

3 Fehér LED-ek általános világítási célokra

A reklámfeliratok, közlekedési jelzőlámpák, útburkolati jelek, korlátok, lépcsők, kiállítási és árukináló vitrinek világítása és még sokféle speciális feladat kapcsán a fényemittató diódák már bizonyítottak, de vajon képesek lesznek-e a LED-ek általános világítási célokra jó minőségű, gazdaságos fehér fény előállítására is? (Forrás: Lighting Designer Roundtable on Solid-State Lighting Chicago, Illinois, March 19, 2008, U.S. Department of Energy, Final Report, 2008. ápr., www.netl.doe.gov/ssl)

A feltett kérdésre a rövid válasz: igen, minden bizonnyal. Még hozzá nem csak a szerves anyagokból készülő „hagyományos” LED-ek, hanem a legújabb technológiát képviselő szerves OLED-ek is. A világítástervezők ez év tavaszán Chicagóban megrendezett szilárdtest-világítási kerekasztal konferenciájáról készített tájékoztató a fényforrások tipikus fényhasznosításai adatai között már igen előkelő helyre sorolja a fehér fényű LED-eket (l. a táblázatot). Messze jobbaknak tűnnek e tekintetben máris a hagyományos és halogén izzólámpáknál, és komoly versenytársai lehetnek a kompakt fénycsöveknek is.

Az eredeti táblázatot az összevethetőség kedvéért kiegészítettük a szerves fehér OLED-ekre vonatkozó legfrissebb adattal. Idén nyáron az utolsó „mérőföldkő” elérésével ui. lezárult az EU 2004-ben indított OLLA-projektje, amelynek az volt a küldetése, hogy 2008-ra „demonstrálni lehessen általános világítási célra alkalmas, hosszú élettartamú, nagy energiahatékonyságú fehér OLED fényforrásokat”. Nos, úgy tűnik, hogy az ehhez rendelkezésre bocsátott mintegy 20 millió eurós forrással jól gazdálkodtak: a 2008. jún. 18-i záró sajtóközleményben (l. HOLUX Hírek 58. szám, 2008. júl.) bemutatták Európa legnagyobb fényhasznosítású OLED „fénycsempéjét”, egy 50,7 lm/W fényhasznosítású, 1000 cd/m² kezdeti fényűrségű eszközt, amely valamennyi paramétere tekintetében felülmúlja a célul kitűzött értékeket. A kifejlesztésén dolgozók a közeljövőben elérhetőnek vélik a 100 lm/W-os „álomhatárt” is, hiszen a jelenlegi laboratóriumi példányok által kisugárzott összes fényt speciális eszközzel (laboratóriumi makroextraktórral) összegyűjtve a publikálnál máris lényegesen nagyobb, 80 lm/W-ot meghaladó fényhasznosítás érhető el. A jobbítás kulcsa tehát ezen a területen minden bizonnyal a kicsatolási technológiák tökéletesítésén múlik.

Fehér fények

Egyetlen összetevőből álló, „monokromatikus” fehér fény nem létezik, szemünk különböző színek megfelelő elegyét érzi fehérnek. A három alapszín (piros, zöld, kék = RGB) keverésével áll elő pl. a szerves OLED-ek gyártásánál is. Az OLED-ek

működéséhez szükséges különböző rétegek egy sík hordozóra egyszerű „nyomtatási” eljárással választhatók le – sorokban és oszlopokban. Az eredményül kapott pontmátrix tetszőlegesen megválasztható, különböző színű fényt tud kibocsátani, így fehéret is.

A hagyományos szerves LED-eknél a fehér fény előállítása technikailag sokkal bonyolultabb. A LED-ek – szemben pl. az izzólámpákkal és a fénycsövekkel – ui. természetüknél fogva nem fehér fényű fényforrások, hanem a látható spektrum igen keskeny tartományában közel monokromatikus, azaz egyszínű – piros, zöld, kék, sárga stb. – fényt sugároznak ki. Fehér fényt segítségükkel két alapvető módon lehet előállítani. Az egyik módszer nagyon hasonló a fénycsöveknél használatoshoz: a kibocsátott UV-fény a fénycső belső falára felvitt fényport gerjeszti és készíti azt „fehér” fény kibocsátására. Alapjában véve ez történik az ún. fényporkonverziós LED-ekben is, ha itt nem is UV-fényről van szó. A másik módszer itt is az RGB színkeverés. Ehhez a három alapszínű előállító LED-chipeket egymáshoz egészen közel ültetik rá a hordozóra.

Csak leírni egyszerű ezeket az eljárásokat. Mindháromnak megvannak a buktatói, és számos még a megoldatlan probléma. Az érdekesség kedvéért vizsgáljunk meg egyet közelebbről! A piacon jelenleg kapható legtöbb fehér LED-ben egy kék LED fénye gerjeszti a fényport, hogy a keskeny spektrumú kék fényt szélesebb spektrumú emisszióvá alakítsa át, amely szemünk számára fehérnek tűnik. Mivel azonban az átalakítási folyamat végeredményeként kapott nagyobb hullámhosszú fotonok kisebb energiájúak a gerjesztő fotonoknál, a folyamat „Stokes-eltolódási veszteséggel” ismert hatásfokvesztéssel jár. A korai fényporkonverziós LED-ek fénye éppen azért volt harsány kékes színű, mert még nehéz volt olyan fényport előállítani, amely jó hatásfokkal alakította volna át a kéket hosszabb hullámhosszú pirossá.

LED-piaci helyzetkép

A LED-ek igen nagy lépésekben fejlődnek: 4-6 havonta új termékgenerációk jelennek meg. Azt azonban nehéz eldönteni, hogy melyik közülük a „talmi” és melyik jelenti az igazi áttörést. Ehhez sokkal meg-

bízhatóbb gyártói adatszolgáltatásra és több alkalmazási tapasztalatra lenne szükség. Az elsőhöz hiányoznak a LED-ek (főleg lámpatestek) megbízható értékeléséhez és összehasonlításához elengedhetetlen egységes, szabványosított mérési eljárások. A tapasztalatgyűjtéshez pedig sokkal több időre lenne szükség.

Az informálódás elősegítésére a következőkben a bevezetőben említett konferencia írásban megjelentetett anyaga alapján röviden összefoglaljuk a LED-eknek az általános világítás szempontjából fontos előnyeit – utalva a „versenytárs” fényforrásokra és azokra az alkalmazási területekre, ahol a fehér fényű LED-es lámpatestek máris biztonsággal ajánlhatók a belsőépítészek, világítástervezők számára.

A LED-ek és „versenytársaik” legfrissebb fényhasznosítási adatai

Fényforrás	Tipikus fényhasznosítás lm/W-ban
Normál izzólámpa	10-18
Halogénlámpa	15-20
Kompakt fénycső (előtéttel együtt)	35-60
Lineáris fénycső (előtéttel együtt)	50-100
Fémhalogénlámpa (előtéttel együtt)	50-90
Hideg fehér (5000K színhőmérsékletű)	
LED (meghajtóval együtt)	47-64*
Meleg fehér (3300K színhőmérsékletű)	25
LED (meghajtóval együtt)	25-44*
Fehér OLED (laboratóriumi termék)	50,7**
*2007 októberi adatok (U.S. Department of Energy, Final Report, 2008. ápr., www.netl.doe.gov)	
** 2008. júniusi adat (www.olla-project.org)	

LED-előnyök

Szabályozható fény – Fényáramuk 0-tól 100%-ig folyamatosan szabályozható, s ennek csak igen kis hatása van a fény színére vagy az élettartamra. Az izzólámpák fényerőssége tetszőlegesen szabályozható, a kompakt fénycsövek közül azonban csak a fény szabályozós előtéttel egybeépített típusoké, ráadásul általában csak a teljes fényáram kb. 30%-áig. A fény- és szín szabályozás és a jelenlét- és fényérzékelők beépítése további lehetőségeket kínál a LED-ek számára, növelve az energiahatékonyságot és a komfortot.

Írányítható fény – A fénycsövek és az izzólámpák minden irányban bocsátanak ki fényt. Ennek nagy része (akár 40-50%-a!) azonban elvész a lámpatest belsejében, ill. nem kívánt irányba szökik ki onnan. A LED-ek adott irányban sugározzák ki a fényt, ezzel lecsökkentik a mindenképpen fénycsökkenést okozó reflektorok és diffúzorok iránti igényt.

Kis méretek – Nagyobb tervezői szabadságot engednek a lámpatestkonstruktőrök számára. A lámpatestekbe több fénypontból álló fényforrás is szerelhető, ami jobban megvilágíthatja a sokoldalú felületeket (pl. fokozza az ékszerek csillogását), de többszörös árnyékot is képezhet a közeli tárgyakon és hőelvezetési problémákat is generálhat. Mindenesetre bútorvilágításhoz pl. a LED-ek kiválóan alkalmazhatók.

Robosztusság – Igen tartósak. Nincs bennük izzószál, ami megsérülhetne az ütések vagy rázkódások hatására, ezért különösen alkalmasak olyan helyeken, ahol nagy az esély a lámpatörésre, például sportlétesítményekben, vagy ahol valószínű a vandalizmus, vagy a törött lámpák veszélyt okozhatnak, pl. gyerekszobákban, mozgássérültek létesítményeiben vagy az ételmisszeriparban.

Működés alacsony hőmérsékleten – A LED-ek teljesítőképessége növekszik az üzemi hőmérséklet csökkenésével, emiatt igen alkalmasak hűtő- vagy fagyasztóládákhoz, alacsony hőmérsékletű raktárak vagy külső terek világításához. Ezzel szemben pl. a fénycsöveknek alacsonyabb hőmérsékleten nagyobb feszültségre van szükségük a begyűjtáshoz és fényáramuk is csökken. A nem amalgámos kompakt fénycsövek fényárama pl. 0°C-on akár 50%-ára csökkenhet. Az amalgám bevezetése főként ennek a problémának a megoldását célozta.

UV-mentes fény – A LED-ek lényegében egyáltalán nem bocsátanak ki ultraibolya sugárzást és fényük infravörös komponense is kicsi. A termelt hőt nem sugározzák ki a fényel, hanem az visszamarad a fényt

előállító ponton (ennek megfelelő elvezetéséről persze gondoskodni kell!). Ezért a LED-eket előnyösen lehet alkalmazni romló és hőre érzékeny áruk, ill. fényük UV-mentessége okán műtárgyak és a sugárzó hő által esetleg károsodó anyagok megvilágítására.

Kisebb környezeti terhelés – A hosszabb élettartam kevesebb lámpacserét, kevesebb erőforrást igényel. Nem használnak higanyt és kevesebb a fényporszükségletük is, mint a kompaktfénycsöves megfelelőiké, és gyártásukhoz is kevés energia szükséges. E tények és a nagyobb energiahatékonyság következtében a LED-ek jó választásnak bizonyulnak a környezeti hatások csökkentése tekintetében.