

során elvész, a kibocsátott fény kisebb energiájú, és nagyobb hullámhosszú lesz, mint a gerjesztő fény. A folyamatot frekvencia-konverzióknak, vagy hullámhossz-konverzióknak is nevezik. A fénygerjesztés megszüntével a fluoreszcencia is megszűnik. A jelenséget a 2. ábra magyarázza.

Ennek nagy jelentősége van a fehér fényű LED-eknél, ahol egy primerként kéken vagy UV-tartományban sugárzó LED-et akár a közvetlen közelében elhelyezett, azt körülvevő fénypor, akár a távolabb elhelyezett, réteg formájában, felületre felvitt szekunder sugárzó anyag sárga (tehát nagyobb hullámhosszúságú) fluoreszcencia fényt bocsát ki, a két fény eredője fehér.

A 2. ábrán látható, hogy a primer sugárzó (kék LED)  $E_{abs}$  energiája gerjeszti a szekunder sugárzót, amely  $E_{em}$  nagyságú energiát ad le a sárga hullámtartományban. A hullámtartomány eltolódása miatt (Stokes tétele) az energia egy része az atomok rezgését végzi, ami hőveszteséget okoz, a látható spektrumban nem gerjeszt hullámot.

A veszteségi energia fordítottan arányos a hullámhossz-eltolódással a következő összefüggés szerint:

$$E_{veszt} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{abs} - \lambda_{em}}$$

ahol  $\lambda_{abs}$  az abszorbeált fény hullámhosszát jelenti,  $\lambda_{em}$  pedig az emittáltét.

Ebből látható, hogy a veszteség annál kisebb, minél nagyobb a hullámhossz-eltolódás, tehát jobb eredményt lehet elérni ultraibolya tartományban sugárzó primer fényforrással, mint kék LED-nél. A szekundersugárzás nem feltétlenül csak egyetlen anyaggal játszódhat le. Egyes anyagok (az ún. anti-Stokes fényporok) több foton energiáját abszorbeálják, és egyetlen fotonként sugározzák ki. A fordítottja is előfordul azonban, hogy egyetlen nagy energiájú foton (pl. UV-C sugárzásból) több kisebb energiájú foton gerjeszt, akár lépcsőzetes módon is (foton-kaszád), pl. a zöld és vörös hullámtartományban. A kutatások folytak; egy-egy nagyobb fényhasznosítású LED piaci megjelenése mögött újabb, nagyobb kvantumhatásfokú fénypor alkalmazása állhat. Helyesen megválasztott anyagoknál az energiaveszteség 10% alatt tartható, de még mindig érdemes alkalmazni, hiszen az elsődleges sugárzóval csak R-G-B színkeveréssel lehet fehér fényhez jutni. Nem véletlen tehát, hogy a világítási célokra gyártott fehér LED-ek inkább a szekundersugárzás elvét használják.

(Folytatjuk)

Lambert Miklós

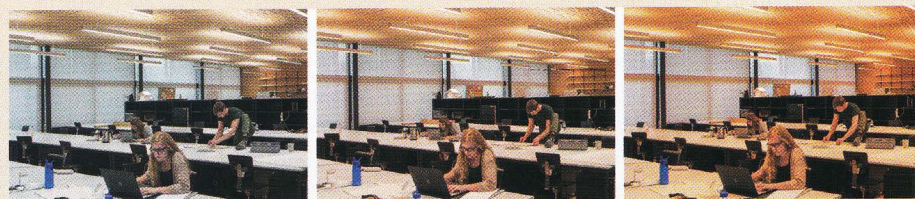
## „Állítható fehér” fények a Luzerni Egyetemen

Számos oka volt annak, hogy a Luzerni Műszaki és Építészeti Egyetem az elsők között alkalmazta az új világítástechnológiát, amellyel a LED-es lámpatestek fényárama és színhőmérséklete – a Tridonic LED-moduljainak és a hozzájuk tartozó vezérlési technológiának köszönhetően – folyamatosan változtatható. Emellett előre beprogramozott színhőmérséklet-görbék is választhatók.

Nyolc évvel ezelőtt a Luzerni Egyetem Műszaki és Építészeti fakultása elindított egy belsőépítészeti kurzust, és kifejezetten erre a célra létrehozott egy új stúdióépületet. A lámpatestek által szolgáltatott megvilágítás azonban túl kevés volt a stúdióban folyó igényes munkához. A korszerűsítéshez érthető módon modern, LED-es lámpatestekre esett a választás.

Hetven „munkaállomással”, nagy bemutatóteremével és lenyűgöző anyaggyűjteményével a Belsőépítészeti Stúdió ideális lehetőséget teremt a projektmunkához, a modellkészítéshez és az előadásokhoz. A fény színe és erőssége bármikor egyénileg állítható, vagy fokozatosan és automatikusan változtatható, a nap során előre beprogramozott – gombnyomásra aktiválható – sorrendnek megfelelően.

A meleg fehér (3000 K) és a hideg fehér (6000 K) között tetszőlegesen állítható fehér fényvel készült világítási rendszerek funkcióképességét a jövőben számos alkalmazási területen fel tudják használni. A hallgatók kézzelfogható tapasztalatot szerezhetnek azokról a hatásokról, amelyeket a fény különböző minőségi jellemzői kifejezhetnek a helyiséget használók számára.



A hideg, a semleges, ill. a meleg fehér fényvel megvilágított terem

A kezdő belsőépítészek számára a különböző fény-spektrumok vizuális hatásainak – a fény, a szín és a textúra közötti kölcsönhatásnak – ismerete nélkülözhetetlen dolog. A stúdió anyaggyűjteményéből származó minták és a hallgatók által készített modellek különböző fényviszonyok között vizsgálhatók. Ez a folyamat értékes módszer az ismeretek bővítésére és fontos didaktikai elem az egyetem alapképzési fázisában.

A stúdió megvilágításához a svájci Moos licht ag egyik lineáris függesztett lámpatestét választották, amelynek direkt fényét a térhatás erősítése érdekében indirekt fénykomponenssel is kiegészítették. A lámpatesteket Tridonic-gyártmányú, állítható fehér funkcióval rendelkező LLE LED-modulokkal szerelték fel. A 24x280 mm-es modulok típusától függően max. 3500 vagy 6000 lm leadására képesek, és előkalibrált készletként a megfelelő LED-meghajtóval együtt kaphatók. Ez utóbbi biztosítja a modulok közötti kitűnő, MacAdam 3-as színekonzisztenciát és a fény kiváló minőségét a színhőmérséklet-tartomány egészében.

A modulok színvisszaadási indexe  $Ra > 90$ , fényáramuk 3 és 100% között változtatható. A meghajtók kielégítik az IEEE 1789:2015 szabvány követelményeit, nem mutatnak zavaró villogási jelenségeket, és a készletekben pontosan definiált színpont valamennyi fényáram-beállítási szinten állandó marad.

Az állítható fehér alapja a meleg és a hideg fehér LED-ek fényének különböző arányú keverése. A fényáramok keverését és azt, hogy a kapott fényáram erőssége változtatható maradjon, digitális interfésszel ellátott, intelligens, DALI alapú LED-meghajtók segítik. Vezérlőparancsaikat ugyancsak Tridonic-gyártmányú connectDIM átjárótól kapják, amely biztosítja a DALI-hálózat és az internet (TC/IP) közötti kapcsolatot. Így a kapcsolási és vezérlési parancsok személyi számítógépek és mobil eszközök megfelelő applikációi segítségével továbbíthatók. Vannak applikációk a személyi számítógépekhez és táblagépekhez a világítási rendszer konfigurálására és a világítási jelenetek programozására is. Alternatívaként a connectDIM felhő-alapú web-interfészt is kínál.

A Belsőépítészeti Stúdió világítása hagyományos módon is működtethető – 2 db, négy-négy szabadon programozható bemenettel rendelkező DALI XC vezérlőmodul révén standard nyomógombok is rendelkezésre állnak. A rendszer bármikor bővíthető működtető és érzékelő eszközökkel, további világítási funkciók kiépítéséhez, a lámpatestekben ugyanis már eleve gondoskodtak számukra a helyről.

(Forrás: [www.tridonic.com](http://www.tridonic.com), Holux Hírek 185. sz.)

Világítástervezés: Björn Schrader és Anina Bigler – Lucerne School of Engineering & Architecture

Fotók: Thomas Mayer