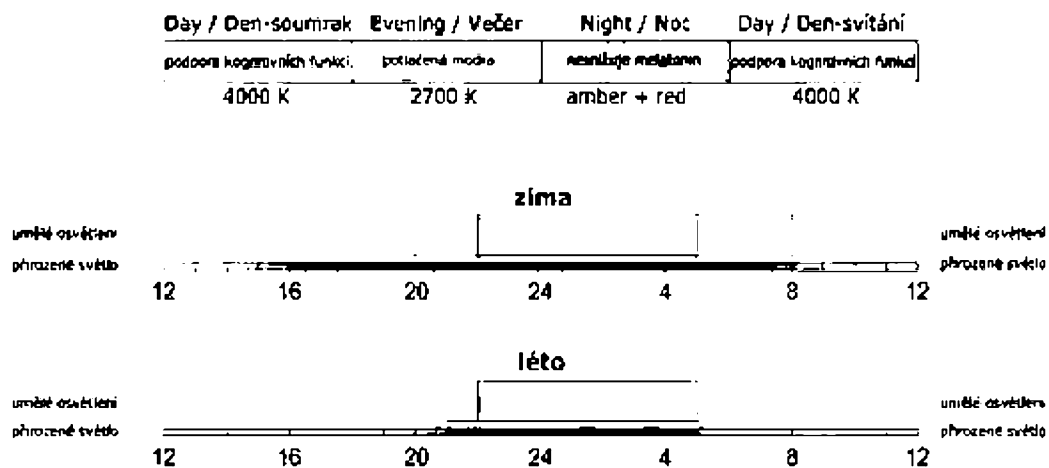


Obr. 21

	Zdroj světla	E_v [lux]	CT (CCT) [K]	CRI [%]	E_v / E_c	$E_v / E_{c, \text{mes}}$	$E_v / E_{c, \text{LED}}$
1	Obloha bez slunce	670	51 072	irelevant	165 %	415 x	irelevant
2	Polední slunce	108 000	5250	99.19	80 %	32 300 x	irelevant
3	Měsíc v úplňku	0.02	4134	98.58	60 %	0.004 x	-
4	Svíčka	4	2013	94.30	20 %	0.3 x	0.0022 x
5	Sodíková výbojka 150W	30	2057	17.02	9 %	-	204 x
6	CREE LEDway - studená	30	6273	75.02	77 %	8.7 x	1275 x
7	CREE LEDway - neutrální	30	4466	80.54	60 %	6.8 x	1385 x
8	Phillips LED modrá	30	irelevant	irelevant	580 %	66 x	13500 x
9	LED 2200K - tepla bílá	30	2167	77.85	18 %	2 x	415 x

Vlastnosti zdrojů světla. E_v = účinná vizuální osvětlenost horizontální roviny dle $V(\lambda)$; CT = teplota chromaticnosti; CCT = nahradní teplota chromaticnosti; CRI = index podání barev; E_c = účinná cirkadiánní osvětlenost dle $C(\lambda)$; $E_{c, \text{mes}}$ = poměr účinné cirkadiánní osvětlenosti zdroje vůči sodíkové výbojce; $E_{c, \text{LED}}$ = poměr účinné cirkadiánní osvětlenosti zdroje vůči měsíčnímu světlu;

Obr. 22



Obr. 23