

Tartalom

1 Rövid hírek

- iF Design-díjat kapott 2018-ban a Spectral DOME állólámpája
- Két Tridonic-meghajtó egy házban – direkt és indirekt fényű lámpatestekhez

2 Állásfoglalás a termékekre vonatkozó uniós harmonizációs jogszabályoknak való megfeleléssel és azok végrehajtásával kapcsolatos szabályokról és eljárásokról

3 Red Dot „legjobb a legjobbak között” díjjal és „dicséretben” részesült világítástechnikai termékek 2018-ban

4 Szilárdtest-világítás 2017, 6. (befejező) rész – OLED-technológia és -gyártás – OLED-alapú lámpatestek

iF Design-díjat kapott 2018-ban a Spectral DOME állólámpája

(Forrás: <https://www.ridi-group.com,> Press Release, 2018.06.03.)

A RIDI Leuchten GmbH idén világhírű elismerésnek számító iF Design-díjban részesült. A díjat a „Világítás” kategória „Termék” osztályában a RIDI Dome állólámpája kapta. Az iF Design díjat a világ legidősebb független tervezőintézete, a németországi Hannoverben székelő iF International Forum Design GmbH adományozza.

A Dome az intelligens világítást az innovatív megoldások új előnyeivel ötvözi.

Az új, trend-teremtő Dome lámpatest-családot a RIDI Spectral konstruálta a stuttgarti blocher partners építészirodával közösen.

A Dome konstrukciója a funkcionális formát, a zökkenőmentes átmeneteket és a tiszta éleket ötvözi egy matt lámpatestfej lágy formájában és egy tiszta, tükröző fénykibocsátó felület segítségével.

A LED-modulokat a lámpafej hátsó részén egy matt panel védi és gondoskodik egyben az indirekt fénykomponensről.



A megvilágítási szintet a besüllyesztett érintőpanel és/vagy opcionális érzékelők segítségével lehet beállítani. A vezérlő-panelbe egy USB-portot is beépítettek az okostelefonok vagy táblagépek kényelmes feltöltéséhez.

Az állólámpa háromféle változatban készül; a lámpafej mindegyiknél másképp

helyezkedik el – az adott munkahely követelményeinek megfelelően.

A Spectral Dome lámpacsaládját egy vagy két lámpafejjel szerelt függesztékek egészítik ki. A mindössze 35 mm-es házuk elegendő helyet biztosít valamennyi elektronikai komponens számára.



Két Tridonic-meghajtó egy házban – direkt és indirekt fényű lámpatestekhez

(Forrás: www.tridonic.com, Press Release, 2018. ápr. 19.)

A kétszternás, dimmelhető, állandó áramú DALI DT6 LED-meghajtó a biztonsági törpefeszültségű Premium SELV család legújabb tagja, és már DALI-2 tanúsítással is rendelkezik. Tipikusan lineáris és panel kialakítású lámpatestekben használható irodák és egészségügyi létesítmények direkt és indirekt megvilágítási feladataihoz. Egyszerű állítható fehér megoldásokra is van lehetőség.

Az LCA 50 W 350–1050 mA 2xCH 1p PRE LED meghajtó kimeneti teljesítménye 50W, és háza két csatornának ad helyet. A kimeneti áramok mindkét csatornánál egymástól függetlenül állíthatók be 350 és 1050 mA között I-Select 2 áthidaló dugaszokkal vagy DALI segítségével.

A beépített one4all interfész támogatja a következő funkciókat: DALI DT6, DSI,

switchDIM and corridorFUNCTION V2.

A meghajtó egy proportionSWITCH interfésszel is el van látva. Míg a csatlakoztatott lámpatestek előre beállított megvilágítási szintjei könnyen kiválaszthatók egy nyomógombbal a switchDIM-en keresztül, a proportionSWITCH segítségével az egyes csatornához különböző, előre beállított megvilágítási szintek érhetők el. A fény szabályozás ebben az esetben ellentétes hatású: ha a fényerősséget az egyik csatornában növeljük, akkor a másikban a csökkenni fog. Ez azt jelenti például, hogy különböző fényerősség-szinteket lehet beállítani a direkt és az indirekt komponensekhez a függesztékekben vagy az állólámpákban, vagy egyszerű állítható fehér alkalmazásokat lehet realizálni.

Nagy fényhasznosítás, kis készenléti veszteségek

A mindössze 350mm x 30mm x 21mm méretű meghajtó könnyen beépíthető meglévő és új lámpatestekbe. Hatásfoka eléri a max. 90%-ot, és széles (1-100%) dimmelési tartománnyal rendelkezik. Kis (mindössze 0,25W) veszteségi teljesít-

TRIDONIC



ményének köszönhetően a meghajtó lenyűgöző módon energiatakarékos. Alkalmas I. és II. érintésvédelmi osztályú lámpatestekhez és tartalékvilágítási üzemelésre is. 100 000 óras élettartam folytán rendkívül tartós. A gyártó a termékre 5-éves garanciát kínál.

2 Állásfoglalás a termékekre vonatkozó uniós harmonizációs jogszabályoknak való megfeleléssel és azok végrehajtásával kapcsolatos szabályokról és eljárásokról

(Forrás: www.lightingeurope.com, Press Release, 2018. júl. 16.)

A LightingEurope megerősített piacfelügyeletet igényel

A LightingEurope hangsúlyozottan üdvözi az Európai Bizottság kezdeményezését a piacfelügyelet megerősítésére, ami a nem megfelelő és veszélyes termékek elleni küzdelemre és így az egyenlő versenyfeltételek biztosítására vonatkozik az EU piacán minden gazdasági szereplő számára.

A LightingEurope tagjai egyre jobban aggodnának az EU piacán rendelkezésre álló nem megfelelő és nem biztonságos termékek száma és az uniós jogszabályok gyors érvényesítésére és a nem megfelelő beszállítók visszafogására rendelkezésre álló kis kapacitás miatt.

- A 2017-es RAPEX-jelentések 84%-a olyan fogyasztói világítástechnikai termékre vonatkoztak, amelyek áramütés vagy égés/tűz keletkezésének veszélyét hordozták magukban.
- Az EEPLiant 2014 projekt 134 lámpát vizsgált meg, és megállapította, hogy 76 lámpa, vagy azok csomagolása és/vagy dokumentációja nem felelt meg az energiateljesítőképességre vonatkozó uniós előírásnak és a CE megfelelési nyilatkozatnak.

- Az e-kereskedelem hatalmas fejlődése növelte az EU-ba bekerülő nem megfelelő termékek számát. Az online értékesítés különös problémákat vet fel a biztonság, a teljesítőképesség, az ÁFA és az elektromos és elektronikus berendezések hulladékkezelésével (WEEE) kapcsolatos követelményeknek való megfelelés nyomon követése és a nem megfelelő szállítók visszafogása tekintetében.

A világítástechnikai ipar támogatja a biztonságos és hatékony termékek biztosítását célzó intézkedéseket, és a vállalkozások és a fogyasztók egyaránt megérdemelnék egy működő piacfelügyeleti keretrendszer. A megfelelés jelentős költségekkel jár, és a minőségi és biztonságos termékek biztosítására törekvő jó hírű vállalatoknak nem szabad versenyhátrányba kerülniük: a nem megfelelés kezelésének a hiánya végső soron hatással van a munkahelyekre, a fogyasztók és a hatóságok költségeire.

A piacfelügyeleti hatékonysága nagy mértékben függ a piacfelügyeleti hatóságoktól és a szabályok rendszeres végrehajtásával és a nem megfelelés gyors kezelésével

kapcsolatos kapacitásától.

A jogalkotási felülvizsgálat célja e hatóságok szerepének megerősítése, nem pedig új terhekkel járó követelmények kidolgozása a gyártók számára – pl. adatbázis formájában.

Megjegyzések az Európai Bizottság és a Parlament javaslatával (Danti európai parlamenti képviselő jelentéstervezetével) kapcsolatosan

Egyetértési és partnerségi megállapodásokkal kapcsolatos memorandumok

Különösen nagyra értékeljük a Bizottság által a 8. cikk szerinti lehetőséget, amely lehetővé tenné az ipar számára, hogy a közigazgatási szervekkel megossza a híreket és a teszteseteket.

A LightingEurope már több olyan projektbe is bekapcsolódott, amelyek a világítástechnikai termékek köré szerveződő piacfelügyeleti tevékenységeket támogatják – együttműködve a ProSafe-szel és futtatva egy programot a lámpák piacfelügyeletével kapcsolatosan. A lámpák piacfelügyeletével kapcsolatos programunk során szerzett tapasztalatunk az volt, hogy ez egy nagyon szükségesnek látszó gyakorlat, még akkor is, ha a vállalatoknak viselniük kell a végrehajtás költségeit, ugyanakkor a program finanszírozásának hatósági nyomon követése az eljárási vagy erőforráskorlátozások miatt korlátozott volt.

Úgy véljük, hogy az ipari szövetségek és vállalatok számára a piacfelügyeleti hatóságokkal való meglévő kapcsolatok elmélyítésének a lehetősége egy speciális egyetértési nyilatkozattal hatékony módon hozzá fog járulni ahhoz, hogy harcoljunk a nem biztonságos és hamisított termékeknek az EU piacán való megjelenése ellen.

Új megfelelési adatbázis

Nicola Danti európai parlamenti képviselő mint az e témával foglalkozó parlamenti előadó egy olyan online „megfelelési adatbázist” javasol, amely tartalmazza a megfelelésért felelős személy adatait és a gyártók EU megfelelési nyilatkozatát (5. törlés) (34. módosítás). Ezt az adatbázist a gyártók és más gazdasági szereplők töltik fel, és szabadon hozzáférhető lesz a piacfelügyeleti hatóságok és a nagyközönség számára az EU-ban. Bár nagyra értékeljük az előadónak a piac-



felügyelet átláthatóságának javítása érdekében tett erőfeszítéseit, ez a javaslat magában hordozza annak a kockázatát is, hogy növelni kellene a vállalatoknak a megfelelés elérésével kapcsolatos költségeit, ugyanakkor nagyon kevés hozzáadott értéket teremt a piacfelügyeleti tevékenységek és a fogyasztók számára.

A világítástechnikai termékgyártók katalógusainak átlag egyharmada évente megújul. Úgy becsüljük, hogy egy ilyen piacfelügyeleti adatbázisban. évente több mint egymillió típust (lámpákat és lámpatesteket) kell nyilvántartásba venni és karbantartani (Ha a piacra kerülő vevőigény szerint készült (kis eltérésekkel, például más színnel rendelkező) világítástechnikai termékeket és a termékek élettartama alatt a szabványok módosítása, a biztonság, az elektromágneses megfelelés, a teljesítőképesség, a termékfejlesztés és a technológia tökéletesítése következtében szükségessé váló változtatások számát is figyelembe vesszük, akkor a világítástechnikai termékekhez „tárolt” file-ok száma még nagyobb lehet.) Ez olyan átláthatatlan adatmennyiséget fog eredményezni, amelynek kezelése rendkívül nagy kihívást jelent a piacfelügyeleti hatóságok és a fogyasztók számára. Sőt, ugyanarra a termékre több dokumentum is feltöltésre kerülhet. (Az egyiket a gyártó, a másikat a vámszervek, egy harmadik, a szabványmódosítások miatt aktualizált változatot a gyártó stb.) Ez további bizonytalanságot és bonyodalmakat jelent a piacfelügyeleti hatóságok számára az adatbázis segítségével végzett ellenőrzési tevékenységük során.

Az arányosság szükségessége továbbra is kulcsfontosságú, ezért felszólítjuk a politikai döntéshozókat, hogy utasítsák el az újabb adatbázis bevezetését, mivel ez súlyos terhet jelent a gazdasági szereplők és különösen a kkv-k számára.

Az e-kereskedelem piacfelügyelete

Mint említettük, támogatjuk az előadó azon javaslatát, hogy minden tagállam hatékony piacfelügyeleti tevékenységet szervezzon meg és biztosítson megfelelő számú ellenőrt az online értékesítésre szánt termékek területén a nemzeti piacfelügyeleti hatóságokon belül (61. módosítás). Úgy véljük, hogy ez pozitív fejlemény, és nagyra értékeljük a folyamatosan növekvő piacok piacfelügyeletének fokozására irányuló erőfeszítéseket, különösen a világítási ágazatban.

3 Red Dot „legjobb a legjobbak között” díjjal és „dicséretben” részesült világítástechnikai termékek 2018-ban

(Forrás: <https://www.red-dot.org>, 2018. júl. 10.)

A Red Dot Award a világ egyik legnagyobb formatervezési versenye. 1955-ben egy zsűri először gyűlt össze, hogy értékelje a legjobb terveket. Az 1990-es években Dr. Peter Zec professzor, a Red Dot elnök-vezérigazgatója dolgozta ki a díj nevét és márkáját. Azóta a sokak által áhított "Red Dot" megkülönböztetés a kiemelkedő formatervezői minőség elismert nemzetközi pecsétje.

Idén 59 országból a tervezők és gyártók több mint 6300 terméket neveztek be a megmérettetésre. Közülük 45 részesült dicséretben, 1684 pedig megkapta a megkülönböztető „Red Dot” címet. A nemzetközi Red Dot zsűri a benevezett termékeknek mindössze 1,1%-t – összesen 69 innovációt – tartott érdemesnek a verseny legmagasabb – „legjobb a legjobbak között” – elismerés odaítélésére.

A 2018. évi „legjobb a legjobbak között” világítástechnikai Red Dot Díj nyertesei

Ghost Linear („lineáris szellem”) – kültéri világítás

Gyártó: Simes, Corte Franca (Brescia), Olaszország
Tervező: Marc Sadler, Milánó, Olaszország

Az „előnyös” fény

A Le Corbusier innovatív épületei azt is bizonyítják, hogy a fény és az építészeti tökéletes szimbiózist eredményezhet. „Egy ház csak akkor lakható, ha tele van fénnel és levegővel” – állapította meg az 1920-as években, fontos építészeti elvet fektetve le ezzel. A világítás tervezése azóta a kortárs építészet központi elemévé vált, különösen a kültérek tekintetében.

A Ghost Linear kialakítása a kültéri világítás alapvető újragondolásának az eredménye, ezáltal innovatív módon újra-definiálva az architektúrához való viszonyát. Ez az érdekes kültéri világítási koncepció inkább a „kivonás”, nem pedig a megszokott „hozzáadás” alapelveire épül. Az épületszerkezetbe nem szereltek be látható lámpatestet, ehelyett az épület egy fénnel megtöltött „ürt” tartalmaz. Az volt a cél, hogy úgy tűnjön, mintha a fény közvetlenül magából az épületből, a beton-szerkezetből származna. A Ghost így egyfajta jelzésként, fényes foltként jelenik meg, amely hol látható, hol eltűnik, követve az architektúra sajátos ritmusát.

A Ghost egy olyan elsődleges, a téglához

hasonló architekturális elem, amely majd-hogy bármibe beépíthető, az egyszerű falaktól kezdve egy egész katedrálisig – így a tervezők képességén és kreativitásán múlik az, hogy mennyire tudják kihasználni ezeket a világító elemeket arra, hogy kiemelkedő architektúrákat hozzanak létre.

A zsűri megállapítása: Ez az innovatív kültéri világító elem számos lehetőséget kínál a fénynek az architektúrába való integrálására. Hatása olyan, mintha a fény közvetlenül magából az épület szerkezetéből lépne ki, ezzel az architektúra részeként egy fénnel teli üreget hozva létre. Az itt megvalósított koncepció a fényt egy olyan folyamat részeként értelmezi, amely követi az architekturális ritmust, izgalmas módon hágva át a meglévő elveket, új utakat törve a világítási alkalmazás terén.

ALEDIN – asztali lámpa

Gyártó: Kartell, Noviglio, Milánó, Olaszország
Tervező: Alberto e Francesco Meda, Milánó, Olaszország

A fény bűvölete

Formát adni a fénynek – ez egy olyan kihívás, amely mindig izgatta és inspirálta a tervezőket. A formatervezés spektruma a dekoratív szecessziós világítástól a fejlett LED-technológia kínálta izgalmas, új lehetőségekig terjed.

Az Aledin lámpa különleges hatásával bü-



völ el, amely az anyagok megválasztásán alapul. Két csuklós karja átlátszó polikarbonátból készül, míg a belső szerkezetet két, vezetőképeségi funkcióval rendelkező alumínium rúd alkotja. Ez a formai kialakítás igen vonzó, rendkívül kifinomult hatást kelt. A biztonsági törpefeszültségről működő Aledin kitűnő, 600 lm nagyságú fényáramot biztosít, ennek ellenére a legújabb generációjú 5,6W-os LED-lámpájának köszönhetően jelentős energiamegtakarításra képes.

Az Aledin kétféle – Tec és Dec – változatban készül, mindkettőnek saját, egyedi diffúzora és funkciói vannak. Az Aledin Tec változat lapos fejjel készül, amely direkt komponensű fényáramot bocsát ki. A fényáram magának a diffúzornak a mozgásával állítható is.



reddot award 2018
best of the best



reddot award 2018
honourable mention

E jellemzők folytán a Tec főként irodai célra alkalmas. Az *Aledin Dec* típust viszont a kúp alakú diffúzorának fazettált dekorációja jellemzi. Ennek a típusnak a fénynyalábja ezért szélesebb, így jobban megvilágítja a környezetet is, azaz lakás-világítási célokra is alkalmas.

A zsűri megállapítása: Az *Aledin* lenyűgöző módon valósítja meg az átlátszó lámpa koncepcióját, feltárva a belsejét a szemlélő előtt. Fejlett, kifinomult technológiát ötvöz egyfajta, izgalmas formai kialakítással. A Tec és Dec változatban készülő lámpának nagy fénye van, ezért irodákban és lakásokban is használható. Diffúzorainak formai kialakítása tökéletesen alkalmazkodik az adott felhasználási területhez.

LOOP – falilámpa

Gyártó: Fluvia, Madrid, Spanyolország

Tervező: Estudi Antoni Arola, Barcelona, Spanyolország



A forma és a funkció essenciája

Az OLED-technológia szerves anyagok elektrolumineszcenciáján alapul és összetett rétegekből áll. Két, elektródaként szolgáló vezető réteg közé beépített fényporréteggel rendelkező félvezetőként viselkedik. Az egyik elektróda átlátszó, míg a másik visszaveri a fényt. Kivételes tulajdonságai folytán a szerves fényemittáló diódák igen sokféle alkalmazási területen használhatók.

A *Loop* számára ezt a technológiát izgalmas módon innovatív lámpatest-konstrukcióként használták fel, amely vonzó formai megjelenést kölcsönöz a lámpatestnek. Tiszta, geometriai formái szinte bármilyen helyiségben alkalmazható, különleges báját kölcsönöz, fénylő objektummá varázsolja. A lámpatest úttörő abban a tekintetben is, hogy az OLED-technológia előnyeit igen funkcióképes világítás elérésére használja fel. A lámpatest által előállított finom fénylő „lap” 360°-ban elforgatható a környezet megvilágításához, megkapó „hurok-hatásokat” hozva létre a helyiségben. A *Loop* különállóan olvasólámpa vagy

kiegészítő fényforrás céljaira használható. A falra csoportosan felszerelve többféle kombinációt és elrendezést tesz lehetővé, amivel vonzó környezetek alakíthatók ki. A lámpatest jól átgondolt koncepciója egyedileg választható felületi kikészítést és színezést tesz lehetővé, így a lámpa bármilyen térben használható.

A zsűri megállapítása: A *Loop* lámpatest lenyűgöző „ösrinek” tűnő vonalaival, rabul ejtő geometriai megjelenésével. Figyelemre méltó a technológiai koncepcióval kiemelt hangsúlyos minimalizmusa is. A lámpatest igen sokoldalú felhasználást tesz lehetővé, és jól átgondolt funkció szempontjából is. A diszkrét módon történt formai visszalépéssel sokféle beltéri világítási szcenárió kialakításához alkalmas.

A 2018-ban Red Dot „dicséretben” részesült világítástechnikai termékek

***AlDecimo* fali lámpa**

Gyártó: Panzeri Carlo S.r.l., Biassono, Olaszország

Tervező: Carmen Ferrara, Milánó, Olaszország



Az *AlDecimo* különösen nagy falak megvilágítására alkalmas. A nyomásra működő szerkezettel ellátott lámpa enyhe nyomással kiugrik a falfelületről. Zárt állapotban a fény csak a négyzet körvonalait rajzolja ki, nyitott állapotban azonban a fénysugár a falra vetődik. Ha a lámpa zárt állapotban van, a fény erősségét egy dimmer a teljes fényerősség 20%-ára automatikusan lecsökkenti. A lámpa felületi kikészítése fehér, de kívánságra át is festhető vagy tapétával burkolható.

A zsűri megállapítása: Ennek az integrált fali lámpának a meggyőző konstrukciója lehetővé teszi a falak hatékony, indirekt megvilágítását.

***caos contract* világítási rendszer**

Gyártó: Sforzin Illuminazione, Paderno Dugnano (Milánó), Olaszország

Tervező: Studio O.I.L., Milánó, Olaszország

A *caos*-t kifejezetten nagy terek egyetlen világítási rendszerrel történő megvilágítására tervezték. Különleges alakja erős,



egyedi benyomást keltő installációk megvalósítását teszi lehetővé. A hálózati kábelek – ahelyett, hogy gondosan elrejtették volna – vizuális főszereplővé válnak a komponensek között. Így lineáris kompozíciókat, függőleges vonalakat, bonyolult „szövedékeket” vagy tömör rácsozatokat lehet kialakítani.

A zsűri megállapítása: E világítási rendszer sokoldalúsága vonzó, esztétikus elrendezések kialakítását teszi lehetővé.

***Nosto* függeszték**

Gyártó: Lasifaasi Glass, Helsinki, Finnország

Házon belüli tervező: Laura Aalto-Setälä



Ezt a függesztett lámpatestet a folyékony üveg kiemelése ihlette, amely hasonlít ahhoz, amikor egy csónakot emelnek ki a vízből – finnül *nosto*-nak nevezett – szerkezettel. Egy üvegbúrából, lámpából, alumínium vitorlakabokból és egy kilenc méter hosszú vitorlakötélből áll. A függeszték magasságát a helyiségben a kötélszámok nélküli beállításával lehet változtatni. A lámpa szabadon mozoghat az üvegbúrában, állandó rögzítést nem igényel.

A zsűri megállapítása: Ez a függesztett lámpatest jellegzetes általános megjelenését egy érdekes tervezési koncepció szigorú, következetes megvalósításának köszönheti.

4 Szilárdtest-világítás 2017, 6. (befejező) rész

(Forrás: www.doe – DOE SSL Program, “2017 Suggested Research Topics Supplement: Technology and Market Context,” edited by James Brodrick, Ph.D., 2017. szeptember)

5.2 OLED-alapú lámpatestek

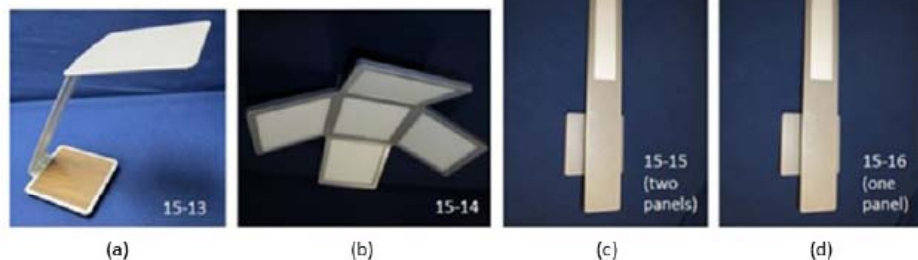
Egy OLED-panel lámpatestté történő alakításához a panelt elektromos csatlakozásokkal és meghajtókkal kell kiegészíteni a panelra jutó áram vezérléséhez, mechanikai házba kell szerelni a törékeny panel védelme érdekében és hőelvezetésről kell gondoskodni (habár a nagyobb felület következtében könnyebb a hűtés, mint LED-es lámpatestek esetében. Ha a Lambert-fényeloszlás elegendő az alkalmazáshoz, külső optikákra nincs szükség, a fénynyaláb formálása azonban kihívást jelent a jövő számára.

5.2.1 Az OLED-alapú lámpatestek hatásfoka

Számos OLED-alapú lámpatestet úgy alakítottak ki, hogy csupán a meghajtóban keletkezzen járulékos hatásfok-vesztés, ami 15% körüli hatásfok-csökkenéshez vezet. Nem alkalmaznak külső optikákat, így a fényeloszlás közel olyan, mint a Lambert-sugárzóké. Habár a LED-es lámpatestekhez hasonlóan az OLED-gyártók is dönthetnek úgy, hogy paneljeiket olyan körülmények között működtetik, amelyek eltérnek a panelgyártók specifikációs adataitól. A jelen fejezet, kereskedelmi forgalomban kapható OLED-alapú lámpatestek példáit mutatja be az OLED-meghajtók teljesítőképességét és a fényáramot is feltüntetve.

A DOE CALiPER és Gateway programjaiban tesztelték néhány Acuity-gyártmányú lámpatestet. Az Aurora Lighting Design egyik irodájába felszerelt Trilia™ mennyezeti lámpatestről készült Gateway-tanulmányban 120 db LG-gyártmányú, 100mm x 100mm-es panelt közel a panelenkénti 75 lm-es javasolt fényáram elérésére hajtottak meg 11 db olyan Osram-meghajtóval, amelyeket eredetileg szervetlen LED-ekhez konstruáltak. 189 W fogyasztással 8518 lm teljes fényáramot sikerült elérni, azaz 45 lm/W fényhasznosítás adódott a névleges 55 lm/W panel-fényhasznosításhoz képest, ami 82%-os lámpatest-hatásfokot jelent [121].

A 2016-os CALiPER-tanulmányban tesztelt négy lámpatest az 5.9 ábrán látható. A Chalina öt ugyanolyan LG-panelt használ, fényárama 330 lm, fogyasztása 7,4 W, így a lámpatest fényhasznosítása 45 lm/W. A kiértékelést végzők szerint a meghajtó hatásfoka közel 87% volt. Az ugyanebben a tanulmányban tesztelt Aedan falilámpa két változatban állt rendelkezésre. Az egypaneles típus 65 lm fényáramot állított elő



5.9 ábra – A DOE szilárdtest-világítási programjának CALiPER-jelentésében tesztelt OLED-ek: (a) Aerelight asztali lámpa az OTI Lumionics-től; (b) az Acuity Brands Chalina függesztéke; (c) az Acuity Brands kétpaneles Aedan falilámpája; (d) az Acuity Brands egypaneles Aedan falilámpája (Forrás: PNNL: „CALiPER Report 24: Photometric Testing, laboratory Teardowns, and Accelerated Lifetime Testing of OLED Luminaires”, 2016. szept. [123])



5.10 ábra – A Visa Lighting Limit és Petal elnevezésű lámpatestei (Forrás: Visa Lighting adatlapja [145])

2,8 W felvétele mellett (azaz 23 lm/W volt a fényhasznosítása), míg a kétpaneles modell 130 lm fényáramot állított elő 4,3 W felhasználásával, azaz 30 lm/W fényhasznosítást ért el. A meghajtók hatásfokát 47, illetve 58%-ra becsülték, ami azt igazolja, hogy a meghajtók veszteségeinek a jelentősége nő a teljesítmény csökkenésével. Az ebben a CALiPER-jelentésben tesztelt utolsó lámpatest az OTI Lumionics cég Aerelite asztali lámpája volt, amely egyetlen – 9,6W mellett 270 lm fényáramot adó – panelt tartalmazott, azaz fényhasznosítása 28 lm/W volt. A meghajtó hatásfokát 77%-ra becsülték [123].

A Workrite Ergonomics cég „Natural” nevű asztali lámpája egy 320mm x 110mm-es LG Chem-panelt használ fel. Maximális fényárama 442 lm 13,8 W fogyasztása mellett, azaz fényhasznosítása 32 lm/W. 94-es színvisszaadási indexével, 5-éves garanciájával és 209 USD árával a lámpa jól összevethető a Workrite Astra 2 nevű ekvivalens LED-lámpájával. Az LG Display-től származó specifikációs adatlap azt javasolja, hogy ezt a panelt 4,8 W-tal

hajtsák meg 250 lm fényáram előállításához, ami 55 lm/W fényhasznosítást jelent. A lámpatestnek a nagyobb fényáramnál adódó 40%-os fényhasznosításcsökkenését részben a panel túlajtása, részben a meghajtó veszteségei okozzák. Az európai Emdedesign cég OMLED termékvalasztékának részeként kifejlesztett olyan függesztékeket, amelyek 2-5 db OLEDWorks-gyártmányú Brite 1 panelt használnak fel. A panelek max. 300 lm fényáramot állítanak elő 7,4 W fogyasztás esetén 102mm x 102mm-es világító felületen. A javasolt maximális érték 280 lm 12 W fogyasztás mellett a kétpaneles és 695 lm 28 W felvétele esetén az ötpaneles változat esetén. A panelek így csúcsteljesítményüknél kisebb értékkel vannak meghajtva – olyan szinten, amelynél a panel fényhasznosítása 45 lm/W körüli. A lámpatestek fényhasznosítása 23 lm/W a kétpaneles és 25 lm/W az ötpaneles változatnál, amiből az következik, hogy a meghajtó hatásfoka 55% körüli.

A Visa Lighting-nak az 5.10 ábrán bemutatott „Limit” és „Petal” függesztékei három ugyanilyen Brite 1 panel használnak fel. A Limit 850 lm fényáramot állít elő 27 W felvétele esetén, ami azt mutatja, hogy a panelek meghajtása közelebb van a legnagyobb teljesítményszintjeikhez. Mindenesetre a fényhasznosítás nagyobb, 32 lm/W, amiből az következik, hogy a lámpatest hatásfoka 75% közeli. A Petal fényárama csak 700 lm 27 W felvétele és így 26 lm/W fényhasznosítás mellett, aminek talán az az oka, hogy a fénynek egy része elnyelődik a lámpatestben annak háromdimenziós formája okán.

Az OLEDWorks és az Acuity Brands közösen dolgozott a DOE egyik szilárdtest-világítási projektjében az OLEDWorks legújabban kifejlesztett paneljein alapuló lámpatest-prototípusok kifejlesztése kap-

[145] Visa Lighting. „Products”, (<http://www.visalighting.com/products>)

csán. Az egyik „Trilia” lámpatestet 24 db prototípus-panellel építették meg, fényhasznosítása 72 lm/W körüli, fénnyárama 2240 lm, fogyasztása pedig 38 W, ami 59 lm/W lámpatest-fényhasznosításnak felel meg. Egyetlen külön felszerelt meghajtót használtak, és a lámpatest hatásfoka meghaladta a 80%-ot.

Lehetőség/kihívás: OLED-specifikus meghajtók

A váltakozófeszültség egyenirányítása és az egyenfeszültség vezérlése nem teszi lehetővé az egyes panelek fényerősségének külön-külön történő vezérlését, ami problémát okoz, ha egy panel meghibásodik. A DOE egy másik projektjében az Acuity Brands egy 66 panelből álló „Canvis” lámpatestet tesztelt, amelyben az AC-DC átalakítást egy mester meghajtó végezte, de mindegyik panelt elláttak egyenfeszültségű meghajtókkal a fényerősség egymástól független vezérlése érdekében. Az AC-DC átalakító hatásfoka 88% volt, az egyes DC meghajtóké pedig 72%, miután a paneleket kis (0,85W) teljesítménnyel táplálták. Noha a lámpatestet 86 lm/W fényhasznosítású prototípus LG-panelekkel építették fel, a 4870 lm teljes kimeneti fénnyáram csak 55 lm/W lámpatest-fényhasznosítást eredményezett [120]. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy ha egyedileg vezéreljük az egyes panelek fénnyáramát, további kutatómunkára van szükség ahhoz, hogy alacsony teljesítmények mellett meg lehessen növelni a meghajtók hatásfokát.

A lámpatestek konstrukciójának és a meghajtóknak a tökéletesítése segítheti a költségek csökkentését. Az 5.2 táblázatban közölt előrejelzések azt feltételezik, hogy az OLED-meghajtók hatásfoka a LED-meghajtókéval együtt fog javulni, de csak mintegy kétéves csúszással, mivel az OLED-specifikus meghajtók optimális működtetést igényelnek. A kereskedelemben kapható LED-meghajtók feszültsége nem feltétlenül egyezik meg az OLED-panelek vagy OLED-panelegyüttesek feszültségével, ami a rendszer-hatásfok csökkenéséhez vezet. Az OLEDWorks most speciális meghajtókat kínál paneltermékei kiegészítésül, hogy enyhítsen az installációs gondokon [146]. A DOE 2016-ban és 2017-ben rendezett szilárdtest-világítási K+F workshopjain külön hangsúlyozták az ilyen összetett OLED-modulok (light engine-ek) kifejlesztésének szükségességét. A félvezetőrétegek és a meghajtók ilyen együttes tervezése segíthetné leküzdeni az elektromos hatásfok-problémákat. A lámpatest-hatásfokban elért javulások mellett az OLED-alapú lámpatestek által

Paraméter	2016	2018	2020	2025	Cél
Panel-fényhasznosítás* (lm/W)	60	90	110	150	190
Lámpatest optikai hatásfoka	100%	100%	100%	90%**	90%**
Meghajtó hatásfoka	85%	85%	90%	90%	95%
A meghajtótól a lámpatestig mérhető hatásfok	85%	85%	90%	81%	86%
A lámpatest eredő fényhasznosítása* (lm/W)	51	76	99	122	162

5.2 táblázat – Az OLED-alapú lámpatestek hatásfok előrejelzései (Forrás: DOE SSL OLED Stakeholder Meeting, Corning, New York, 2016. okt. [147])

*Fényhasznosítás-előrejelzések CRI >90 és CCT 3000K feltételezése mellett

** Sugárnyaláb-formáló optika esetleges használatát reprezentáló veszteségek

nos használati hatékonyságát befolyásolhatja a fényeloszlás profilja is. Az OLED-ből széles szögben emittálódó fényt többféle módon lehet jó hatásfokkal felhasználni. A mennyezeti lámpatestek vagy a magasba szerelt függesztékek jó egyensúlyt teremtenek a függőleges és vízszintes felületek megvilágítása között, ami fontos az arcok és a fali díszítések felismerésében. Ha a fényhasznosítás 100 lm/W-ra vagy e fölé növekedhetne, az OLED-ek jó eséllyel kelthetnének versenyre a többi, általános világítási célú fényforrással. A helyi megvilágításoknál a munkafelülethez közel elhelyezett OLED-ek zavaró árnyékok és kápráztatás nélküli kiegészítő világításról gondoskodhatnak. Valószínűtlennek látszik, hogy ezt el lehetne érni a panelek belüli, ezért lámpatest-szinten külső optikai elemekre lehet szükség. Habár bizonyos fénysugár-formáló optikák költség-hatékonyak lehetnek a nagy fényű OLED-alapú lámpatestekben, a csupasz panel számos alkalmazáshoz elegendő marad, ami minimalizálja a járulékos költségeket, amikor a fényforrásról lámpatestre váltunk.

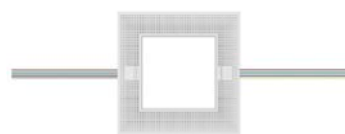
A hatásfok-fajta várható fejlődését egy tipikus lámpatest esetén az 5.2 táblázat mutatja. Az optikai hatásfok 2020 utáni előrejelzésében mutatkozó visszaesés a nagyobb irányított fényeloszlással összefüggő optikai veszteségekkel van kapcsolatban, míg 2020-ig külső sugárnyaláb-elosztást nem tételezünk fel.

5.2.2 Lámpatestek konstrukciója

Az OLED-ipar meghatározta az OLED-es világítás kulcsfontosságú megkülönböztető sajátosságait, amelyek alapján az OLED-ek vélhetően előnyt élveznek a világítási iparban. Ilyen a káprázscsökkenés, a környezethez való alkalmazhatóság, az átlátszóság és a könnyű, karcsú konstrukciók. A termékfejlesztés szempontjából kulcsfontosságú a megkülönböztető sajátságok beépítése. Várható, hogy a lámpatest-fejlesztés fel fog gyorsulni, amint a gyártók



5.11 ábra – Greenlight, tervező: Sadyr Khabukhayev (Forrás: Corning: „Világítás lámpabúra nélkül” c. verseny, 2016 [148])



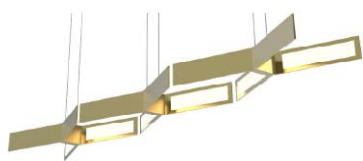
5.12 ábra – Felületbe épített foglalat, tervező: Matthew Boyko (Forrás: Corning: „Világítás lámpabúra nélkül” c. verseny, 2016 [148])

meggyeznek a közös panelméretekben és elektromos és mechanikai csatlakozási rendszerekben. A lámpatest-beépítés egyszerűsítéséhez – és általánosan a lámpatest termékfejlesztésének és alkalmazásának felgyorsításához – vezető másik út a panelgyártók számára a paneleket vagy panelcsoportokat megfelelő, hatékony meghajtó mechanizmussal ellátó összetett OLED-modulok (light engine-ek) kifejlesztése, amelyeket a lámpatestgyártók be tudnak építeni a lámpatestekbe. Az Acuity jelentős előrehaladást ért el olyan lámpatest-architektúrák kifejlesztésében, amelyek több gyártótól származó panelek beépítését is lehetővé teszik.

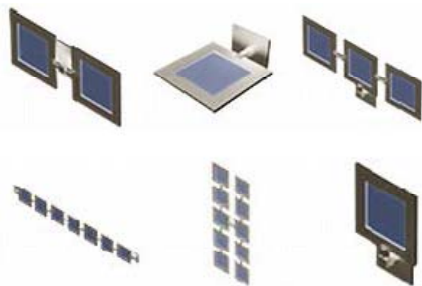
[146] OLEDWorks: „Lumiblade Compatible Drivers”, 2016. (<https://www.oledworks.com/products/lumiblade-compatible-drivers/>)

[147] DOE SSL Program: „DOE SSL OLED Stakeholder Meeting”, Corning, New York, 2016

[148] Corning: „OLED Lighting Design Contest Winners Announced,” 2016. szept. (<https://www.corning.com/worldwide/en/innovation/corning-emerging-innovations/oled-lighting-design-contest-winner-announcement.html>)



5.13 ábra – Hexy OLED-alapú lámpatest, tervező: Mike Garner (Forrás: Corning: „Világítás lámpabúra nélkül” c. verseny, 2016 [148])



5.14 ábra – Astel Versa beltéri OLED-lámpacsalád (Forrás: Astel Lighting [149])

Az OLED-panelek lapos formája lehetővé teszi, hogy azokat készülékekbe, bútorokba és architekturális részletekbe építsék be. 2016-ban a Corning Glass és az OLED Works szervezett egy OLED-es világítás-tervezési versenyt, amelyen három díjat ítéltek oda. Amint az 5.11 ábrán látható, az első díjat a kazahsztáni Izmir Institute of Technology „Greenlight” alkotása kapta, amely kiegészítő világításként OLED-panelet tartalmaz egy olyan lámpatestben, amely függeszték funkciója mellett dekorációs beltéri növénytartóként is funkcionál.

Néhány beépített panel esetén – például a szekrények alá szerelt világításoknál – van elég hely a hagyományos meghajtók és csatlakozók számára. Más paneleknél azonban külön ki kell találni azt, hogy hogyan helyezték el a szerelvényeket, meghajtókat, tápvezetéseket és a vezérlőeszközöket. A második díjat ezért nem véletlenül Matthew Boyko kapta, a Society Creative tervezőiroda munkatársa felületbe építhető foglalatáért (l. az 5.12 ábrán), amely elegánsabb falilámpák kialakítását tehetné lehetővé.

A harmadik díjat pedig Mike Garneré (MSG Lighting) kapta az 5.13 ábrán bemutatott Hexy OLED elnevezésű lámpatestéért. A lámpatest kellemes látványt nyújt, háromdimenziós szerkezetbe elrendezett sík panelekből áll. Számos lámpatestgyártó használja ezt a megközelítést – arra várva, hogy kereskedelmi forgalomba kerüljenek a kényelmes OLED-es világítópanelek és így számos új, háromdimenziós lámpatest-konstrukcióra nyílna lehetőség. Néhány gyártó modulfelepítést kínál – például az Acuity Brands Trilia és Canvis termékeivel és az Astel a Versa családjával



5.15 ábra – Olessence lámpatest, amely OLED- és LED-technológiát is alkalmaz (Forrás: Acuity Brands, 2016 [150])



5.16 ábra – Az Osram OLED-LED hibrid hátsó helyzetjelző lámpa autókhoz (Forrás: Osram: OLED-LED Hybrid Rear Combination Light, 2017 [151])

(l. az 5.13 ábrán). A lámpatestek opcióként sokféle felszerelési lehetőséget és egy olyan meghajtót kínálnak, amely DMX 512 digitális multiplex vezérlővel történő dimmelési lehetőséget támogat.

Felismerve, hogy a LED és az OLED fényforrások egymást kiegészítő előnyökkel rendelkeznek, több lámpatestgyártó olyan lámpatesteket fejlesztett ki, amelyek kombinálják a két technológiát. Az Acuity Brands 5.15 ábrán bemutatott lapos Olessence függesztéke a lefelé irányuló, Lambert-profilú direkt fénykomponens előállításához OLED-panelet használ. Az indirekt fénykomponens denevérszárny-fényeloszlást előállító, fröccsöntött anyagból készült optikai rendszerrel ellátott LED-fényforrások szolgáltatják a lámpatest tetejéről. A fény kilencven százalékát a LED-ek állítják elő, így a lámpatest teljes fényhasznosítása közel van a 100 lm/W-hoz. A lámpatest 1,2, 1,8 és 2,4 méteres hosszban készül, mindegyikük 2-2 db 200mm x 50mm-es OLED-panellel szerelve. A LED és az OLED fényforrások egyaránt 3000K, 3500K vagy 4000K színhőmérsékletűek, színvisszaadási indexük pedig nagyobb mint 80. A lámpatest a direkt és indirekt fénykomponensének egymástól független szabályozása érdekében kettős áramkörrel van ellátva. Sokféle vezérlő áll rendelkezésre, hogy fény- vagy mozgás-érzékelőket és hálózati csatlakozásokat lehessen beépíteni.

Az Osram is hibrid megoldást használ prototípus autójának hátsó lámpájához (5.16 ábra). OLED-eket a hátsó helyzet- és irányjelző lámpához, de a fékezés vagy a hátramenet jelzéséhez szükséges nagyobb fényerősséget LED-ek állítják elő.

5.2.3 OLED-meghajtók

Tekintettel a szilárdtest-világítás digitális természetének kiaknázására irányuló széles körű érdeklődésre, egyre nagyobb az igény olyan áramkörök és komponensek iránt, amelyek az OLED lámpatest paneljeihez betáplált áramot egymástól függetlenül képesek vezérelni. Ezeknek az áramköröknek a legtöbb esetben először a hálózati váltakozófeszültséget egyenfeszültséggé kell átalakítaniuk. Ezután a paneleket és a csatlakozásokat úgy kell konfigurálni, hogy szolgáltatni lehessen a szükséges egyenáramot a megfelelő feszültségen.

Noha a fókusz a korábbi jelentésekben az energiahatékonyságra helyeződött, számos egyéb olyan tényező is van, amely fontos a vezérlőrendszerek tervezésénél.

- **Teljesítménytényező:** Ez a névleges áramú és feszültségű termék által kiszámolható látszólagos teljesítmény és az előállításához ténylegesen felhasznált teljesítmény hányadosa. Nagyságát az áramkörben lévő induktív és ellenállás jellegű terhelések aránya határozza meg. A javasolt értékek 0,95-nál nagyobbak.

- **Teljes harmonikus torzítás (THD):** Ez a harmonikus üzemmódokban adódó teljesítmények összegének és a váltakozóáram alaphétfrekvenciájánál adódó teljesítménynek a hányadosa. A javasolt limit gyakran 20%, habár ennél szigorúbb értékeket is előírnak néha.

- **Elektromágneses zavarás:** Az Egyesült Államokban a limiteket a Szövetségi Kommunikációs Bizottság (FCC) állapítja meg.

- **Vezetékezés:** az előírásoknak – pl. az Underwriter's Laboratory előírásainak – kell megfelelnie.

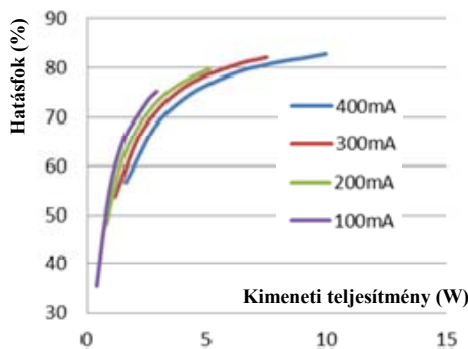
- **Villogás:** A fényerősség legtöbb rövid időszaksos változása nemkívánatos jelenség. Noha gyakran hivatkoznak egyszerű mérőszámokra, például „villogási százalékra” vagy „villogási indexre”, egyes kutatók szerint meg kellene vizsgálni az intenzitásváltozások frekvenciafüggését.

- **Fényerősség-változtatási (dimmelési) tartomány:** Zökkenőmentes dimmelést kell lehetővé tenni – lehetőleg a maximális fényerősség 1%-a alatti értékekig. A villogás és a teljes harmonikus torzítás gyakran erősödik alacsony dimmelési szinteken, és a fényhasznosítás is jelentősen csökkenhet.

[149] Astel Lighting: „VERSA Interior OLED Light”, (<http://www.astel-lighting.com/new-products/108-versa-interior-oled-light.html>)

[150] Acuity Brands: „OLED Lighting - Inspiration Through Concepts”, 2016. (<http://www.acuitybrands.com/oled/inspiration-through-concepts>)

[151] OSRAM: „OLED-LED Hybrid Rear Combination Light”, (<http://www.osram-oled.com/oled/en/applications/automotive/oled-led-hybrid-rcl/index.jsp>)



5.17 ábra – A Philips kisfeszültségű Lumiblade OLED-meghajtójának hatásfoka (Forrás: OLEDWorks, Philips Lumiblade adatlap, 2016. márc. [152])

• **Öregedés figyelembe vétele:** Az OLED-ek öregedésével a kompenzálatlan panelek fénye elhalványul, miközben a tápfeszültség növekszik. Az áramkörnek elegendő teret kell engednie a feszültség-növekedéshez, amely tovább is növekedhet, ha a vezérlők növelik az áramfelvételt a megkívánt fényerősség fenntartása érdekében.

• **A panelek egymástól független vezérlése:** A több panellel rendelkező lámpatesteknél a panelek egymástól független vezérelhetősége növelheti a funkcionalitást és kompenzálhatja az egyes panelek fényáramai közötti nemkívánatos eltéréseket.

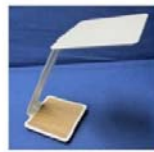
• **Hiba-válasz:** Az egyik panel meghibásodása szinte minden meghajtóáramkörnél megváltoztatja a lámpatestben lévő többi panelhez szállított áram nagyságát. Az OLED-ek legtöbb meghibásodása veszélyezteti a paneleket.

Egészen a közelmúltig a legtöbb OLED lámpatest olyan meghajtókat használt, amelyeket eredetileg szerves LED-ekhez terveztek. Ez nem megfelelő energiahatékonyságot eredményezhet, különösen egypaneleles vagy egyedi meghajtókkal szerelt többpaneleles lámpatestek esetén. Ez a probléma látható az 5.17 ábrán, amely a Lumiblade meghajtó teljesítményfüggését mutatja be [152].

A kis teljesítményszinten való működés hatása jól látható a 2016-os CALiPER tanulmány során végzett méréseknél. Az 5.18 ábra azt mutatja, hogy a teljesítménytényező, a teljes harmonikus torzítás és a hatásfok nem kielégítő azoknál a lámpatesteknél, amelyek csak egy vagy két panelt tartalmaznak (azaz az ID 15-13, 15-15 és 15-16 számú tesztekénél).

A kifejezetten OLED-ekre szabott meghajtók kifejlesztésének egyik akadálya, hogy a panelek elektromos jellemzői (5.3 táblázat) nincsenek szabványosítva. Emellett a panelek méretének, alakjának, vastagságának és bekötési elrendezésének szabványosítása segíthetne azoknak a lámpa-

CALiPER 15-13 (helyi világítás) CALiPER 15-14 (mennyezeti lámpa) CALiPER 15-15 (2-paneles lámpa) CALiPER 15-16 (1-paneles lámpa)

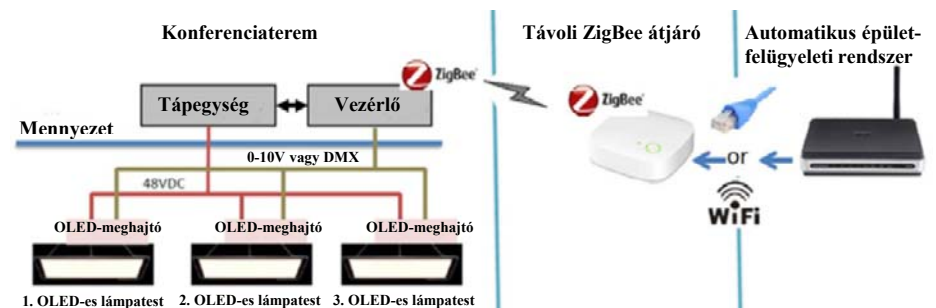


DOE CALiPER 10. test	Kezdeti fényáram (lm)	Teljes bemeneti teljesítmény (W)	Fényhasznosítás (lm/W)	Teljesítménytényező	CRI (Ra)	R9	Rf	Rg	Rf – 1. színárnyalat csoport	CCT (K)	Du,v	THD-I (%)
15-13	270	9.6	28	0.45	78	-6	78	95	74	2952	0.0010	188.1
15-14 mennyezeti	332	7.4	45	0.99	88	21	86	97	83	2946	0.0030	8.6
15-14 fali	329	7.4	45	0.99	88	20	86	97	83	2940	0.0030	8.6
15-15	130	4.3	30	0.42	88	21	87	97	83	2912	0.0020	189.1
15-16	65	2.8	23	0.40	88	21	87	97	83	2855	0.0030	192.2

5.18 ábra – Kolorimetria – Különböző OLED-termékek fotometriai és elektromos adatai (Forrás: „CALiPER Report 24: Photometric Testing, laboratory Teardowns, and Accelerated Lifetime Testing of OLED Luminaires”, 2016. szept. [123])

OLED-panelek	Működtető feszültség (V)	Működtető áram (V)
LG N6SA30	6	230
LG N6SA40	8.5	150
OLEDWorks Brite 2 FL300	20	260
OSRAM CDW-031	3.4	186
Kaneka KN-P4-BF-30	6.8	210
Lumittec P11B	9.2	590

5.3 táblázat – Kereskedelmi forgalomban lévő panelek működtető feszültsége és árama (Forrás: Jacky Qui, OTI Lumionics, DOE SSL R&D Workshop, Long Beach, Kalifornia, 2017. jan. [153])



5.19 ábra – Konferenciaterem világítási rendszerének vezérlőrendszer (Forrás: Mike Fusco, LED Specialists, DOE SSL OLED Stakeholder Meeting, Corning, New York, 2016. okt. [154])

testgyártóknak is, akik azzal a feladattal birkóznak, hogy különböző paneleket és meghajtókat szereljenek össze, s közben őrizték meg az egyszerű fényhasznosítást és a panelválaszték rugalmasságát a sokféle termékínálatnak megfelelően.

Az 5.19 ábrán egy olyan, többpaneleles rendszerekhez ajánlott vezérlőrendszer látható, amelyet LED-specialisták mutattak be a DOE 2016. évi SSL OLED Stakeholder tanácskozásán. A tápegység a 120 V-os váltakozófeszültséget 48 V-os egyenfeszültséggé alakítja át, amellyel maximum 14 db, egyenként max. 6,6 W teljesítményt felvevő OLED lámpatest táplálható 2 kábel és csatlakozó felhasználásával [154]. A 6,6 W egyetlen nagy panel vagy kisebb panelfűző táplálására használható. A vezérlőjeleket belül 1-10 V-os vagy DMX protokollokat használó különálló

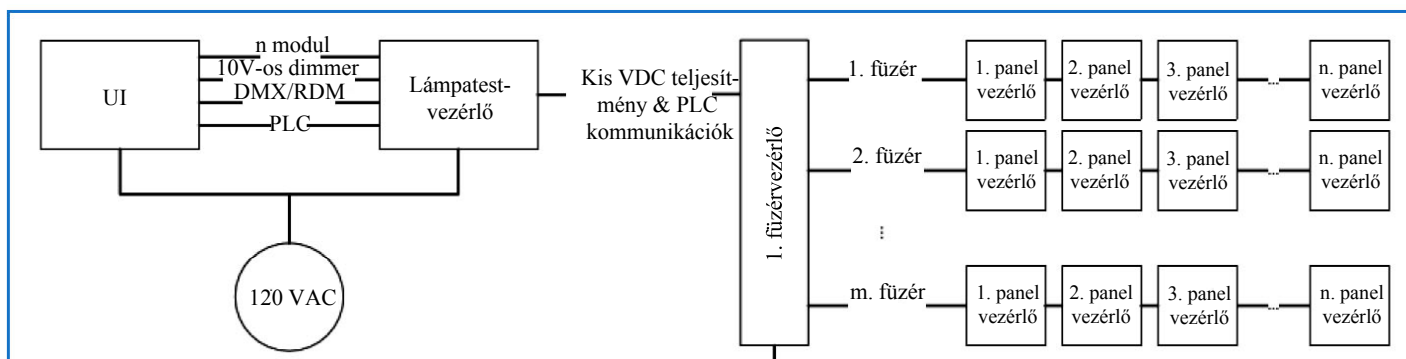
kábeleken lehet továbbítani, vagy külső linkekkel, Zigbee hálózat segítségével [154]. Alternatívaként a teljesítményt és a vezérlőjeleket kombinálni is lehet – esetleg teljesítményvezetékes kommunikáció (PLC) vagy PoE technológia segítségével [154].

Amint azt az 5.2.1 fejezetben megemlítettük, az Acuity Brands befejezte a DOE egyik szilárdtest-világítási K+F projektjét,

[152] OLEDWorks: „Philips Lumiblade OLED driver, low voltage”, 2016. márc. (<https://www.oledworks.com/wp-content/uploads/2016/03/Datasheet-Lumiblade-D024V-10W-0-1-0-4A-28V-D-A.pdf>)

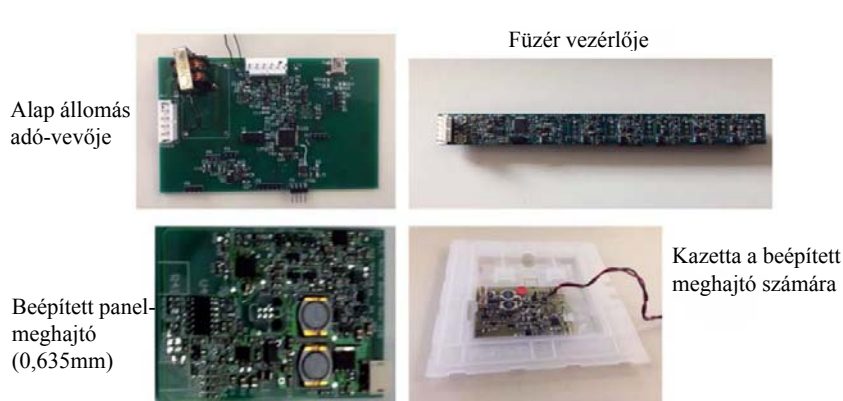
[153] J. Qiu: „OLED Luminaire Design, Challenges Remain”, DOE SSL R&D Workshop, Long Beach, Kalifornia, 2017

[154] M. Fusco: „Enabling Technologies to Bring OLEDs to Lighting Fixture Market”, DOE SSL OLED Stakeholder Meeting, Corning, New York, 2016



5.20 ábra – Egy OLED-alapú lámpatestben lévő egyedi panelek vezérlését ellátó rendszer felépítése (Forrás: Mike Lu, Acuity Brands Lighting, DOE SSL R&D Workshop, Long Beach, Kalifornia, 2017. febr. [120])

amely egy olyan rendszer építésére és tesztelésére vonatkozott, amely egy Canvis lámpatestben lévő 66 db panel egyedi vezérlését látja el. A három vezérlési szintű konfiguráció az 5.20 ábrán látható. A panelek hat fűzérben vannak elrendezve egy közbelső fűzér-vezérlő beiktatásával. A meghajtórendszer három komponense az 5.21 ábrán látható. A beépített meghajtók a panelek hátsó részén, egy olyan kazettában kaptak helyet, amely termikus szigetelést biztosít a meghajtó és az OLED-struktúra között.



5.2.4 Összetett OLED-modulok (light engine-ek)

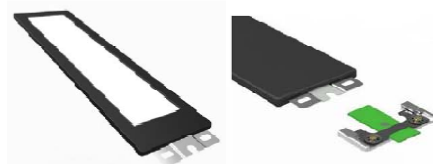
Az OLED-panelek vékony profilja nehézségeket okoz az elektromos csatlakozások szerelésében és alakításában. Ezenkívül a lámpatest-gyártók nem feltétlen akarnak befektetni olyan meghajtók keresésébe és beszerzésébe, amelyek illeszkednek a panelekhez. Ezért egyre nagyobb az érdeklődés olyan összetett modulok, azaz „OLED light engine”-ek biztosítására, amelyek révén egyszerre juthatnak kompatibilis panelekhez, meghajtókhoz és csatlakozókhoz.

Az 5.22 ábra az OLEDWorks Keuka-modulját mutatja, amelynek teljes vastagsága 0,6 mm, és a foglalat 21 mm-rel növeli meg a panel 262 mm-es hosszát. A 8300 cd/m²-es névleges fénysűrűséget 25%-ra lehet szabályozni. A panel 2016-ban már elérhető volt, kereskedelmi forgalomba hozatalát 2017 első negyedévére tervezték.

5.2.5 Az OLED-alapú lámpatestek megbízhatósága

Viszonylag kevés hosszú távú tesztet végeztek az OLED-alapú lámpatestek megbízhatóságával kapcsolatban. Az RTL International a DOE szilárdtestvilágítási programjának támogatásával 4 db öt-paneles lámpatestre végzett el egy kis gyorsított élettartamvizsgálatot [156]. A paneleket

5.21 ábra – Az egyedi panelvezérléssel ellátott több-paneles meghajtórendszer komponensei (Forrás: Mike Lu, Acuity Brands Lighting, DOE SSL R&D Workshop, Long Beach, Kalifornia, 2017. febr. [120])



5.22 ábra – a Keuka modul elől- és hátulnézete (Forrás: OLEDWorks, a Keuka OLED-modul adatlapja, 2016 [155])

egy 45 °C-os kályhában 4500 órán át működtették 150 mA-es, előre beállított áram mellett, amely 81 cm²-es fényt adó panelfelületen oszlott el. A meghajtót a kályhán kívül helyezték el.

Az egyik lámpatestben az egyik panel 500 óra elteltével, egy másik 1750 óra után lett zárlatos. Adódott probléma a tápegységben is, de a meghajtó és a panel-meghibásodások között nem volt megállapítható kapcsolat. A teszt során még a következőket lehetett megfigyelni:

- 13%-os fénysűrűség-csökkenés, amiből 10 000 órás L70 értékre lehet következtetni 45°C-os környezeti hőmérséklet mellett.
- Színeltolódás a kék irányába kb. 0,004 Δu*v' értékkel
- 11%-os 120 Hz-es villogás.

A másik teszt során az egyik lámpatestet 75°C-os hőmérsékleten és 75%-os relatív páratartalom mellett üzemeltették.

Az egyik panel 750 óra után szakadási hibát mutatott – nagy (4 Mohm-nál nagyobb) impedanciát produkált, és átlátóvá változott.

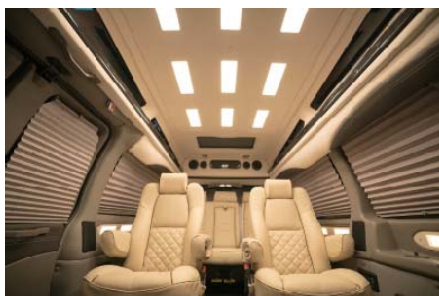
A lámpatestgyártók különösen érzékenyek a korai kiesésekre, ezért néha azt a megoldást választják, hogy minden panelt előéletnek, mielőtt kiszállítanák a vevőhöz. Az Acuity Brands azonban jelentős javulásról számolt be e tekintetben, és a paneljei meghibásodási szintjét 1:1000-ről 1:10 000-re növelte.

5.2.6 Különleges alkalmazások

Az Egyesült Államokon kívüli vezető OLED-alapú világítástechnikai gyártók többsége nagy érdeklődést mutatott az autóiipari felhasználások iránt, mivel ezek nagy értékű termékek, amelyeknél a magas beszerzési ár nem olyan nagy probléma. Az autókban történő alkalmazások azonban óriási környezeti kihívásokkal terheltek, amint azt az 5.23 ábra összefoglalja.

[155] OLEDWorks: „OLEDWorks Keuka OLED Module Product Sheet”, 2016. máj. (<https://www.oledworks.com/wp-content/uploads/2016/05/OLED-Works-Keuka-OLED-Module-Product-Sheet.pdf>)

[156] L. Davis: „Reliability Testing of OLED Luminaires”, DOE SSL Stakeholder Meeting, Corning, New York, 2016



5.24 ábra – Az LG Display szállította azokat az OLED-es világító paneleket, amelyeket a Chang's Custom használt fel a Chevy Explorer belső terének világításához (Forrás: LIGHTimes Online, 2016. aug. [159])

A fókusz főként a hátsó lámpákra esett. Philipp Rabenau az Auditól úgy véli, hogy egy 50 cm²-es alapfelületen a hátsó helyzetjelzéshez 2000, a féklámpához 20 000, míg az irányjelzőkhöz 25 000 cd/m² fény-sűrűségű komponensre van szükség [158]. Ezenkívül a vörös színnek erősen telítettnek kell lennie – a CIE szerinti (x,y) koordinátáinak (0,7, 0,3)-hoz közelinek kell lenniük. Az első termékeket az Audi és a BMW 2016-ban bocsátotta útjára, de az felhasználásuk még igen kevés modellre korlátozódik. Az OLED-panelek karcsúsága igen jól illeszkedik az autók és más gépjárművek belsőterei világításához is. Az 5.24 ábrán a Szöuli Autó Szalonon a Chang's Custom által bemutatott furgon látható, benne LG-gyártmányú OLED-panelekkel a mennyezetbe és az oldalfalakba ágyazva.

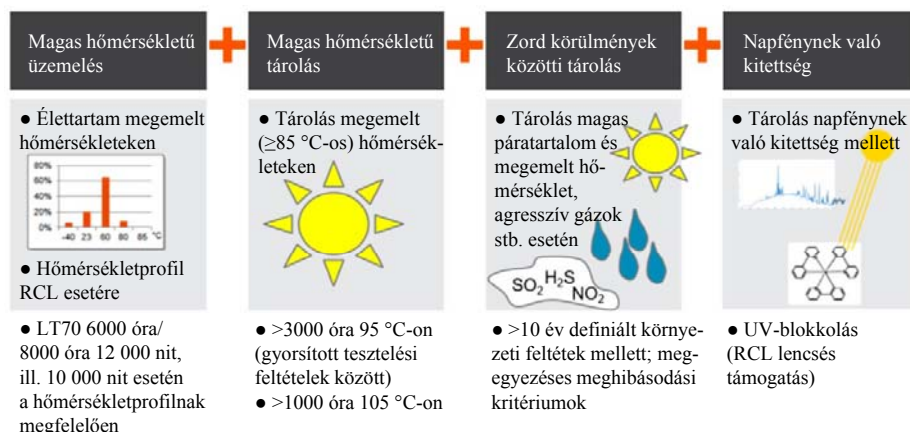
A súlycsökkentés minden szállítással kapcsolatos alkalmazásnál fontos, különösen a légi szállításhoz. A 2016-ban megrendezett OLED Word Summit-on Mark Borus a Zodiac Aerospace-től úgy vélekedett, hogy a repülőgépeknél a belsőterei OLED-es világítás piaca 140 millió USD-re emelkedik a következő évtizedben [160]. Hivatkozott arra a prototípusra, amelyet a DOE szilárdtest-világítási projektje során az UDC-vel együtt készített, és ismertette a Dassault F5x repülőgép pilótafülkéjébe szerelt felvilágítók különleges kialakítását.

5.3 Az OLED-gyártástechnológia helyzete

A következő rész a legújabb fejlesztésekre és azokra a fontos kihívásokra koncentrálna, amelyekkel az OLED-gyártásnak szembe kell néznie. A fejezet célja a jelenlegi gyártólétesítmények állapotának felmérése és a fennmaradó kihívások azonosítása.

5.3.1 A jelenlegi gyártólétesítmények

Az OLED-gyártás a világítástervezőknek és egyedi vásárlóknak kiküldött teszt-



5.23 ábra – Környezetvédelmi kihívások a gépjárművek világításánál (Forrás: Alireza Safaee, OSRAM, DOE SSL R&D Workshop, Long Beach, Kanada, 2017. febr. [157])

panelekkel folyó K+F tevékenységből már eljutott a hatékony gyártáshoz tervezett gyártósorokon végzett kísérleti gyártásig. Ezeket a gyártósorokat a dél-koreai LG Chem, az európai Osram és Philips, a kínai First O-Lite, a japán Konica Minolta és az egyesült államokbeli OLEDWorks fejlesztette ki, amelyek csatlakoztak a franciaországi Blackbody-hoz, a japán Lumio-tec-hez, Kaneka-hoz és Pioneer-hoz, ahol már évek óta készítenek paneleket és értékesítenek lámpatesteket. Más cégek – például a Panasonic – késleltették a kereskedelmi gyártásba való bekapcsolódásukat, noha folytatják a K+F munkát. A Sumitomo Chemical folytatta a polimer OLED-ekkel kapcsolatos K+F tevékenységét a Cambridge Display Technologies-szel együtt, és 2016-ban számos kiállításon bemutatatták színes paneljeiket, bejelentve, hogy az általános világításra alkalmas termékek kereskedelmi célú gyártása 2017-ben indul [161].

A nagy volumenű piacok létrehozásának nehézsége az utóbbi néhány évben számos vállalat átszervezéséhez vezetett. A Philips kilépett az OLED-alapú világítástechnikai termékek területéről, és az aacheni gyártósorát az OLEDWorks vette meg [162]. Az OLEDWorks most legfontosabb kereskedelmi termékeit Európában gyártja, rochesteri létesítményét pedig K+F tevékenységhez és prototípus panelek előállítására használja. Az LG OLED-alapú világítási üzletágát áthelyezte az LG Chem-től az LG Display-hez, amely Gumi-ban lévő gyárában egy „ötödik-generációs” gyártósort épít 1000mm x 1200mm-es hordozók felhasználásával. [163] [164].

Az Osram továbbra is az autóvilágítási piac megteremtésére koncentrálna, és nem számolt be új gyártási létesítményekről. 2013-ban a Mitsubishi Chemical és a Pioneer egyesítette erőfeszítéseit a Pioneer

OLED Lighting megalapításával [165]. További egyesülések követhetik azt a 2017. januári bejelentést, miszerint a Konica Minolta és a Pioneer OLED-alapú világítási üzletágát egy 50-50-százalékos közös tökeérdekeltségű vállalatba tervezik összevonni – arccal a gépjárművilágítási alkalmazások felé [166]. Középtávú értékesítési céljuk 25 milliárd yen (kb. 220 millió USD). Időközben a kínai Visionox kijelzőgyártó cég új vállalkozást indított el Yeolight néven OLED-alapú világítási panelek gyártására és értékesítésére [167]. Az LG új gyártósora a tervek szerint 2017-ben kezdi meg a gyártást havi 15 000 db hordozó kapacitással [164]. Ha állási időt nem veszünk figyelembe, ez 3 perces gyártási ciklusidőt (TAKT) jelent – amelyre egyébként névlegesen 2 perc a célkitűzés, ami azt jelentené, hogy így a bejelentett kapacitást az ünnepnapokra, a karbantartásra és a gyártósor meghibásodásaira eső leállásokkal együtt is meg lehetne valószínűsíteni. A gyártósor beruházási költségét 140 milliárd koreai won-ra (KrW) (kb. 125 millió USD-re) becsülték. Ez a Gumi-ban telepített gyártósor jelentős technológiatranszfert jelentene az OLED-kijelzők részéről, mivel az LG több mint 1 trillió KrW-t investál egy rugalmas OLED-ki-

[157] A. Safaee: „OLED Development @ OSRAM: Past Present and Future Topics”, DOE SSL R&D Workshop, Long Beach, Kalifornia, 2017

[158] P. Rabenau: „OLED Technology in Automotive Lighting”, OLED World Summit, San Diego, Kalifornia, 2016

[159] LIGHTimes Online - LED Industry News: „Custom Van Employs OLED Interior Lighting”, 2016. aug. 23. (<http://www.solidstatelighting.net/custom-van-employs-oled-interior-lighting/>)

[160] M. Borus: „Mastering the Elements”, OLED World Summit, San Diego, Kalifornia, 2016. szept.

[161] OLEDNet: „Sumitomo Chem. Aims for General Lighting Market with P-LED”, 2016. jan. 15. (<http://www.olednet.com/en/sumitomo-chem-aims-for-general-lighting-market-with-p-led/?ckattemp=2>)

jelzőket gyártó gépsor kifejlesztésébe ugyanazon a telephelyen [168].

2016 talán legfeltűnőbb eseménye az volt, hogy láthatólag hiányoztak a Konica Minolta által 2014-ben konstruált roll-to-roll gyártósoráról származó kereskedelmi termékek, amely gyártósor egyébként kb. 10 milliárd yenbe (90 millió USD-be) került [169]. A gyártat 1 millió rugalmas hordozójú panel/hónap kapacitására tervezték, de úgy tűnik, hogy a gyártás demonstrációs termékek előállítására korlátozódott. A Konica Minolta továbbra is beszámol K+F eredményeiről, de nem tett nyilvános bejelentést semmiféle gyártási problémáról.

A jelenlegi gyártósorok többsége hagyományos gőzfázisú leválasztási eljárásokat használ a szerves rétegeknek 370mm x 470mm körüli üveghordozókon történő kialakításához

3 perces gyártási ciklusidőt és 70%-os kihozatal feltételezve, e sorok teljes kapacitása 100 000 m² körüli becsülhető, ami 10 millió darab 100mm x 100mm-es panel legyártásához elegendő. 15 USD panelenkénti árat feltételezve, 150 millió USD potenciális bevételre lehet így számítani, ez azonban valószínűleg ennél sokkal kisebb lesz, mivel a rendelkezésre álló kapacitás csak igen kis mértékben van kihasználva. Néhány említésre méltó kivételtől eltekintve – mint amilyen például az LG és a Konica Minolta – kevés gyártó rendelkezik megfelelő tőkével és szakértelemmel ahhoz, hogy elkészítsen egy egész OLED-panelt. Így az OLEDWorks-höz és a First O-Lite-hoz hasonló vállalatok olyan integrált hordozókat keresnek, amelyek átlátszó vezetékekkel, könnyű fénykivonási struktúrákkal és (műanyagfóliák használata esetén) gát- (barrier) rétegekkel rendelkeznek.

Bár az integrált hordozók intenzív K+F tevékenységek tárgyát képezik, a jelenlegi kínálat erősen korlátozott – részben a mintakialakítás nehézségeinek köszönhetően. Az integrált hordozók észak-amerikai vagy európai forrásai ezért nagy jelentőséggel bírhatnak az ipar számára.

Újabban számos lámpatestgyártó kezdett el OLED-alapú lámpatesteket gyártani. Az Egyesült Államokban a Visa Lighting és a Workrite az Acuity Brands példáját követte, míg Európában az Emdedesign és a Neumuller OLED-lámpatestek széles választékát kínálja [170] [171] [172] [173]. Koreában már megjelentek az üzletekben az LG által a Szöuli National University-n bemutatotthoz hasonló asztali lámpák, és több kisebb gyártó kínál dekorációs OLED-es lámpatesteket. Kínában a

	2016	2018	2020	2025
Hordozóterület (m ²)	0.2	1.2	1.2	2.7
Tőkekötség (millió USD)	50	125	125	200
Ciklusidő (perc)	3	2	1	0.5
Kapacitás (1000 m ² /év)	17	175	350	2400
Értécsökkenés (USD/m ²)	600	140	70	35
Szerves anyagok (USD/m ²)	150	100	50	15
Szervetlen anyagok (USD/m ²)	200	140	100	30
Bérkötség (USD/m ²)	100	25	15	5
Egyéb fix költség (USD/m ²)	50	15	10	5
Össz (nem hozam) (USD/m ²)	1100	420	245	90
Jó termék kihozatal (%)	70	80	85	90
Összköltség (USD/m ²)	1570	525	290	100

5.4 táblázat – A hagyományos módszerekkel gyártott panelek költség célkitűzései

Yeelight megjelent LG-panelekkel szerelt asztali lámpákkal, ugyanakkor fejleszti a saját gyártósorát is.

Néhány OLED-es világítástechnikai gyártócég – például a kanadai OTI Lumionics, a kínai First O-Lite és a francia Blackbody – saját lámpatesteit gyártja és értékesíti [174] [175]. Mások – például az OLEDWorks – olyan összetett modulokat (light engine-eket) fejleszt, amelyek tartalmazzák a meghajtókat és a csatlakozásokat is a lámpatestekbe való beépítés megkönnyítésére. Az LG Display saját lámpatesteit kínálja, és bútorgyártóknak – például a koreai Fursys Group-nak – is szállít [176].

5.3.2 Költségsökkentés

Az OLED-es világítástechnikai vállalatok legfontosabb célja a költségek csökkentése. Az OLED-panelek gyártási költsége szorosabb kapcsolatban van a panelek területével, mint a fényárammal. Az 5.4 táblázat egy lehetséges fejlődési utat mutat be a 100 USD/m²-es cél eléréséhez, amely elegendő lehet ahhoz, hogy az OLED-ek jobban behatoljanak az általános világítás piacára.

A legnagyobb költségtényező jelenleg a berendezések értécsökkenése. A terület-egységenkénti költség csökkentésének egyik módja a hagyományos sheet-to-sheet („lemezről-lemezre”) gyártásokhoz használt üveghordozó méretének megnövelése. A nagyobb eszközök tőkekötsége megközelítőleg a lineáris méretekkel arányos, míg a termék területe a hordozó felületével arányosan változik. Az 5.4 táblázat feltételezi, hogy a hordozó mérete 2025-re 1800mm x 1500mm lesz. A várható méret-növekedést lecsökkentették a korábbi előrejelzésekhez képest a szükséges tőke-mozgás nehézsége miatt.

Az 5.4 táblázat azt is feltételezi, hogy a

gyártási ciklusidő (TAKT) 30 másodpercre csökkenthető. Az OLEDWorks aacheni gyártósorát e cél szem előtt tartásával tervezték, de a jelenlegi ciklusidő 2 perc

[162] OLEDWorks: „OLEDWorks Finalizes Acquisition of Key parts of Philips' OLED Light Source Components Business”, 2015. nov. 2. (<https://www.oledworks.com/news/oledworks-finalizes-acquisition-of-key-parts-of-philips-oled-light-source-components-business/>)

[163] The Korea Times: „LG accelerates realignment focusing on OLEDs”, 2015. okt. 20. (https://www.koreatimes.co.kr/www/news/tech/2015/10/133_188997.html)

[164] LG Display: „LG Display to Build World's First 5th Generation OLED Light Panel Plant”, 2016. márc. 17. (<http://www.prnewswire.com/news-releases/lg-display-to-build-worlds-first-5th-generation-oled-light-panel-plant-300237655.html>)

[165] „Mitsubishi and Pioneer Sets up a New Company to Handle OLED Sales in Japan”, 2016. nov. 26. (<http://www.whlyhg.com/news/show-htm-itemid-273.html>)

[166] Konica Minolta: „Konica Minolta and Pioneer Form Strategic Alliance for Accelerating Business Launch for OLED Lighting”, 2017. jan. 31. (https://www.konicaminolta.com/about/releases/2017/0131_01_01.html)

[167] OLED-info: „Yeelight Flexible Technology” (<http://www.yeelight.com/website/yiguang-technology-detail.html?page=2>)

[168] LG Display: „LG Display to Invest in 6th Generation OLED Panel Line for Flexible Displays”, 2015. júl. 23. (<http://www.lgdisplay.com/eng/prcenter/newsView?articleMgtNo=4924>)

[169] Konica Minolta: „Konica Minolta Constructs Plant for World's First Mass Production of Plastic Substrate Flexible OLED Lighting Panels,” 2014. márc. 18. (http://www.konicaminolta.com/about/releases/2014/0318_01_01.html)

[170] Visa Lighting: „OLED technology enters the scene at Visa Lighting!”, 2016. aug. 17. (<http://www.visalighting.com/oled-technology-enters-scene-visa-lighting>)

[171] Workrite Ergonomics: „Natural OLED Desk Light”, 2016 (<http://workriteergo.com/natural-oled/>)

[172] OMLED: „About OMLED” (<https://www.omled.com/pages/uber>)

[173] Neumuller Elektronik GmbH: „Innovative OLED-Module von LG Displays” (<http://www.neumuller.com/de/news/innovative-oled-module-von-lg-displays>)

körüli [177]. Az egyes rétegek leválasztási sebességének növelése tehát gyümölcsöző téma lehet a jövőbeli kutatások számára. A legnehezebb lépések közé az aktív szerves rétegek, a katód és a tokozó (lezáró) rétegek kialakítása tartozik.

Az egyszerűbb struktúrák használata csökkenthetné az amortizációs költségeket is, ugyanakkor a teljesítményben elért legutóbbi előrelépések szinte mindegyikét a rendszer bonyolultságának növelésével érték el, és e trend megfordításához több évre lesz szükség. Például az, hogy az OLEDWorks a paneljeiben hatról háromra csökkentette a rétegek számát, már ebbe az irányba mutató lépésnek számít.

A nagyobb kihozatal a roll-to-roll eljárás egyik lehetséges előnye. A kísérleti gyártó-sorokon tipikusan 3 m/perc sebességet tudnak elérni 300 mm-es anyagszélességek esetén. Ez 475 000 m²/év kapacitást eredményezne, ami elegendő lehetne ahhoz, hogy az új LG sheet-to-sheet gyártó-sorának kihozatalát meghaladja – még az alacsonyabb hordozó-kihasználás és termék-kihozatal esetén is.

Várhatóan az aktív szerves anyagok ára is gyorsan csökkenni fog a volumenek növekedésével, és ez a hatás az OLED-es kijelzőknél már látható is. Például az UDC a foszforeszkáló emitteranyagok vezető szállítója, ugyanakkor bevétel az elmúlt két évben 5%-nál kisebb mértékben nőtt, jóllehet az OLED-panelek területe több mint megduplázódott [178]. Ennek részben az az oka, hogy az anyagok gyártási költségei csökkentek, de az is, hogy a panelgyártók hatékonyabban használják fel az anyagokat.

A szervesetlen anyagoknál lassúbb költség-csökkenés várható, mivel ezek az anyagok magasabb fejlettségi színvonalon vannak. A kijelzők üveghordozóihoz olcsóbb alternatívák kifejlesztése a várakozásokhoz képest nehezebbnek bizonyult. Például a hatékony gátrétegekkel rendelkező műanyag hordozók jelenleg drágábbak, mint a kijelzők üveghordozói. Másrészt a belső fénykivonó rétegek még csak épphogy megjelentek, ezért az árak csak a mennyiségek növekedésével fognak jelentősen csökkenni. A bérköltségek viszonylagos hozzájárulása már most is alacsony, és fordított arányban csökken a mennyiséggel. A gyártó-sorok – például az OLEDWorks és az LG gyártó-sorai – magasan automatizáltak és kevés felügyeletet igényelnek.

5.3.3 Nyomatási eljárások

Az elmúlt 20 év során jelentős érdeklődés mutatkozott az elektronikus és fotonikus anyagok nyomatási módszereinek fejlesztése

terén. Az additív mintakészítés használata jelentősen csökkenti a drága anyagok veszteségeit. Egyesek azzal érveltek, hogy a nagyvákuumú eljárás elkerülése csökkenti a berendezések tőke-költségét, de a hagyományos struktúráknál a nagyon kis mennyiségű vízgőz, oxigén vagy egyéb részecskék jelenléte csökkentheti a gyártási kihozatalokat és a termékek élettartamát. Ezért a tintasugaras szerszámok vezető gyártói nitrogén atmoszférát használnak [179]. Ezenkívül az egyes fűvókákon keresztül történő áramlás szigorú ellenőrzésének szükségessége növeli a berendezés bonyolultságát és a tőke-költséget.

Bizonyos rétegekhez egyszerűbb módszereket – például „széles résű szerszámmal” (slot die) történő bevonást – alkalmaztak, s kidolgoztak újabb eljárásokat is – például nyomdai litográfiát – fénykivonó struktúrák létrehozásához.

Az oldatos feldolgozáshoz használt anyagok gyenge paraméterei késleltették az OLED-es kijelzőkhöz és világításhoz való felhasználásukat. Noha az aktív szerves anyagok fényhasznosításában meglévő szakadék csökkent, a nyomtatott vezetők vezetőképesége jóval kisebb, mint a tömör fémeké.

Az OLED-es kijelzőkhöz alkalmas nyomtatószerzők és oldható anyagok fejlesztésében megmutatkozó nagyobb aktivitás talán segíti a világítástechnikai alkalmazásokat is. A Kateeva például igazolta, hogy a tintasugaras nyomtatás versenyképes lehet a tokozó rétegek szerves komponenseinek leválasztásánál, és nagy előrehaladást ért el a mintázott emitterrétegek leválasztási folyamatánál.

A legtöbb nyomtatott réteget a leválasztás után hőkezelní kell. A hagyományos hőkezelési eljáráshoz nagy kályhák kellenek, és nehezebb csökkenteni a gyártási ciklusidőt (TAKT), amint azt a Holst Centre-ben lévő kísérleti gyártó-sor is mutatta, ahol a kályhák el vannak különítve a leválasztó kamráktól a tisztaszoba alapterületének csökkentése érdekében [180]. A „fotokéményítést” sokkal rövidebb idő alatt el lehet végezni, és alkalmazták aktív szerves rétegek-nél, nyomtatott rácsozatoknál és tokozóanyagoknál is.

Aktív szerves rétegek nyomtatásánál ügyelni kell arra, hogy az egyes rétegek leválasztásánál ne sérüljön meg az illető réteg alatt lévő anyag. A rétegek közötti kölcsönhatások javíthatók keresztkötéses polimerek alkalmazásával. A rétegek számának csökkentése a folyadékos feldolgozás legfontosabb célkitűzése az egyszerűbb gyártás és a tőkeköltségben elérhető

jelentős megtakarítás esélye miatt. Az eljárás egyik legnagyobb híve, a Sumitomo Chemical mindössze négy szerves rétegből álló, 1-rétegezésű struktúrákra fókuszált [181].

5.3.4 „Alakítható” panelek

Noha viszonylag kicsi a „folytonosan görbült vagy hajtogatott” lámpatestek iránti kereslet, az állítható panelek kereskedelmi forgalomba kerülése jelentősen megnövelheti az OLED-es lámpatestek iránti keresletet – akár háromdimenziós formák vagy ívelt felületekbe ágyazott panelek előállítása esetén..

Amint azt a Corning demonstrálta, néhány centiméteres hajlítási sugár érhető el vékony, kb. 100 µm-es üveggel [182]. A vékony üveg megmunkálható roll-to-roll vagy sheet-to-sheet rendszerű gyártó-sorokkal is. Még a vékony üveg is kitűnő gátréteget képez a víz vagy oxigén behatolásával szemben, így a tokozás kérdése a szélek lezárására redukálódik. Az ilyen panelek azonban igen törekenyek a gyártás, szállítás és felszerelés során.

A műanyag hordozók és burkolatok robusztusabbak, de a kijelzőkben használt anyagok – például a poliimid és a poli-etilén-naftalát – viszonylag drágák, és drága gátrétegeket igényelnek. Az OLED-es világítástechnikai eszközökhöz szükséges feldolgozási hőmérsékletek alacsonyabbak, mint az OLED-es megjelenítők vékonyréteg tranzisztoros hátlapjaihoz szükségesek, úgyhogy poliimide esetleg nincs is szükség.

A pozicionálási pontosság követelményei is lazábbak az OLED-es világító panelek gyártásánál, mint a kijelzőpanelek esetében, és könnyen megvalósíthatók roll-to-roll feldolgozással. A lemezek feldolgozásához a műanyag hordozót a gyártás során általában ideiglenesen merev alapra

[174] OTI Lumionics: „Organic Light Emitting Diodes” (<https://www.otilumionics.com/oleds/>)

[175] Blackbody: „OLED Technology” (<http://www.blackbody.fr/en/oled-technology/>)

[176] OLED-info: „LG teams us with Korea's Fursys to offer an integrated OLED desk lamp” (<https://www.oled-info.com/lg-teams-us-koreas-fursys-offer-integrated-oled-desk-lamp>)

[177] U. Hoffman: „Manufacturing of High Quality OLED”, China International OLED Summit, Peking, Kína, 2015

[178] Universal Display Corporation: „2016 Annual Report” (http://s21.q4cdn.com/428849097/files/doc_financials/annual/OLED_Annual-Report_2016.pdf)

[179] C. Brown: „Inkjet Printing: Manufacturing Equipment and Process Solutions for Flexible and Large-Size OLEDs”, DOE SSL R&D Workshop, Long Beach, Kalifornia, 2017

[180] H. Schoo: „Open Innovation; Ultra-low-power, wireless & flexible electronics”, DOE SSL R&D Workshop, 2017

rögzítik. Az OLED-es megjelenítőknél a hordozókra történő ideiglenes felvitel és leválasztás technikáit alkalmazni lehetne a világítástechnikai paneleknél is..

A rugalmasság is korlátozza egyes belső rétegek anyagának megválasztását – például a fénykivonó struktúráknál. Noha a folytonos hajlíthatóság türése volt az egyik oka annak, hogy helyettesítő anyagot kerestek az átlátszó elektródaként szolgáló indium-ón-oxid (ITO) réteg helyett, a vékony ITO-rétegeket sikeresen alkalmazták „alkalmazkodó” panelekhez.

5.3.5 Rétegek kialakítása

Aktív szerves anyagok leválasztása

Amikor az elektródák közötti töltéseket transzportáló és fotonokat létrehozó szerves anyagok leválasztásához megfelelő berendezéseket keresünk, számos tényezőt figyelembe kell venni. Ezek a következők:

- **Leválasztási idők** – A párologtató források esetében a leválasztási sebesség erősen függ a hőmérséklettől. A rendszerek többsége gyakran 300 °C-nál magasabb hőmérsékleten üzemel, a hordozót azonban hidegen kell tartani. A szerves anyagok megválasztásánál nagyon fontos a magas hőmérsékleten mutatkozó stabilitás. A tipikus célkitűzés az 5 nm/s körüli leválasztási sebességek elérése.

- **Anyaghasznosítási hatékonyság** – Az alacsony kihasználtsági szintek nem csak növelik a szerves anyagok költségét, hanem gyakoribb tisztítást is igényelnek. A szerves anyagoknak a hordozón kívüli – például a leválasztó kamra falaira – történő leválasztódását minimalizálni kell. A felhasználási hatékonyságra jellemző rövid távú célok 50% és 70% közé esnek. A tintasugaras nyomtatás és a széles résű szereléssel (slot-die) történő bevonatkészítés sokkal nagyobb anyagfelhasználási szintet érhet el, és e tekintetben egyértelműen előnyös.

- **Szennyeződések kontrollálása** – Az UDC által elvégzett vizsgálatok kimutatták, hogy a leválasztó kamrában a vízgőznek még az alacsony szintjei is megközelíthetik az OLED-termékek élettartamát. 10^{-8} Pa-nál alacsonyabb parciális nyomást javasolnak, amely ultranagy vákuum vagy tisztított nitrogénatmoszféra alkalmazásával érhető el. Az aeroszol részecskék kontrollálása is nagyon fontos.

- **Egyöntetűség** – Szigorú ellenőrzéssel kell megőrizni az aktív rétegek vastagságát és az emitterrétegeken belüli adalékoldási arányokat – $\pm 3\%$ -os eltérések a jellemzők. A hullámosított (bordás) hordozók iránti növekvő érdeklődés okán általában

az alakhű leválasztás a kívánatos. Ha azonban az alul lévő struktúrák éles széleket vagy nanoméretű szabálytalanságokat tartalmaznak, az első rétegeknél bizonyos mértékű „planarizáció” fontos lehet – gyakran a lyuk-injektáló vagy lyuk-transzportáló rétegben.

- **Költség** – Noha kevés információ látott napvilágot a világítási célú panelekhez tervezett berendezések költségeiről, a Display Supply Chain Consultants 2017-ben az OLED-ek leválasztási eszközeinek teljes piacát 2,2 milliárd dollárra becsülte [183]. A várható többlettermelés 2018-ban 3 millió m², amiből az következik, hogy körülbelül 750 dolláros tőkebefektetésre van szükség az éves termelés minden egyes négyzetméteréhez [183]. A kapcsolódó 150 dollár körüli értékcsökkenési költség (5 évesnél hosszabb lineáris értékcsökkenést feltételezve) nagyobb lenne, mint a panelek teljes költségére vonatkozó hosszú távú cél [183]. Ezért fontosnak tűnik, hogy az OLED-es világításhoz olcsóbb vagy termelékenyebb eszközöket fejlesszenek ki.

Az elmúlt néhány évben jelentős előrelépés történt a világítástechnikai alkalmazásokhoz még jobban megfelelő párologtató források fejlesztésében, például a DOE SSL által finanszírozott egyik OLEDWorks-projekt révén. Az Aixtron kiváló eredményeket ért el olyan szerves gőzfázisú leválasztás alkalmazásával, amelyben a szerves molekulák a forrásból a hordozóra ultra tiszta nitrogéngáz atmoszférában jutnak el [184]. A Kateeva a tintasugaras nyomtatási laboratóriumi szintről OLED-ek tömeggyártására állította át, bár az első alkalmazás a rétegek tokozása, lezárása volt [179]. Japánban a JOLED befejezte annak demonstrálását, amely szerint a tintasugaras nyomtatás nagy termelékenységgel és megbízhatósággal alkalmazható aktív szerves rétegek előállítására is, és 2017-ben tervezi megkezdeni a tömeggyártásra alkalmas gyártósorának megépítését is [185].

Fénykivonó struktúrák

Igen egyszerűen szólva, a fénykivonó struktúrák kialakításának fő célja az, hogy oly módon törje meg az OLED-panelek sík szimmetriáját, amely nem teszi lehetővé az OLED-emitterek hatékony leválasztását. Amint azt az 5.1.5 fejezetben ismertettük, ez külső filmek, hullámosított hordozók, strukturált elektródák vagy a hordozó és az átlátszó elektróda közé helyezett további rétegek segítségével érhető el. Többféle olyan külső film létezik, amely a hordozóra laminálható.

Ezeket a filmeket rendszerint egy mesztinta pozitív vagy negatív másolásával állítják elő, amelyeket roll-to-roll eljárás alkalmazásával egy vagy több hengeren alakítanak ki. Az ilyen filmek 40 USD/m² körüli költsége magas az 5.4 táblázatban bemutatott jövőbeli költségcélokhoz képest, de a fényhasznosítás-növekedés indokolja. Mivel az ilyen filmek akár 80%-kal is képesek megnövelni a fényáramot, a megkívánt fényáram előállításához szükséges felület 15%-kal csökkent – 700 USD/m² körüli megtakarítást eredményezve 2016-ban.

Habár a külső filmek hatékonyságát nagy törésmutatójú hordozókkal javítani lehetne, a legutóbbi erőfeszítések a belső struktúrákra koncentráltak. A Pixelligent kimutatta, hogy fényesítő rétegek 2,5-szeres javulást eredményezhetnek [186].

Két elem kritikus fontosságú a Pixelligent filmjeinek tervezésénél. Az első az, hogy képesek legyenek szabályozni a törésmutatót, amely a vállalat PixClear technológiájával érhető el ZrO₂ nanokristályoknak a filmbe történő beágyazásával. A nanokristályok felületeit jól passziválják a „csapdázó” szerek, amelyek megakadályozzák az akkumulálódást és kompatibilitást kínálnak sokféle különböző oldószert, monomer és polimer esetén.

A nanorészecskék nagy tömegterhelése érhető el (amely ahhoz kell, hogy a törésmutató jobban megegyezzen az anódéval) úgy is, hogy közben megőrizzük az átlátszóságot és a kis viszkozitást, amely viszont a tintasugaras nyomtatási vagy a keskeny résű (slot-die) bevonási eljárásokhoz hasonló oldatos feldolgozásokhoz szükséges [187].

A Pixelligent fokozatosan változó törésmutatójú rétegekkel is kísérletezik, hogy csökkentse a Fresnel-reflexiót, mivel a fény ilyenkor egy kisebb törésmutatójú hordozó irányába terjed. A második olyan nagyobb részecskék beillesztése a fény

[181] T. Yameda: „Latest development of polymer light-emitting material for printed OLED”, Fine Tech Japan, 2016. ápr.

[182] M. Boroson, T. Spencer, S. McClurg, J. Spindler, J. Knipping, M. Ruske, D. Chowdhury, R. Gafsi, K. Woo és B. Kong. „Flexible OLEDs on Corning Willow Glass”, OLEDWorks, 2016

[183] Display Supply Chain: „DSCC Releases Latest Quarterly OLED Supply/Demand and Capital Spending Report and Model – Tight Supply and Record Capital Spending Expected”, 2017. ápr. 18. (<http://www.displaysupplychain.com/oled-sd-41817.html>)

[184] J. Kreis: „OLED Manufacturing - Enabling better products through advanced manufacturing processes”, OLED Work Summit, 2016

[185] R. Mertens: „JOLED details their printing process and materials” (<https://www.oled-info.com/joled-details-their-printing-process-and-materials>)

szóródásába, amelyeknek méretei közel meg kell hogy egyezzenek a látható fény hullámhosszával a Mie-szóródás biztosítása érdekében. Az átlátszó elektróda és a szerves rétegek leválasztásához fontos a sima felület biztosítása.

Néhány évvel ezelőtt a Panasonic figyelemre méltó eredményeket ért el egy belső fényszóró réteggel, amely nagy törésmutató-kontrasztot hozott létre azért, hogy nagy törésmutatójú mikrostrukturált réteget alakított ki egy légrésben, a megoldást azonban nem tudta kereskedelmi termékévé érlelni. Gondot jelent az OLED-be bejutó levegő, ezért egy alternatív, kis törésmutatójú töltőanyagra lehet szükség. A DOE egyik új szilárdtest-világítási programja keretében a MicroContinuum kimutatta, hogy ilyen struktúrák előállíthatók polikarbonátban 1 μm -nél kisebb osztással roll-to-roll eljárás segítségével – amint azt az 5.25 ábra mutatja.

Az egyetemet kétféle módszert is alkalmazott 500 nm körüli átmérőjű szilícium-dioxid gömbök felhasználására [143]. Az egyik az ilyen gömbökön szorosan kialakított réteg tetején polimetil-sziloxán (PDMS) öntőformát hoz létre, amellyel azután az UV hatására kikeményedő műgyantába mintázatot nyomtatható. A másik módszer a gömböket egy maszk kialakításához használja nagy törésmutatójú zafir hordozó plazmás maratásához.

Elektródák

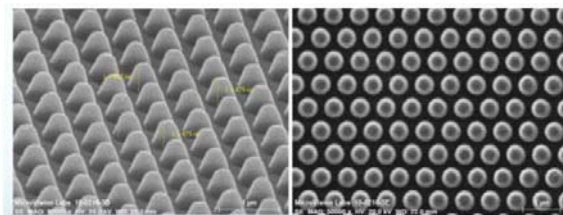
Két újabb fejlesztési eredmény csökkentette az átlátszó elektróda-struktúráknál az indium-ón-oxid (ITO) helyettesítésével, a többköteges struktúrák használatával és az ITO-leválasztás kisebb költségével kapcsolatos aktivitást. A többköteges struktúrák használata csökkenti a szükséges áramsűrűséget, így akár 100 mm-es panelek is készíthetők anélkül, hogy vezetékárcsozatra lenne szükség a homogén vezetőréteg kiegészítésére.

Az elmúlt években csökkent az indium-ón-oxid (ITO) nagy tömegben történő leválasztásának költsége, de még mindig nehéz a kis OLED-gyártók számára a mintázott ITO-struktúrák beszerzése, a házon belüli ITO-leválasztás tökéletessége pedig viszonylag magas.

Amint fentebb említettük, az ezüst nanovezetékek az egyik legvonzóbb ITO-alternatívák.

Bár a kereskedelmi beszállítók figyelme más alkalmazások felé fordult, a Sinovia kimutatta, hogy viszonylag vastag huzalok is beágyazhatók olyan polimer rétegekbe, amelyeknek felülete elég sima ahhoz, hogy lehetővé tegye hosszú élettartamú OLED-

5.25 ábra – OLED fénykivonási mintázat (Forrás: Dennis Slafer, MicroContinuum, DOE SSL OLED Stakeholder Meeting, Corning NY, 2016. okt. [188])



Mintázat polikarbonát filmben megismételve (tömb osztása: ~ 750 nm x 480 nm magasság)

panelek leválasztását [189]. A rétegeket standard oldatos feldolgozási technikákkal, például „széles résű szerszámmal” (slot die) készített bevonattal vagy gravírozással lehet leválasztani. A Sinovia demonstrálta, hogy filmjeiből a VitriFlex gátrétegeivel kombinálva flexibilis, integrált hordozók készíthetők [190]. A vállalatnak már 10^{-5} g/m²/nap-nál kisebb vízgőz-átviteli sebességeket és 5 $\Omega/\square$ -nál kisebb lap-ellenállást sikerült elérnie. A fennmaradó kihívás a fénykivonás javítása. Az ezüst vezetékek bizonyos mértékű „homályosságot” okoznak, ezért más fényszóró részecskékre vagy fókuszáló struktúrákra lehet szükség a DOE-célok eléréséhez.

A katódleválasztás akadályozhatja a folyamat ciklusidejének jelentős csökkentését. A preferált párologtatási technika viszonylag lassú, de nem károsítja az alul lévő szerves rétegeket. A porlasztás gyorsabban elvégezhető, de jobban megterheli a törékeny szerves anyagokat. Az alumínium katódok ezüsttel vagy egy olyan struktúrával való helyettesítése, amely kevésbé érzékeny a felületi plazmonok gerjesztésére, is szükségessé teheti a gyártási eljárás módosítását.

Gátrétegek

A rugalmas OLED-es megjelenítők iránti kereslet óriási beruházást igényelt a műanyag hordozókhoz és bevonatokhoz szükséges többretegű gátak előállításához. Jelentős megrendeléseket kapott az Applied Material olyan szerszámokra, amelyek igen nagy hordozók kezelésére alkalmasak a kemény, szerves rétegek plazmával megnövelt kémiai gőzleválasztásához (PECVD), a Kateeva-hoz pedig lágyabb szerves rétegek tintasugaras nyomtatására alkalmas szerszámokra futott be jelentős megrendelés.

A nagytömegben gyártó cégek számára ezeknek az eszközöknek a termelékenysége indokolta teszi magas tökéletességüket, de az OLED-es világítás kisebb hordozóihoz és kisebb mennyiségéhez alkalmasabbak lehetnek más, alternatív technikák. A szerves rétegekhez az atomos rétegleválasztást az európai Beneq,

Encapsulix és a Meyer Burger, valamint az amerikai Lotus Applied Technologies részesíti előnyben. A VitriFlex és az Aixtron kidolgozott olyan módszereket, amelyekkel a többretegű filmek szerves komponenseit a kemény rétegekkel együtt leválasztható, lágy rétegekkel lehet helyettesíteni. A VitriFlex konstruált egy olyan fizikai gőzfázisú roll-to-roll leválasztó szerszámot, amelynek hat leválasztó zónája van és 1,4 m szélességű anyag esetén évente kb. egy millió négyzetméter kapacitással rendelkezik [191]. Az Aixtron OptaCap rendszere PECVD eljárást alkalmaz a max. 470 mm szélességű hordozók sheet-to-sheet módszerrel történő feldolgozásához [184].

Tokozás (lezárás)

Van több olyan tokozási módszer, amely megőrzi az OLED-panelek vékony profilját és kis súlyát. A többretegű gáttal rendelkező, ultravékony üveg vagy műanyag panel a felső elektróda tetején laminálható. Ügyelni kell arra, hogy a széleken ne juthasson be oxigén vagy nedvesség. Néhány cégtől – ilyenek pl. az Addison Clear Wave, a DELO, a Henkel, az LG Chem, a SAES Getters, és a 3M – beszerezhetők gátréteggel vagy abszorbeáló tulajdonságokkal rendelkező ragasztóanyagok. A lefelé emittáló struktúrákhoz fedőréteggént vékony fémlehet használni, amely mechanikai stabilitást, hőelvezetést és hatékony felületi gátat is

[186] G. Cooper és G. Chen. „Light Extraction for OLEDs”, DOE SSL R&D Workshop, San Francisco, Kalifornia, 2015

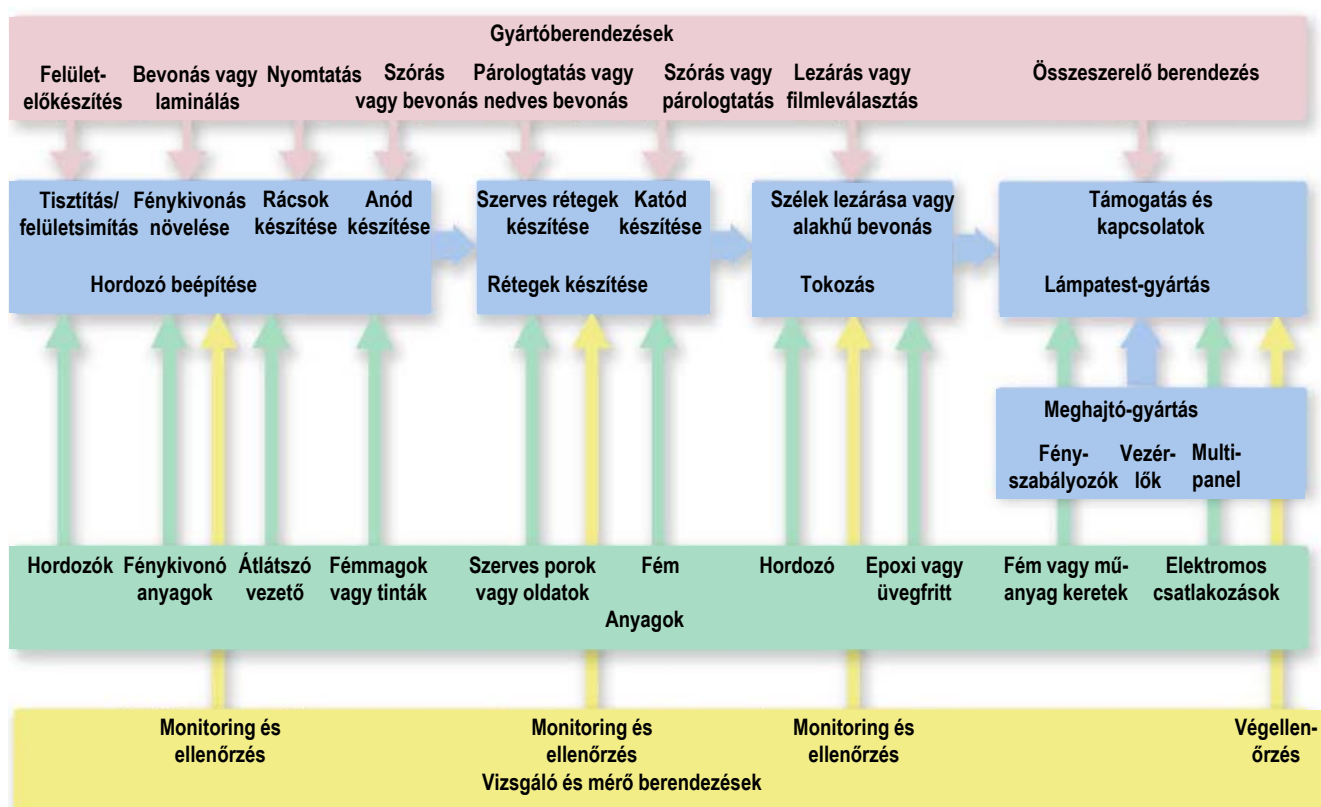
[187] P. Guschl, X. Wang és M. Weinstein: White Paper: Inkjet Printing of Zirconia Nanocomposite Materials”, Pixelligent, Baltimore, Maryland, 2016

[188] D. W. Slafer: R2R Manufacturing of Enhanced OLED Substrates”, DOE SSL OLED Stakeholder Meeting, Corning, New York, 2016

[189] G. Buckhard: „Innovative Manufacturing Techniques: Integrated Substrates for OLED Lighting”, DOE OLED Stakeholder Meeting, Corning, New York, 2016

[190] W. Gaynor: „Integrated Plastic Substrates for OLED Lighting”, DOE OLED Stakeholder Meeting, Corning, New York, 2017

[191] R. Prasad: „Transparent Ultra-Barrier Films for OLED Devices”, SID Symposium, Paper 15.4, 2017



5.26 ábra – Az OLED-alapú szilárdtest-világítási ellátólánc (Megjegyzés: A kék boxok és a kék nyilak a fő gyártási folyamatot jelölik. Az ellátólánc támogató elemei gyártóberendezésekre, anyagokra, valamint vizsgáló és mérő berendezésekre vannak felosztva. Ezek a támogató elemek a megfelelő nyilakkal jelölt módon csatlakoznak a fő gyártási folyamathoz.

biztosít. Ezt a megoldást az LG Display már alkalmazta.

A széleken létrejövő hatások egy vékony gátréteg in-situ leválasztásával minimalizálhatók. Kerülni kell azonban a magas hőmérsékletű folyamatokat az alsó rétegek sérülésének megakadályozására, és mintázatra is szükség van a széleknél lévő elektromos kontaktusok bevonásának elkerülése érdekében.

Éleknél történő behatolás akkor is fel-lephet, ha viszonylag vastag rétegek vannak az OLED belső struktúrájában. A leválasztás során tintasugaras nyomtatással, „széles résű szerszámmal” (slot die) készített bevonással vagy gravírozással mintázatot alakítható ki az ilyen rétegeknek a panel széleitől való elkülönítésére. Alternatívaként a nemkívánatos anyag a leválasztás után lézeres leégetéssel eltávolítható.

5.3.6 Az ellátólánc vázlata

Bár az OLED-panelek vagy -lámpatestek gyártásában részt vevő vállalatok száma viszonylag kicsi, sok anyag- és berendezés-szállítótól és gyártási eljárástól függenek. A különböző beszállítók szerepét az 5.26 ábra szemlélteti.

HOLUX Kft. 1135 Budapest, Béke u. 51-55.

HOLUX Központ és Mérnökiroda Tel.: (06 1) 450 2700 Fax: (06 1) 450 2710
 HOLUX Vevőszolgálat Tel.: (06 1) 450 2727 Fax: (06 1) 450 2710
 HOLUX Üzletház Tel.: (06 1) 450 2718 Fax: (06 1) 320 3258
 HOLUX Fényszaküzlet Kőrmend Tel.: (06 94) 594 315 Fax: (06 94) 594 316
 HOLUX Fényszaküzlet Nyíregyháza Tel.: (06 42) 438 345 Fax: (06 42) 596 479
 HOLUX Fényszaküzlet Szeged Tel.: (06 62) 426 819 Fax: (06 62) 426 702
www.holux.hu www.fenyaruhaz.hu e-mail: hoso@holux.hu

Minőségirányítási
rendszer



A MEE Világítástechnikai Társaság
tagja

