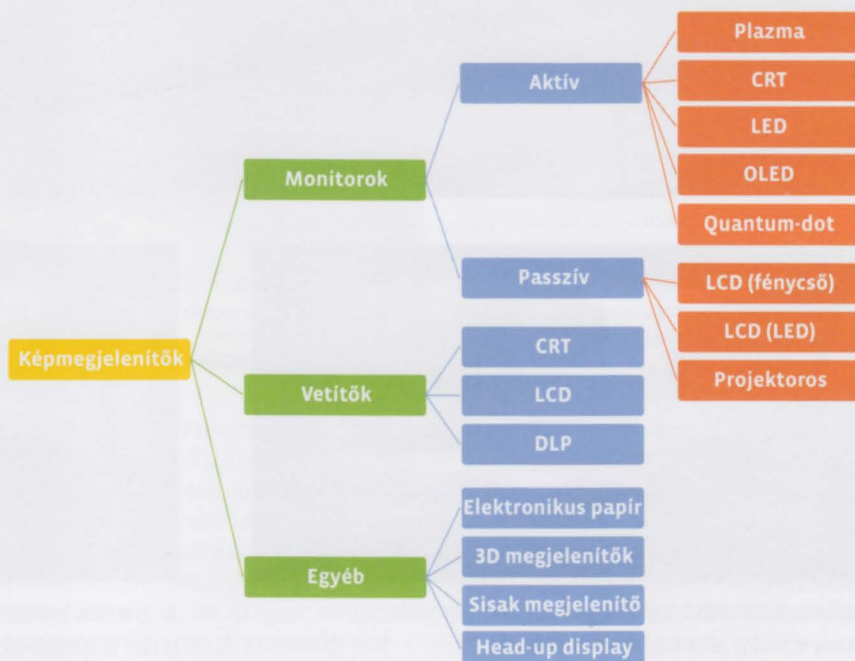


Elektronikus képmegjelenítő technológiák tulajdonságainak elemzése a kékfény-veszély szempontjából

Évről évre egyre újabb betűszavakkal találkozunk az elektronikus megjelenítők piacán. Közel 50 éven át a fekete-fehér, majd a színes katódsugárcsöves (CRT) képernyő volt a legelterjedtebb megjelenítő típus. A cikkben az elmúlt 15 év meghatározó képmegjelenítő eszközeit és az emberi érzékelésre gyakorolt megjelenítéstechnikai paramétereit mutatom be, különös figyelmet fordítva a kijelzők által kibocsátott kék sugárzásra.

Mindössze 7 év múlva ünnepeljük az elektronikus megjelenítők kifejlesztésének 100. évfordulóját, ugyanis John B. Johnson és Harry W. Weinhardt ekkor alkották meg az első működőképes, katódsugaras (Cathode Ray Tube, CRT) képernyőt. A fejlesztők már ennél a kijelzőtípusnál találtak a káros sugárzásokkal, mivel a CRT képcső a fény mellett röntgensugárzást is kibocsátott. A káros sugárzást ólomüveg felhasználásával szűrték ki. Egészen a 2000-es évekig a CRT képcső volt az egyeduralgó, de a kereskedelmi árak csökkenésével átvették a szerepet a lapos megjelenítő típusok, amelyek egy sor új fizikai elv segítségével képesek elénk varázsolni az egyre jobb minőségű képeket. Hogy még könnyebben elveszünk a felbontások, kontrasztok és más megjelenítés-technikai fogalmak között, megjelennek olyan forradalmian új technológiák, amelyek pl. az elektronikus vetítógépekben vagy az elektronikus könyvben öltöttek testet. Felvethető tehát a kérdés, hogy ezek az új megjelenítő típusok kibocsátanak-e olyan sugárzásokat, amelyek károsak lehetnek a felhasználóra nézve.

A válasz eléggé nyilvánvaló. Az EU-ban nem forgalmazható olyan megjelenítő eszköz, amely nem rendelkezik „CE” jelzéssel. Ez a jelölés garantálja, hogy a műszaki berendezés megfelel minden rá vonatkozó EU-direktívának. Vagyis



1. ABRA: Az elektronikus képmegjelenítők csoportosítása

a készülék elektromágneses és egyéb kibocsátott sugarai az egészségre káros szint alatt vannak. Fizikailag is leírható biológiai károsodást tehát elvileg nem okozhat egy megjelenítő sem, pszichofizikai ártalmakkal azonban számolhatunk. Mivel minden megjelenítő a fény teljes hullámhosszában sugároz, ami magában foglalja a kék spektrumot is ezért természetesen számolni kell a látáskutatók által jól ismert kék fény (Blue Light Hazard,

BLH) hatásaival. A megjelenítőgyártók a CE jelzéssel természetesen vállalják, hogy a BLH egészségkárosító hatásai nem jelentkeznek. Ennek ellenére a különböző megjelenítő típusok kék spektrumában leadott teljesítményintenzitása alapján jól körül tudjuk határolni, hogy mely kijelzőtípusok azok, melyek – bár a felhasználó egészségére nem károsak – gyakorolhatnak rá pszichofizikai jellegű BLH hatást.

Technológiák

a megjelenítéstechnikában

A ma elérhető elektronikus megjelenítők sokféleségét jól mutatja az 1. ábra. Talán meglepő, de a CRT megjelenítők még mindig használatosak, ugyanis színmegjelenítési képességeik és az aktív képkötés előnyei ma is versenyképessé teszik őket a DTP és a vizuális látásvizsgálatok területén. Az aktív (önvilágító) megjelenítők nagy előnye abban mutatkozik meg, hogy sokkal alacsonyabb fényűrűségű feketét hoznak létre, ezáltal megnövelve a kontrasztot és a színdinamikát. Ez a hátrány arra sarkallja a passzív (háttér fényforrást) technológiát felhasználó LCD monitort gyártókat, hogy magas fényteljesítményű képernyőket gyártsanak, amelyek nem a legergonomikusabbak és magukban hordozzák a BLH jelenségek magasabb előfordulási valószínűségét.

A LED (Light-Emitting Diode) technológiát a nagy pixelméret következtében csak nagyméretű utcai reklám- vagy stadionkijelzőkben alkalmazzák. Ezek nem összekeverendők a LED háttérvilágítású LCD megjelenítőkkel, melyeket a gyártók és a kereskedelem érthetően nevez előszeretettel LED kijelzőnek. A megtévesztés oka a magasabb

megjelenítési minőséggel rendelkező molekulákat felhasználó OLED (Organic Light-Emitting Diode) technológia. Jelenleg főleg kis képátló méretben (telefonokban, tabletekben) terjedt el az OLED technológia. Manapság még csak nagyon magas áron vásárolhatunk OLED monitort vagy tévét. A technológia fő hátránya, hogy a szerves molekulák idővel lebomlanak, így rontva a megjelenítési képességeket. A plazmatévék a magas villamos fogyasztás és a bonyolult – hibásodásra hajlamos – képkötési elv következtében kivészőben vannak. Nagy reménnyel tekintünk a kísérleti stádiumban lévő QLED (quantum dot) technológia elé, amely szintén aktív elven és egyszerű rétegtechnológián alapul. Az elektronikus vetítőekben (projektorokban) és az 1. ábrán felsorolt, jövőbe mutató egyéb megjelenítőkben jórészt az előbb bemutatott fizikai megjelenítési elveket alkalmazzák.

Elektronikus megjelenítők jellemző optikai tulajdonságai

Egy átlagos megjelenítő optikai tulaj-

donságait az 1. táblázat tartalmazza. A geometriai és időbeli tulajdonságok főleg az ergonómiát érintik. A fejlesztők folyamatosan azon dolgoznak, hogy minél magasabb felbontású kijelzőkkel

tegyék élesebbé a képet. A képfrissítési frekvencia ma már nem jelent problémát, zavaróak lehetnek azonban azok a megjelenítőtípusok, amelyek a látás fúziós frekvenciájához közeli képváltással rendelkeznek. A geometriai torzítások főleg a CRT megjelenítőket és a projektorokat jellemzik.

E hibák ellen kalibrációval küzdhetünk.

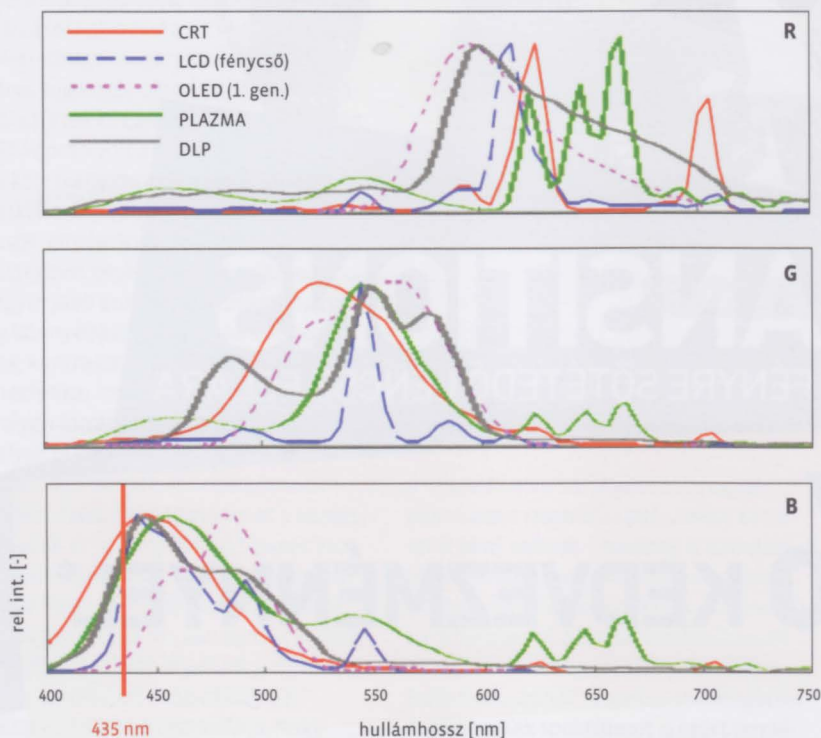
A kolorimetriai paraméterek közül a színhőmérséklet lehet a BLH szempontjából jelentős tényező. A színhőmérséklet növelésével ugyanis minden esetben növeljük a kék fény intenzitását is! Itt jegyezném meg, hogy a BLH hatás nem csak színhőmérséklet-csökkentéssel, hanem a megjelenő szoftverek kék színingereket mellőző optimalizálásával is végrehajtható!

A kolorimetriai tulajdonságok közé tartozó szintér-, illetve szín-bitmélység nagysága természetesen nagyon fontos jellemzője egy-egy megjelenítőnek, ugyanis kijelzőnktől elvárjuk a színgazdag képeket.

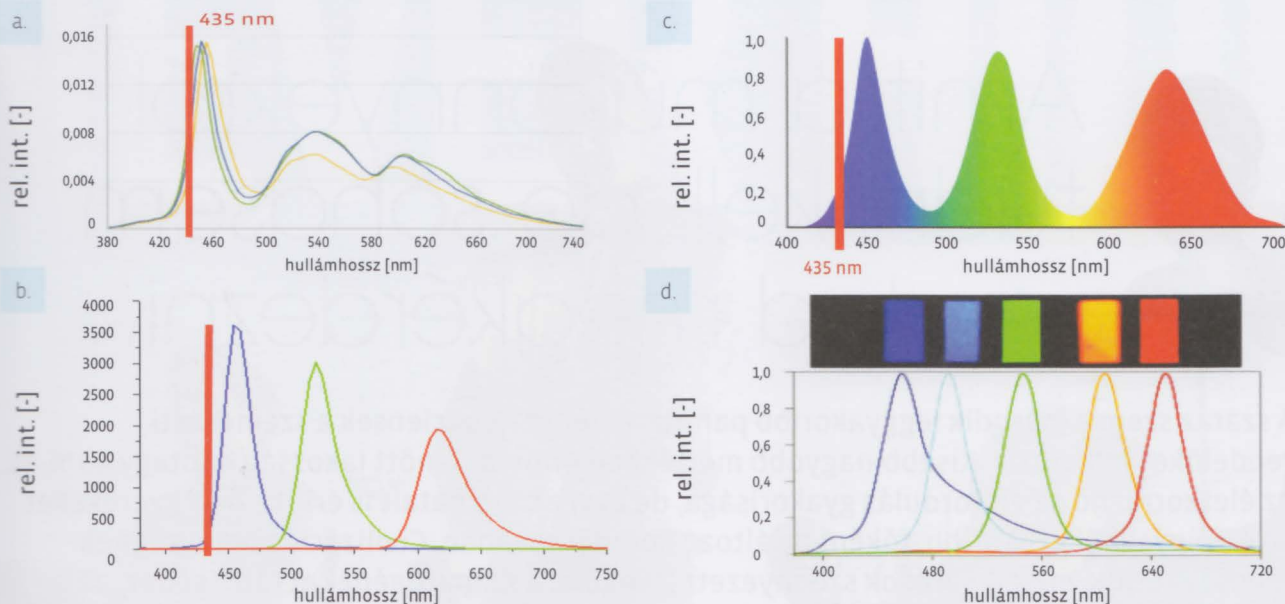
A fotometriai mennyiségek közül a kontraszt abban a tekintetben veszélyes, ahogy az előző fejezetben felmerült: nevezetesen nem feltétlenül kell hajszolni a nagy kontrasztarányal rendelkező készülékeket. A csúcs fényűrűség egy piacon lévő képernyőnél sem 600-800 cd/m² feletti, azonban törekedni kell a minél kisebb fényugárási értékre, amelyet csak jó minőségű aktív képernyőkkel érhetünk el, ugyanis ezek már alacsonyabb fényűrűség esetén is szolgáltatják az ergonómikus kontrasztértékeket.

A káros sugárzások elemzése során érdemes tanulmányozni a megjelenítők által sugárzott spektrális teljesítményeloszlást (Spectral Power Distribution, SPD). Ez mutatja meg a kijelző egyes fényhullámhosszokon leadott, wattban mérhető sugárteljesítményét. Az eltérő megjelenítőtípusok fényugárázásának kék tartományát figyelve, következtetéseket vonhatunk le az adott technológia BLH veszélyeit illetően.

A külsőleg hasonlóan lapos kivitelű PDP (plazma), LCD, LED, OLED és QLED (quantum dot) kijelzők valójában mind különböző technológiákat takarnak.



2. ÁBRA: A század első évtizedének kereskedelmi forgalmában kapható képmegjelenítők spektrális teljesítményeloszlása



3. ÁBRA: Az elektronikus képmegjelenítők csoportosítása

Megjelenítők spektrális tulajdonságainak összehasonlítása

A $B(\lambda)$ kékfény-veszély hatásfüggvényének csúcsa megközelítőleg 435 nm-nél helyezkedik el [1]. Érdemes tehát megvizsgálni, hogy az 2. fejezetben tárgyalt megjelenítők milyen teljesítményű sugárzást adnak le a 435 nm-es hullámhossz környezetében.

A 2. ábrán az előző évtizedbeli megjelenítő technológiák SPD összevetése látható. A sugárzási teljesítményeket relatív intenzitásban hasonlították össze. Az R (vörös) és G (zöld) primer fényforrások esetében természetesen nem

értelmezhető a kékfény-veszély. A B (kék) primer esetében az tapasztalható, hogy az OLED 1. generációs kijelzőn kívül mindegyik SPD görbe a 435 nm-hez közel áll, így esetükben a kék fény szempontjából a legrosszabb a spektrumillesztés.

A 3. ábrán az utóbbi években elérhető kijelzők SPD diagramjai szerepelnek. Az a. ábrán egy LED háttérvilágítású passzív kijelző látható [2]. A jelenleg eladott legtöbb telefonban, tabletben és laptopban is ez a típus található. A kék fény veszélyessége kiemelkedik a b. és c. ábrán látható 2. generációs OLED, illetve QLED kijelző [3] spektrumokhoz képest. Ha még azt is figyelembe vesszük, hogy az OLED és a QLED megjelenítők önvilágítóak, így ezáltal alacsonyabb fényűrűséggel is képesek magas kontrasztú képmegjelenítésre, úgy BLH szempontból biztosan ez a két technológia a legoptimálisabb. Ezen felül a QLED kijelzőkben könnyen változtatható a primer spektrumok (d. ábra [4]) csúcs intenzitásának hullámhossza, ugyanis az – a technológiából következően – mindössze a q-dot részecskék méretétől függ. Ilyen módon nagyon egyszerűen létrehozhatunk olyan QLED megjelenítőt, amely a lehető legoptimálisabb kékfény-sugárzást tartalmazza.

Konklúzió

A jövő meghatározó technológiájáért jó eséllyel az OLED illetve a QLED megjelenítők fognak megküzdeni. Ha a kékfény-hatás alapján szeretnénk optimális

megjelenítési elvet választani úgy az – a technológiai szempontokat figyelembe véve – a QLED esetében a legegyszerűbb. A technológiák küzdelme azonban még nem dőlt el, hisz az OLED megjelenítőkben is stabilizálhatók és változtathatók a fényemittáló szerves anyagok. Reméljük, hogy a versenyt – mint oly sokszor – nem kizárólag a piaci viszonyok fogják eldönteni, hanem szerepet kapnak a cikkben ismertetett tudományos szempontok is.

DR. SAMU KRISZTIÁN EGYETEMI DOCENS
 BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI
 EGYETEM, MECHATRONIKA, OPTIKA ÉS GÉPÉSZETI
 INFORMATIKA TANSZÉK
 SAMUK@MOGI.BME.HU

Hivatkozások

- [1] Németh Zoltán, Klinger György LED-es fényforrások fotobiológiai vizsgálata Világítástechnikai évkönyv, MEE-VTT, ISSN 1416-1079 pp. 36-47 (2015)
- [2] Jeff Yurek: How does the iPhone 5's color saturation measure up against Apple's claims? <http://dot-color.com/2012/09/27/how-does-the-iphone-5s-color-saturation-measure-up-against-apples-claims> (2012)
- [3] Adam Simmons: The Evolution of LED Backlights: <https://pcmonitors.info/articles/the-evolution-of-led-backlights> (2015)
- [4] Yasuhiro Shirasaki, Geoffrey J. Supran, Mounji G. Bawendi, Vladimir Bulović: Emergence of colloidal quantum-dot light-emitting technologies. Nature Photonics 7, pp. 13–23 (2013)

1. táblázat: Elektronikus képmegjelenítők tulajdonságainak összefoglalása	
GEOMETRIAI ÉS IDŐBELI	soronkénti és oszloponkénti pixelszám (felbontás)
	geometriai torzítások
	függőleges és vízszintes frissítési frekvencia
KOLORIMETRIAI	utóképfatás, din. paraméterek stb.
	megjeleníthető színingerek száma (bitmélység)
	szintér (color gamut)
FOTOMETRIAI	korrelált színhőmérséklet (Correlated Color Temperature, CCT)
	kontraszt
RADIOMETRIAI	csúcs fényűrűség
	spektrális teljesítményelosztás (Spectral Power Distribution, SPD)
	káros sugárzások (röntgen, BLH)