

## Erinevad tehnoloogiad valgusdiodide (edaspidi LED) tootmisel.

Esimesed laialt levinud LED'id väljusid tehastest nn. DIP- korpuses (ingl. k. Dual In-line Package, nimetus pärineb küll toleaeagsete mikroskeemikorpuste kujust). Selline LED koosneb enamasti plastkorpusesse paigutatud ühest ainsast LED'iga pooljuhtkristallist, millel on kaks pikka, kergesti joodetavat jalga (vt. Pilt 1). Sellised LED'id ainuvalitsesid maailma üle kahe aastakümne. Neid kasutatakse ka tänapäeval, kuid üha vähem. Siiski on kaubandusest võimalik vabalt kätte saada nii üksikuid LED'e, kui ka nende baasil toodetud valgusallikaid (vt. Pilt2).

Professionaalses valgustehnikas kasutatakse sedasorti LED'e vähe, kuna nende valgustugevus on väike. Neid leiab LED-ekraanidest ja filminduses ning TV's kasutatavates valguspaneelides, kus vajatakse suure pinna, kuid väikese heledusega hajusaid valgusteid (Pilt 3)



Pilt 1. DIP-korpuses LED



Pilt 2. DIP-LED'idega MR16 lamp



Pilt 3. DIP-LED'idega valgusti

DIP-korpuse eeliseks on odav hind ja peamiseks puuduseks suure võimsusega diodide sellesse paigutamise võimatus, kuna sellisest korpusest soojuse väljajuhtimine on keerukas.

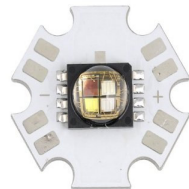
Kui 1990ndatel Nichia Corporationis suure võimsusega valgusdiodid (ingl. k. High-Power LED, ehk HPLED) välja töötati, vajas see soojuse ärajuhtimiseks teistsugust korpust. Eraldi nn. SMD-korpuses (ingl. k. Surface-Mount Device, pindmontaažseade) LED joodeti metallist (enamasti alumiiniumist) alusplaadile liimitud isoleermaterjalil asuvate viikude külge (vt. Pilt 4 ja 5). See vähendas soojustakistust LED-kristallilt väliskeskkonda tunduvalt, kuid kuna kristalli ja alusplaadi vahel on siiski 4-5 vahekihti ja soojuse allikas asub ühes punktis, on soojuse ärajuhtimine siingi problemaatiline, mistõttu võimsate LED'ide ja äärmuslike keskkonnatingimuste korral võib esineda LED'i tööaja märkimisväärset lühenemist või isegi diodi riknemist.

HPLED'e võib ühele alusplaadile kinnitada ka mitu ning toota sel viisil pildil 6. kujutatud valgusallikaid, kuid üksiku LED'i suurte mõõtmete tõttu on soojuse jaotumine alusplaadil siiski ebahühtlane. SMD-korpusesse asetatakse tihti ka mitu erivärvilise kiirgusega LED-kristalli (vt. pilt 5, kus on ühes korpuses punane, sinine, roheline ja valge LED), mille abil saavutatakse värvide segamine moel, kus silm enam eri värvide diodeid ei erista ja tajub tulemit ühe, muutuva värviga punktvalgusallikana.

HPLED on tänapäeval levinuim LED professionaalses valgustehnikas, mida kasutades toodetakse väga erinevaid seadmeid (pilt 7). HPLED'idega seadmetel on kaks peamist puudust. Esiteks, kuna tugev valgus lähtub väga väikesest punktist, siis tajub silm seda ebameeldivalt heledana ja teiseks nn. „sebraefekti“ tekkimine varjudes (pilt 11), kui valgustatav objekt asub valgusseadme lähedal.



Pilt 4. Valge HPLED



Pilt 5. RGBW HPLED



Pilt 6. HPLED'idega MR16 lamp



Pilt 7. HPLED'idega Wash

SMD-korpuses hakati tootma ka väiksema võimsusega LED'e (pildid 8 ja 9), mis on ka mõõtmetelt väiksemad ning võimaldavad neid alusplaadile tihedamalt paigutada ja selle abil soojusjaotust pisut parandada (pilt 10), kuid see ei lahendanud mitmete vahekihtide probleemi soojuse teel LED-kristalli ja alusplaadi vahel.



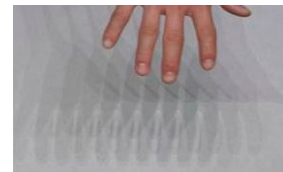
Pilt 8. SMD-korpuses valge LED



Pilt 9. SMD-korpuses RGB LED



Pilt 10. SMD LED'idega MR16 lamp

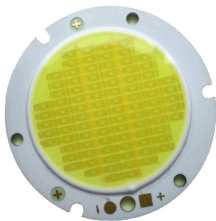


Pilt 11. „Sebraefekt“

Pildil 9 on näha, kui väikesed võrreldes korpusega on valgust tegelikult kiirgavad kristallid (need kolm tillukest ruudukest hallide alade peal). Sama tilluke on pildil 8 kujutatud valge LED'i kristall, kuid kuna see on kaetud kollase luminofooriga, tundub valgust kiirgav ala silmale suurem, ega ole sisse vaadates nii ebameeldiv. Kuid nn. „sebraefektist“ (pilt 11) pole pääsu ka selliste LED'idega valgustite korral. Eriti ilmekalt avaldub see LED-ribade puhul, kus LED'id paiknevad ühes reas ja üksteisest suhteliselt kaugel.

Nüüd jõuamegi viimase tehnoloogilise uuenduse, nn. COB LED'i juurde. COB on lühend inglise keelsest fraasist „Circuit On Board“ (vabas tõlkes: ahelad otse alusplaadil).

COB LED'i peamine uudsus seisneb selles, et LED-kristallid kinnitatakse juba tootmise käigus otse alusplaadile, üksteisele väga lähedale. Paariruitsentimeetrisele alale on võimalik kinnitada kümneid, ja isegi sadu üksikuid LED-kristalle (pilt 12). Kuna diodid paiknevad ühtlaselt üle kogu alusplaadi, on võimalik plaadilt efektiivselt soojust ära juhtida, mis teeb võimalikuks toota suure võimsusega COB LED'e. Süsteemi soojustakistust vähendab ka see, et alusplaadi ja LED-kristalli vahel on vaid 1-3 vahekihti (sõltuvalt alusplaadi materjalist). COB LED'ide valgusviljakus võib ulatuda kuni 140 lm/W, mis ületab tavalise hõõglambi oma ligi kümnekordselt, on suurem ka luminofoor- ehk nn. „säästulampide“ valgusviljakusest (50-100 lm/W) ja on samast klassist tänavavalgustuses kasutatavate naatriumlampidega, kuid oluliselt parema värviedastusindeksiga. COB LED'ide võimsus ulatub kuni 100 vatini ja neid toodetakse ka kõrgematele toitepingetele (24 ja 48V), mis lubab kasutada säästlikumaid ja odavamaid toiteseadmeid.



Pilt 12. Valge valgusega COB LED



Pilt 13. RGB COB LED



Pilt 14. Multi Chips On Board (MCOB) LED

Valge valguse saamiseks kaetakse kogu LED-kristallide ala kollase luminofooriga (pilt 12), värvilise valguse korral läbipaistva kaitsekihiga (pilt 13). Erineva koostise ja tihedusega luminofoore kasutades saab toota erineva värvustemperatuuriga valge valgusega COB LED'e (nn. „soe“ või „külm“ valgus).

Sõltuvalt alusplaadi materjalist eristatakse alumiinium- ja keraamilisi COB LED'e. Keraamilise alusplaadi korral saab LED-kristalli kinnitada otse alusplaadile, mis tagab parema soojusjuhtivuse kristalli ja alusplaadi vahel. Keraamilise alusplaadi teiseks eeliseks on see, et alusplaadi ja LED-kristalli soojuspaisumistegurid on enam-vähem ühesugused, mis vähendab LED'i riknemise ohtu ülekuumenemise korral. Alumiiniumist alusplaadiga COB LED'il on vajalik kristalli ja alusplaadi vahele lisada dielektrikiht, mis suurendab süsteemi soojustakistust, lisaks on alumiiniumi soojuspaisumistegur neli korda suurem, kui LED-kristallil, mis võib viia COB LED'i riknemiseni ülekuumenemisel. Omad puudused on ka keraamilise alusplaadiga COB LED'il, esiteks on alusplaat habras, mistõttu see võib see löökide või oskamatu kinnitamise tagajärjel puruneda ja teiseks on keraamiline COB LED oluliselt kallim, mistõttu seda tehnoloogiat kasutatakse peamiselt suure võimsusega COB LED'ide tootmisel, kus alusplaadi pindala on suur ja vastupidavus kõrgetele temperatuuridele olulisem. Väiksema võimsusega COB LED'ide optiliste omaduste parandamiseks on välja töötatud nn. Multi Chips On Board, ehk MCOB LED (pilt 14), kus LED-kristallid on jagatud väiksematele kausikujulistele aladele alumiiniumist alusplaadil. MCOB LED'e leiame peamiselt kodutarbijale mõeldud LED lampidest.

COB LED'i eelised kokkuvõtvalt:

1. Paremad soojuslikud omadused, mis tagab pikemaajase tõrgeteta töö.
2. Kõrge valgusvilkus (lm/W).
3. Valgus lähtub suuremalt pinnalt, mida on silmal ja kaamerale meeldivam vaadata.
4. Nn. „sebraefekti“ puudumine.
5. Valgusteid on lihtsam ja odavam toota, kuna LED-kiipide omavahelised ühendused on tehtud juba COB LED'i sees.
6. Valgel COB LED'il parem värviedastusindeks kui muu tehnoloogiaga LED'idel
7. Võimalik toota täpselt vajamineva värvustemperatuuriga LED'e.

COB LED'i puudused kokkuvõtvalt:

1. Kitsa kiirega spotvalgustite tootmiseks on vajalik suhteliselt suuremõõtmeline väline läätis või läätsesüsteem.
2. Parimate omadustega keraamilise alusplaadiga COB LED on kallis ja habras.
3. Tootmises puudub kindel standard mõõtmetele/kinnitustele.

Praeguseks on COB LED üha laiemini levimas. Seda võib leida nii kodukasutuseks mõeldud valgusallikatest (Pilt 15) kui ka professionaalse valgustehnika seest. Tänu võimalusele toota täpse värvustemperatuuriga COB LED'e, leiame neid üha enam halogeenlampe asendamas nii fresnel-, PC- ja profiilprojektorites, kui ka PAR-projektorites, blinderites ja liikuvates seadmetes. RGB COB LED'e kasutatakse laialdaselt omavahel lihtsalt ühendatavates LED-moodulites (Pilt 16).



Pilt 15. COB LED'iga MR16 lamp



Pilt 16. RGB COB LED'iga 4x4 moodul