

Világítástechnikáról alapfokon

LED fényforrások csoportosítása

2016.11.08.

RÓZSAHEGYI Barnabás

LED működéséről röviden:



A LED (**Light Emitting Diode**), fényt kibocsájtó dióda egy félvezető eszköz, amely az elektromos energiát közvetlenül optikai sugárzássá alakítja.

Ezt a jelenséget hidegen sugárzásnak vagy elektrolumineszcenciának nevezzük. A LED egy p-n átmenet, amire ha adott nyitóirányú feszültséget kapcsolunk, lecsökken a határréteg átmeneti ellenállása, így itt megnövekszik a töltésmozgás, és bekövetkezik a nagyszámú elektron-lyuk rekombináció. Ennek hatására a tiltott sáv szélességhez tartozó energiával arányos hullámhosszú fény keletkezik.

Az első LED-ek gallium-arszenidből (GaAs), gallium-foszfidből (GaP) és ezek egykristályaiból készültek. A piros, sárga és zöld LED-ek megjelenése után csak hosszabb idő múlva sikerült kifejleszteni a kéken sugárzó diódát.

Ez már lehetőséget adott arra, hogy a világítástechnikai jelentőséggel bíró „fehér” LED is elérhető legyen. A fehér LED előállítására két mód is nyílt: vörös-zöld-kék (RGB) LED-ek színének keverésével, vagy – a fénycsőnél alkalmazott eljáráshoz hasonlóan – fénypor segítségével. Napjainkban a fehér LED-ek többsége sárga fénypor és kék LED-chip felhasználásával készül.

Akaszaki Iszamu, Amano Hiroshi és Nakamura Súdzszi, a nagy fényáramú, energiatakarékos és környezetbarát kék fényt kibocsátó LED feltalálói, a világítástechnikát alapjaiban alakították át. Munkájukat húsz évvel később, 2014-ben Nobel-díjjal ismerték el.

Egy kis LED történelem:

Pár mondatban szeretném összefoglalni a LED technológia fejlődését.

1920-as évek közepén az orosz Oleg Vladimirovich Lossev kutató készítette el az első LED-et.

1955-ben Rubin Braunstein, az amerikai rádiózási vállalatnál készítette el az első kísérleti infravörös tartományban sugárzó LED diódát, aminek az alapanyaga gallium arzenid (GaAs) volt.

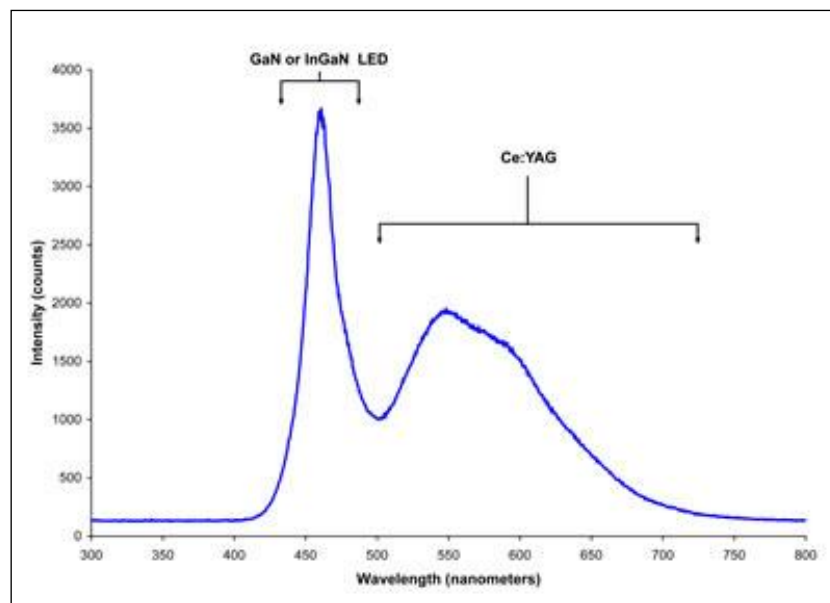
1961-ben az amerikai Texas Instruments vállalatnál, Bob Biard és Gary Pittman tovább kísérletezett, gallium arzenit alapú infravörös tartományban fényt sugárzó diódákkal.

1962-ben Nick Holonyak Jr. a General Electric Company szakembere kifejlesztette az első, látható tartományban sugárzó LED-et.

1971-ben nagy áttörést jelentett a kék LED felfedezése, amelyet elsőként Jacques Pankove az RCA Laboratories szakembere használt.

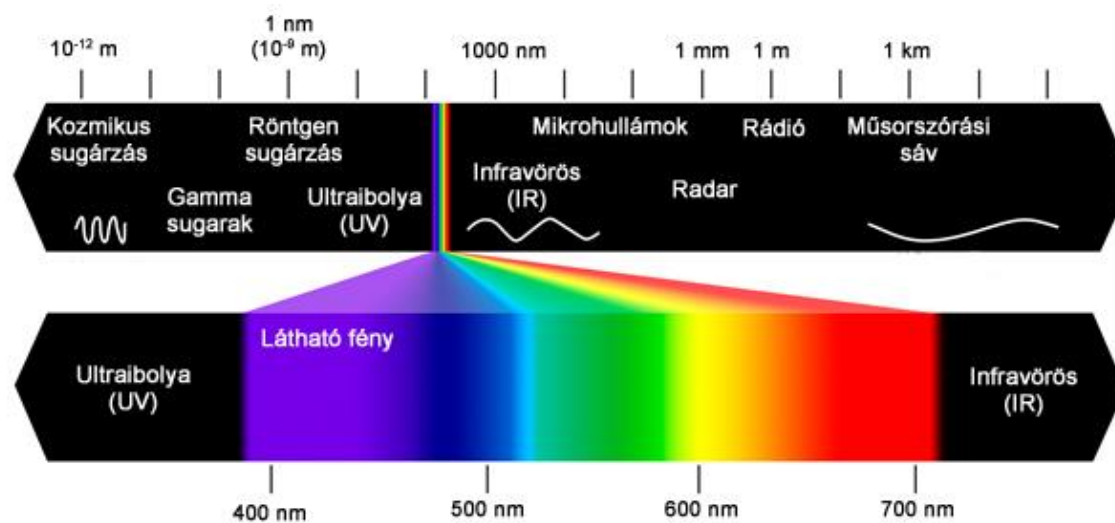
1972-ben Holonyak korábbi tanítványa Dr. M. George Craford megalkotta az első, gyakorlatban is használható sárga LED-et.

1993-ban a kék LED nagy fényáram növekedést ért el Shuji Nakamura, a Nichia Corporation kutatójának köszönhetően.



LED technológiáról:

A LED inkoherens keskeny spektrumú fényt (elektromágneses sugárzást) bocsát ki. A fény spektruma az ultraibolyától az infravörösig terjedhet.



Fontosabb fogalmak, mértékegységek :

Fényáram (*luminuos flux*)

A Φ sugárzott teljesítményből, a sugárzásnak a CIE fénymérő észlelőre gyakorolt hatása alapján származtatott mennyiség, annak fotometriai megfelelője.

$$\Phi_v = K_m \int_{380}^{780} \Phi_e(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

Jele: Φ

$$\Phi_v = \frac{dW_v}{dt} [lm]$$

Mértékegysége: [*lm - lumen ; cd·sr*].

Definíció alapján 1 *lm* az a fényáram, amelyet az 1 *kandela* fényerősségű, minden irányban egyenletesen sugárzó, pontszerű fényforrás 1 *steradian* térszögben sugároz. Azaz a fényáram a fényerősség és a sugárzás térszögének szorzata.

Ahol $K_m = 683 \text{ lm/W}$ a $V(\lambda)$ függvény 555 nm-en lehetséges maximális fényhasznosítása. Fotometriai mennyiségek esetén az egyértelmű megkülönböztetőség miatt az indexbe minden esetben kis „v”-t írunk, ami az adott mennyiség vizuális megközelítésére utal.

Fényerősség (*light intensity*)

A fényforrást elhagyó, az adott irányt tartalmazó $d\Omega$ elemi térszögben terjedő $d\Phi$ elemi fényáram és az elemi térszög hányadosa.

A fényforrás fényerőssége adott irányban:

$$I_v = \frac{d\Phi_v}{d\Omega}$$

Jele: I

Mértékegysége a *candella* = $\text{lumen} \cdot \text{sr}^{-1}$. A candella (*cd*) az SI mértékegységrendszer alapegysége.

1 kandela annak az $540 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$ ($\lambda = 555 \text{ nm}$) frekvenciájú monokromatikus sugárzást kibocsájtó fényforrásnak adott irányban kibocsájtott fényerőssége, melynek sugárerőssége ebben az irányban $1/683 \text{ W/sr}$.

Fénysűrűség (*luminance*)

A megvilágított felület dA területű felületelemének dI fényerősségét osztjuk a dA felületelem nagyságával, ahol a Θ az elemi felület normálisa és a fényerősség iránya által bezárt szög.

$$L = \frac{dI}{dA}$$

$$L_v = \frac{dI_v}{dA \cos\Theta}$$

Jele: L

Mértékegysége a cd/m^2

Nem csak a világítástechnikában fontos mennyiség, hiszen az emberi szem fénysűrűséget érzékel. Ez alapján érzékeli a kontrasztot, de ezzel írható le a káprázás vagy a vakítás jelensége is.

Megvilágítás (*illuminance*)

A felület egy pontjában (E_v) a felület adott pontját tartalmazó felületelemre beeső $d\Phi$ fényáram és a felületelem dA területének hányadosa

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA}$$

Egysége a $lux = lm/m^2$

1 lux a megvilágítása az $1m^2$ nagyságú felületnek, ha azon 1 lm fényáram egyenletesen oszlik el.

A megvilágítás a világítástechnikában egyik leggyakrabban megadott mennyiség. A szabványok igen gyakran megvilágításban definiálják a gyakorlati követelményeket.

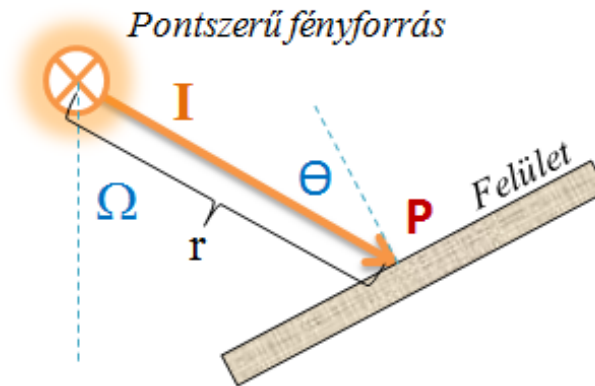
Ennek egyik oka az egyszerű és könnyen érthető definíció, másrészt az a tény, hogy ezt a mennyiséget könnyen, és szélesebb körben lehet mérni, nem igényel bonyolult és drága berendezéseket. Egy megvilágításmérő vagy a köznyelvben gyakran előforduló luxmérő a benne található érzékelő (fotodióda) segítségével számszerűsíti a felületére beérkező fotonok (azaz a fényáram) által kiváltott töltéshordozókkal arányos jelet.

A távolságtörvény

A megvilágításhoz kapcsolódó fontos törvényszerűség az úgynevezett **távolságtörvény** (*Photometric distance law*) amely leírja, hogy **pontszerű fényforrás** által létrehozott megvilágítás hogyan függ a megvilágított felület és a sugárzó közti távolságtól.

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad \text{de,} \quad d\Phi = I d\Omega$$

$$E = \frac{I(\Omega)}{r^2} \cos\Theta$$



Azt a fény- vagy sugárforrást, melynek mérete az érzékelőtől való távolsághoz képest kicsi, pontszerű forrásnak nevezzük. Egy elméleti pontszerű fényforrás a tér minden irányában sugároz.

Pontszerű fényforrás esetén a megvilágítás a felülettől mért távolság négyzetével arányosan csökken.

Ha egy munkasíktól merőlegesen 1 méter távolságra lévő fényforrás 100 lx megvilágítást produkál, akkor 2 méter távolságban a megvilágítás már csak 25 lx lesz.

Fényhasznosítás (*Efficacy*)

A fényforrás által kibocsátott fényáram, és a felvett villamos teljesítmény hányadosa. Azt mutatja meg, hogy az adott fényforrás 1 W felvett villamos teljesítmény felhasználásával az emberi szem számára mennyi hasznos optikai sugárzást, vagyis fényáramot képes előállítani.

Mértékegysége a definícióból adódóan [lm/W].

η_s - sugárzási hatásfok	[-]
ϕ_e - kisugárzott teljesítmény	[W]
P - felvett elektromos teljesítmény	[W]
I - felvett áram	[A]
U - felvett feszültség	[V]
η_f - fényhatásfok	[-]
ϕ - fényáram	[lm]
K_{max} - fényhasznosítás elméleti maximuma ($\lambda=555$ nm)	[lmW ⁻¹]
$V(\lambda)$ - szem spektrális érzékenységi függvénye	[-]

A fényhasznosítás a gazdaságosság egyik legfőbb szempontja, 50 lm/W felett már jónak mondható.

Edison első izzója körülbelül 1,4 lm/W-ot produkált, míg egy hagyományos izzólámpa a felvett teljesítménytől függően 12-14 lm/W-ra képes.

Halogén izzóknál ez az érték akár a 30 lm/W-ot is elérheti.

Ezzel szemben a fénycsövek 70-90 lm/W-os jellemző értékekkel jóval gazdaságosabbak, ez magyarázza széleskörű elterjedésüket a beltéri világításokban.

Az elsősorban csarnok és épületvilágításhoz alkalmazott fémhalogén fényforrások fényhasznosítása kicsit magasabb, 65-105 lm/W is eléri.

A közvilágítási lámpatestek jelentős része jellegzetes sárgás fényű, úgynevezett nagynyomású nátrium lámpa, mely 100-140 lm/W-os értékek mellett abszolút energiatakarékos, viszont a színvisszaadása rossz, ami alkalmazhatóságukat erősen korlátozza.

A napjainkban egyre szélesebb körben alkalmazott LED-ek is széles palettán mozognak, maximális fényhasznosításuk meghaladhatja a 130 lm/W-ot. Laborkörülmények mellett napjainkban már 200 lm/W felett járnak!

Mindezek fényében érezhető, hogy a termikus elven működő izzólámpák közel sem nevezhetők gazdaságosnak, hiszen a felvett elektromos teljesítményük túlnyomó többsége hő veszteségre fordítódik. Habár színvisszaadásuk a legjobb, közel 100 %, fokozatosan tűnnek el a boltok kínálatából, gyártásuk hamarosan teljesen megszűnik, illetve teljes egészében a halogén típusokra korlátozódik

Színhőmérséklet (color temperature)

A színhőmérséklet a látható fény egy jellegzetessége, a látható tartományban kisugárzott energia hullámhossz szerinti eloszlására jellemző szám.
Jele: K

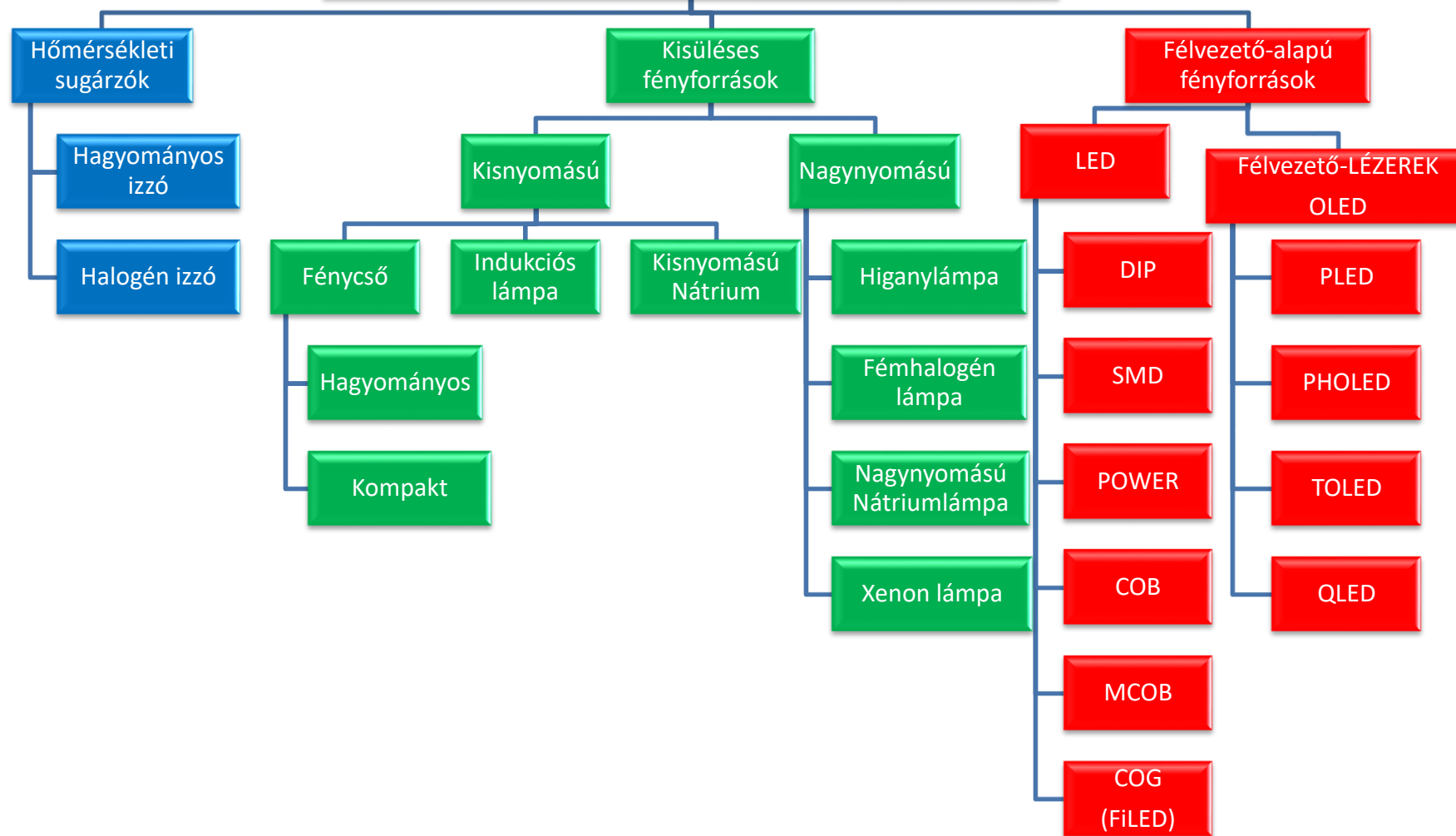
Egy fényforrás színhőmérsékletét az általa okozott színérzet és egy képzeletbeli abszolút fekete test által létrehozott színérzet alapján határozzák meg.

A különböző színhőmérsékletek befolyásolják az ember hőérzetét és koncentrálóképességét. A melegebb árnyalatok pihentetőbben hatnak, míg munkahelyeken a hidegebb fehér árnyalatokat használják, ugyanis segítik a koncentrációt: hideg munkahelyeknél az alacsonyabb színhőmérsékletű (meleg fehér), míg meleg munkahelyeken inkább a magasabb színhőmérsékletű (fehér) árnyalatokat alkalmazzák.

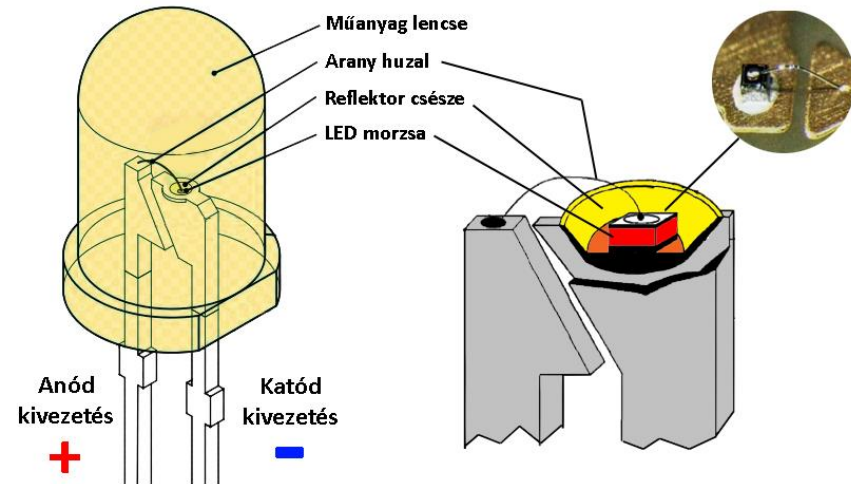
Színvisszaadási index (Colour Rendering Index)



MESTERSÉGES FÉNYFORRÁSOK CSOPORTOSÍTÁSA

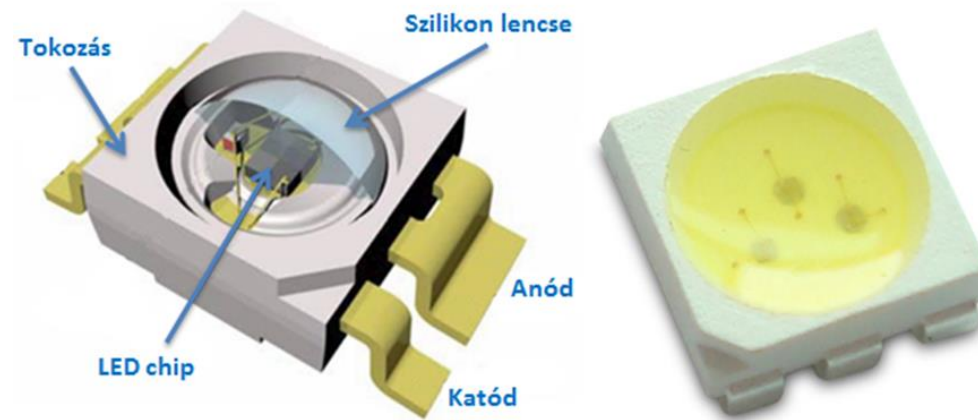


1. DIP LED:



A DIP LED-ek nem világítási célra lettek kifejlesztve, = **Dual in Line Package** Két kivezetésük van, amik műanyag burába vannak öntve. A hőelvezetése nem megfelelő, ezért túlmelegedés jöhet létre nagyobb fényáram esetén. Ez a legrégebbi technológia.

2. SMD LED:



SMD = **Surface Mounted Device**, azaz felületszerelt eszköz.

A különbség a DIP LED hez képest, hogy ezek nem lábakon állnak, hanem a felületre szerelik, ezért jó a hőelvezetésük.

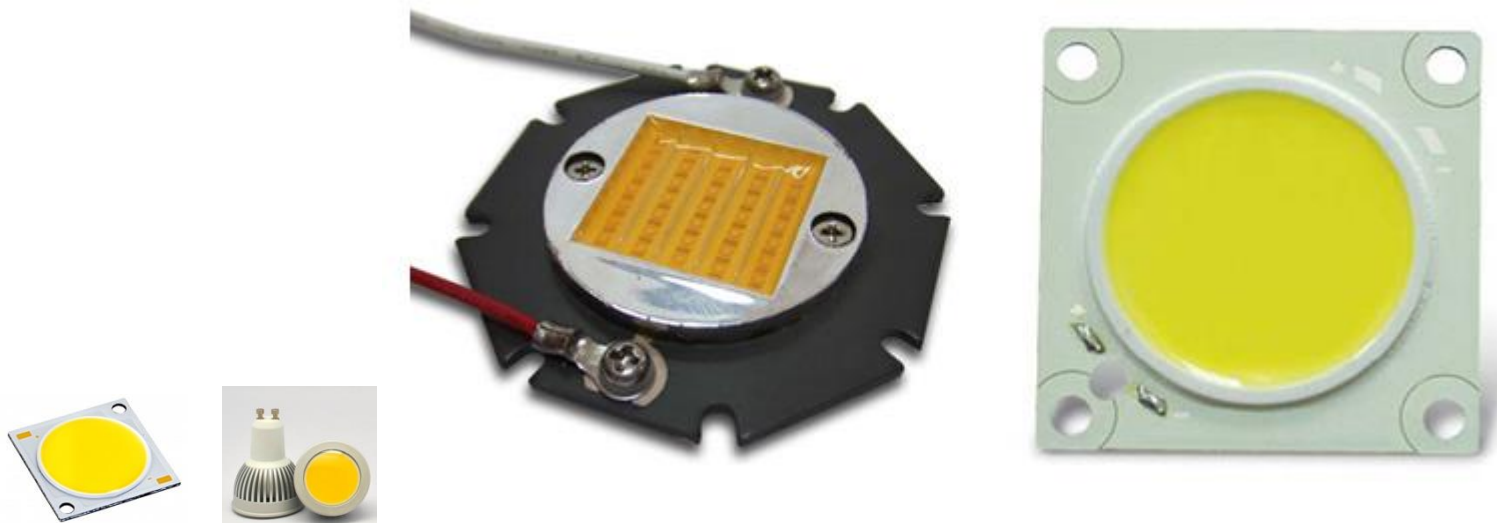
A 35*28 (mm) típus és 50*50 (mm) típusú LED chipek a legelterjedtebb az SMD LED- ek közül.

3. High Power LED:



Ezek, nagy teljesítményű 1W-os LED-ek. Nagyon jó az 1 lumen/wattra jutó fényhasznosításuk, létezik már olyan is, ami több mint 140 lumen/watt fényhasznosítású. Ennél a fajta LED-nél már nagyon lényeges a hűtőbordák méretezése, kiválasztása , mert a melegedése jelentős.

4. COB LED:



COB = **Chip On Board**-nak a rövidítése. Hőelvezetése nagyon jó, ami annak köszönhető, hogy a nagy teljesítményű chipet közvetlenül az alaplemezre szerelik. Mivel jó a hőelvezetése nem melegszik, ami megnöveli a LED élettartamát.

5. MCOB LED:



MCOB = Multi Chip On Board. Egy újabb fejlesztésű LED. Mivel a LED élettartamát az határozza meg, mennyire jól tudja leadni a hőt a környezetének, folyamatosan ezen a problémán dolgoznak a fejlesztők. Az MCOB lényege, hogy a LED több kicsi felületen jelenik meg és nem egy nagyon, ezért a hűtése jobbnak mondható.

6. COG LED:



A **COG LED**, a **(Chip On Glass)**, **üveglapra épített LED-** et jelent. Az üveg (blue sapphire) gyufaszál méretű csíkokra van vágva, azaz LED szálakról, LED filamentről beszélhetünk.

A Benedetti Kft. a túl hosszú elnevezés helyett, FiLED néven illeti a Chip On Glass, vagy Omni LED- et .

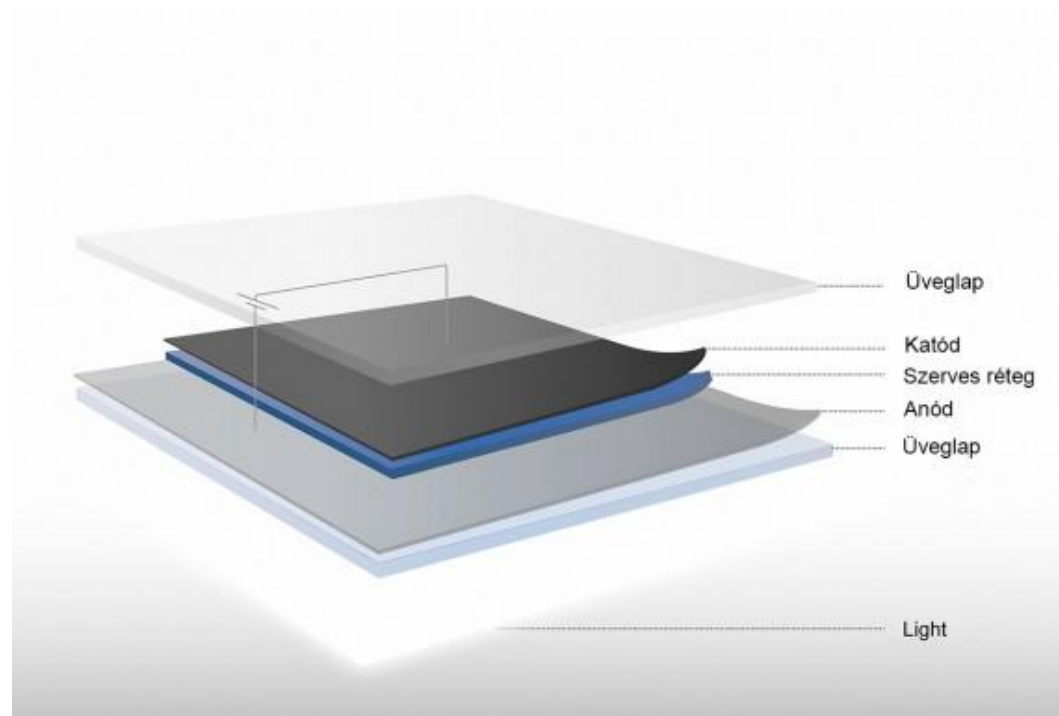
Sugárzási szögük kialakításuknak köszönhetően egyedülálló módon 360°.

Bővebb info: www.filed.hu weboldalon található.

7. OLED:

Az OLED az **Organic Light Emitting Diode** angol szavak rövidítése; ezek jelentse szerves fénykibocsátó dióda.

Ahogy az más technológiáknál is lenni szokott, az OLED maga egy meglehetősen általános fogalom, a technológiának többféle alkalmazási és előállítási módja van – a működés alapját tekintve azonban minden variáns azonos. Egy OLED-panel esetében alapvetően egy réteges felépítést kell elképzelnünk, amelyben az OLED-et két záróréteg fogja közre. Ez a két lap legtöbbször üveg, de polimerek alkalmazása is lehetséges, ami lehetővé teszi ívelt felületek kialakítását is. A két záróréteg között helyezkedik el maga az OLED, szintén szendvicses felépítésben: (kicsit leegyszerűsítve) anód, szerves (vezető) réteg, emissziós réteg és katód sorrendben.



Az OLED-kijelzőket többféle módon lehet csoportosítani.

A technológia finomítása az OLED (organikus LED), és ennek fajtái a **PLED** (Polymer LED), a **PHOLED** (Phosphorescent OLED), a **TOLED** (Transparent OLED) megjelenésével nem ért véget. Utóbbit a mai számítógép kijelzők készítésére használják, az OLED pedig a fényképezőgépek kamerájából vagy OLED kijelzős TV-kből lehet ismerős. Innen már csak egy lépés a **Quantum dot LED**, aminek különlegessége, hogy félvezető fluorezcenciás tulajdonsággal rendelkező nanokristályokat használ a fény előállítására.

Összegezve elmondhatjuk a LED technológia sikerét és sikerességét méltán írhatjuk a 21. század egyik kiemelkedő vívmánya közé, ami ráadásul szervesen hozzájárul az emberiség energiafelhasználásának gazdaságossá tételéhez.



LED- ek hűtése:

A kiváló minőségű teljesítmény LED-ek alkalmazásának hátrányként említendő a magas árak, azonban a beruházási költségek – megfelelő tervezés esetén – a kis fogyasztás és a hosszabb élettartam miatt megtérülhetnek.

A kiegyensúlyozott működéséhez és hosszú élettartamához azonban stabil tápforrás, vagy védelmi célt szolgáló áramkör, valamint teljesítmény LED-ek esetén megfelelően **tervezett hűtés** is szükséges.

A LED –ek nél keletkezett hőt el kell vezetni, ki kell csatolni. Lenin után szabadon: Hűteni-hűteni-hűteni kell.

A hűtési megoldásokat alapvetően két kategóriába lehet sorolni: a hűtés lehet **aktív** és **passzív**.

Az **aktív** a hatásosabb, azonban ekkor a hűtőrendszer része egy „aktív elem”, ami az esetek többségében egy megválasztott méretű és teljesítményű ventilátor, amit a keletkező hőmennyiség elvezetése érdekében a hűtőborda hőátadó felületére szerelnek. Ennek a megoldásnak azonban számos hátránya van! A ventilátor működése közben zavaró zajt generál, ami az élettartam során erősödhet. Emellett külön tápellátást igényel, és a felvett teljesítménye rontja az energiahatékonyságot. A legnagyobb probléma az, hogy működési ideje lekorlátozhatja a LED élettartamát is, hiszen élettartama töredéke a LED-ek névleges működési idejének. Az elromlott ventilátor miatt a keletkező hőmennyiség már nem tud távozni, ami a lámpa teljesítmény csökkenését és tönkremenetelét is előidéz. Emellett meg kell oldani a ventilátor által szállított hő elvezetését, ami sokszor nehézkes. Olyan lámpatestekben, ahol a ventilátor csere nehézkes és drága lenne, alkalmazásuk nem javasolt.

Passzív hűtésnél nincs olyan hűtő alkatrész, amely teljesítményt vesz fel. Ekkor a keletkező hőmennyiséget valamilyen jó hővezető-képességű anyagból – általában réz vagy alumínium – készült bordaprofilnak kell megoldania. Az átlátszó anyagok nem jó hővezetők, ez alól kivételt képeznek a **speciális hővezető polimerek**, melyek alkalmazása az igen magas ár miatt nem gazdaságos.

Az adott hűtési feladathoz ideális hűtőborda megtervezése nem egyszerű folyamat és igen hosszadalmas, hiszen számos geometriai és hőtani paraméter pontos ismerete szükséges a pontos számításokhoz, melyek gyakran még a gyártói adatlapokban sem szerepelnek. A bordák elhelyezésekor figyelembe kell venni – ha fennáll – a természetes légáramlatot, amely a bordák közül segít a távozó hőmennyiség elszállításában. A geometriát és az alakprofilt úgy kell megtervezni, hogy a lehető legnagyobb felületen érintkezzen a hőátvevő közeggel, vagyis a levegővel, de a bordák között megfelelően nagy távolságnak is lennie kell, hogy a hő a kéményhatás elvén felfele is távozhasson a bordák közül. A hűtés hatásfokát tovább lehet javítani a hőátadó felületekre felvitt hővezetőpaszta alkalmazásával.



Újabban egyre gyakrabban alkalmaznak hővezető csöveket (*heat pipe*) a keletkező hő transzportálásához hidegebb vagy jobban szellőző területekre, ha nincs elegendő hely a keletkezett hő lokális disszipálására, de sok esetben a bordák fizikailag nem férnek el a lámpatestben.

