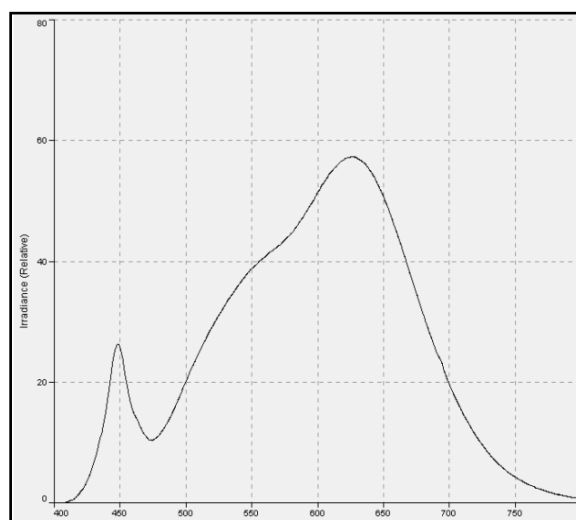


Skúsenosti s vývojom a aplikáciou LED svetelných riešení na báze Multi LED čipov

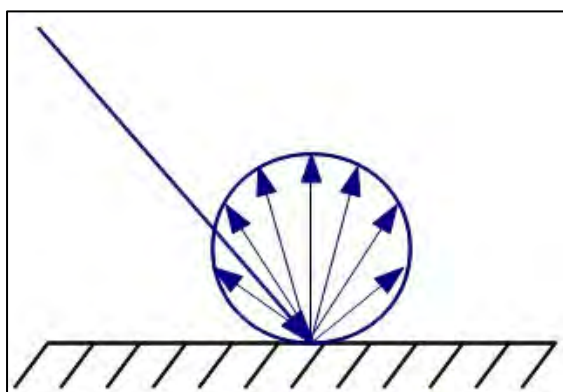
Ing. Marek MÁCHA, OMS, spol. s r.o., Dojč

Čo je to COB

COB „Chip On Board“¹ je technológia, ktorá používa maticové zoskupenie jednotlivých nízko výkonových LED do jedného celku na kremíkovom substráte. Vzhľadom na to, že vyžarovanie takýchto jednotlivých LED je v modrej oblasti farebného spektra musíme toto svetlo konvertovať na svetlo v nami viditeľnej oblasti. Konverzia modrého svetla na požadované biele svetlo môže prebiehať dvomi spôsobmi. Prvým je technológia „remote phosphor-u“². Jej princíp spočíva v tom, že modré LED(Obr.1) sú uzatvorené v zmiešavacej komore a prekryté plastovým alebo skleneným difúzorom, ktorý obsahuje fosfor. Povrch zmiešavacej komory je vysoko-odrazový s charakteristickým „Lambertovským“³ odrazom(Obr. 2). Práve vnútorný povrch je jedným z kľúčových činiteľov pri výslednej účinnosti celého systému. Najčastejšie výrobcovia používajú plastové materiály(Furukava electric – odraz > 98%), špeciálny odrazový papier (Dupont - odraz > 97%) alebo keramický materiál(Cerflex – odraz >98%).



Obr.1 Spektrálny diagram LED bez fosforu



Obr.2 Lambertovský odraz od povrchu
materiálu



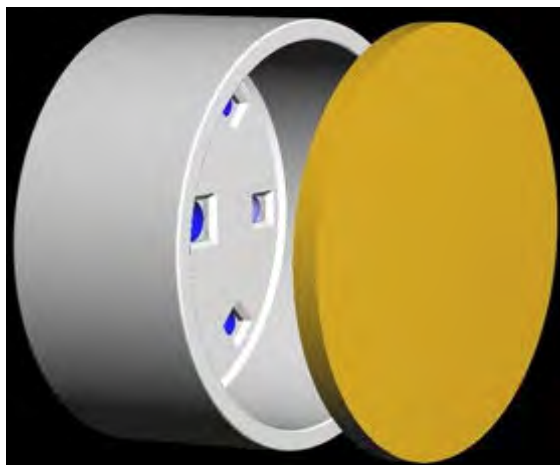
Obr. 3 Zmiešavacia komora Cerflex
materiálu

¹ Technológia kde sú jednotlivé LED uložené do matice na kremíkovom substráte a prekryté vrstvou fosforu.

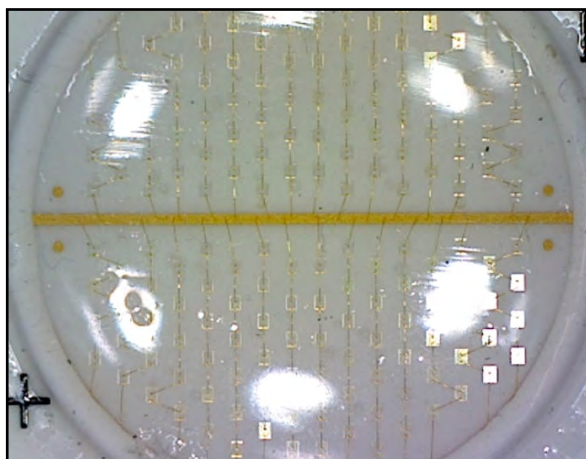
² Technológia kde sa používajú LED, ktoré vyžarujú v modrej oblasti a na konverziu sa používa fosfor na difúznej ploche, ktorá je umiestnená pred LED zdrojmi(Philips Fortimo DLM).

³ Lambertovská vyžarovanie je také kde je intenzita svetla vo všetkých smeroch rovnaká.

Zmiešavacia komora je prekrytá v celom rozmere plastovým alebo skleneným difúzorom s pridaním fosforu. V prípade Plastových difúzorov sa fosfor nachádza priamo v materiály a pridáva sa do plastového granulátu už pri výrobe. V prípade sklenených difúzorov sa fosfor nenachádza v materiály ale tenká vrstva pripomínajúca gumu je aplikovaná priamo na difúzor. V prípade „remote phosphor-u“ dosahujeme lepšie výsledky v oblasti parametrov ako je CRI⁴ no na druhej strane je celý systém oveľa zložitejší.

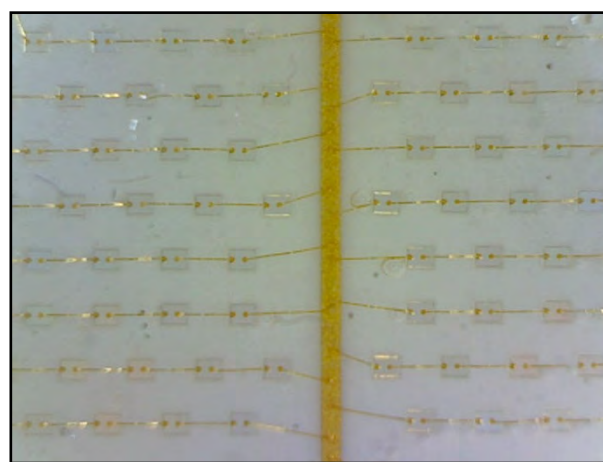


Obr. 4 Zmiešavacia komora s „remote phosphorom“ materiálom



Obr. 5 COB Sharp MegaZenigata bez fosforu

Preto v prípade COB technológie používajú výrobcovia druhú možnosť a to je fosfor aplikovaný priamo na LED čipe. Aplikácia fosforu ako konvertora priamo na LED čipe má svoje výhody aj nevýhody. Výhodou je najmä to, že zmiešavacia komora a rozmerný difúzor nie sú potrebné. Menej konštrukčných častí znamená aj nižšiu cenu svietidla. COB LED sú vyrábané v mnohých veľkostných aj výkonových verziách. Svetelno-technické parametre sa môžu líšiť vo svetelnom toku, indexu podania farieb, náhradnej teplote chromatickosti. Tak ako sa zvyšujú nároky na osvetľované priestory tak sa zvyšujú aj nároky na inovatívne produkty zo strany zákazníkov. Výrobcovia sú nútení v konkurenčnom boji poskytovať výhody a prichádzať na trh s inovatívnymi riešeniami. Príkladom takého riešenia je stmievateľný COB LED modul, ktorého hlavnou prednosťou je možnosť nastavenia náhradnej teplote chromatickosti (CCT) v rozsahu 2700K až 5000K. Konkrétnejšie to je Tiger Zenigata od spoločnosti



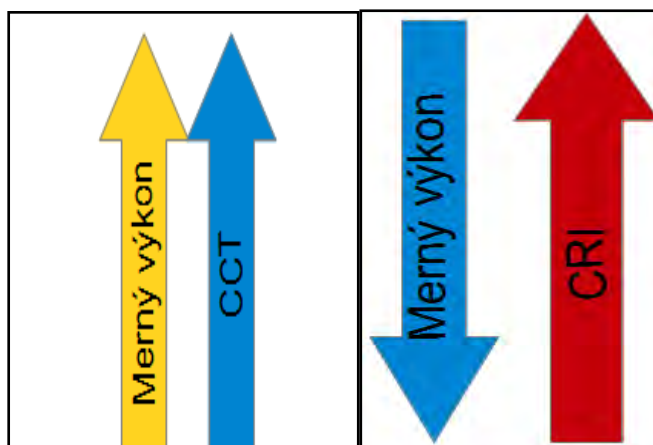
Obr. 6 Detailný pohľad na maticu jednotlivých LED v COB LED Sharp MegaZenigata

⁴ CRI – z angl. Colour Rendering Index – index podania farieb. Parameter, ktorý vyjadruje s akou vernosťou je schopný daný svetelný zdroj podať farby v porovnaní s denným svetlom.

Sharp. Medzi najväčších výrobcov COB LED patria japonské spoločnosti ako sú Sharp, Citizen, americká spoločnosť CREE resp. Bridgelux a mnoho ďalších. Merný výkon COB LED sa pohybuje v rozmedzí 71 lm/W až po 103 lm/W. Rozdiel v mernom výkone je zapríčinený rôznymi parametrami. V závislosti od náhradnej teploty chromatickosti (CCT) ako môžeme vidieť v tabuľke č.1 sa mení aj merný výkon. Vyššia CCT znamená vyšší merný výkon. Náhradná teplota chromatickosti nie je jediný parameter, ktorý ovplyvňuje merný výkon ale aj index podania farieb. Čím vyšší index podania farieb tým menší je merný výkon a účinnosť COB LED.



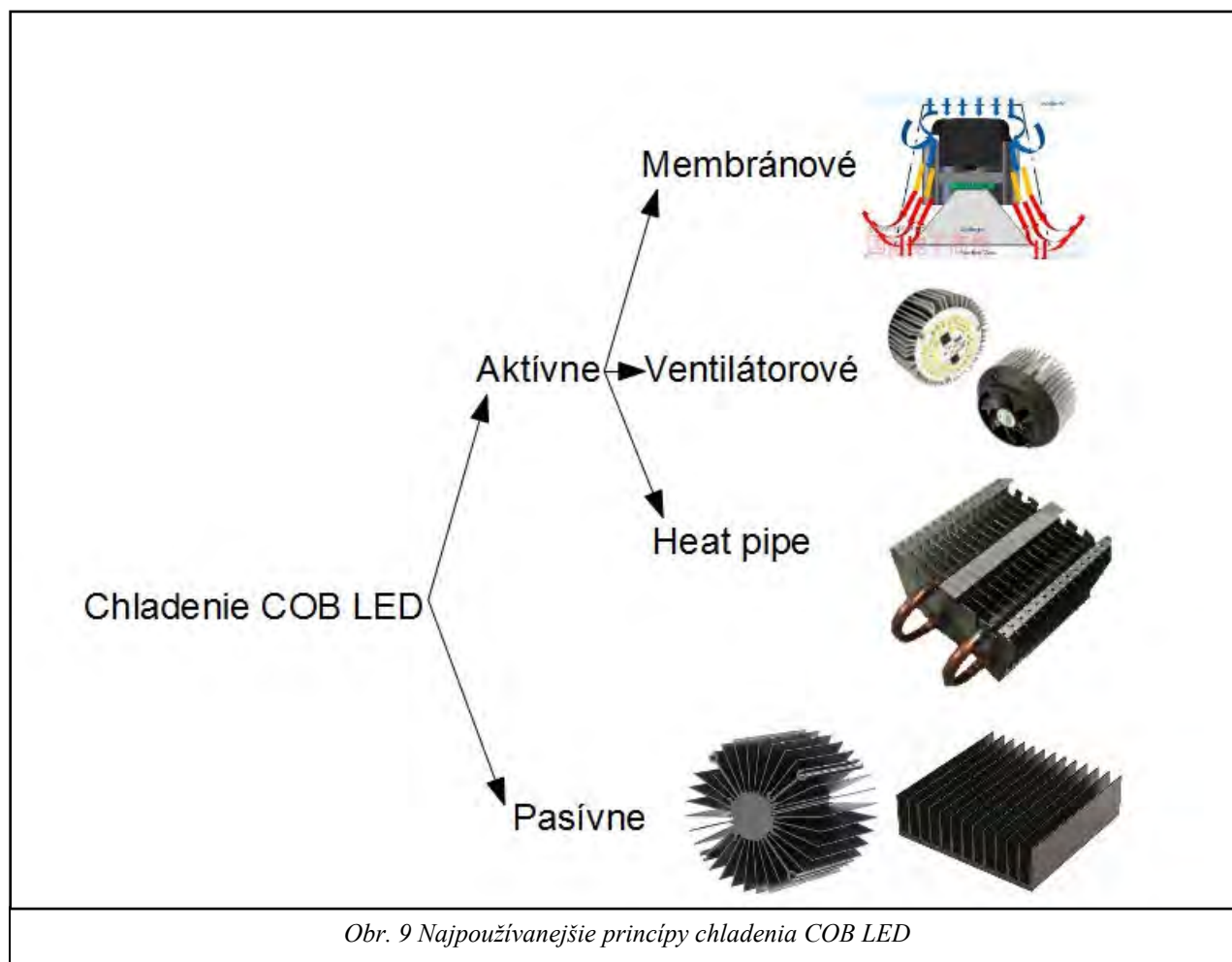
Obr. 7 COB Sharp TigerZenigata s možnosťou nastavenia CCT



Obr. 8 COB Sharp TigerZenigata s možnosťou nastavenia CCT

Chladienie COB LED

Keďže COB je svetelný zdroj na báze LED tak je potrebné optimálne chladienie. Na zadnej strane kremikového substrátu sa po zapojení začne kumulovať teplo. Bez vhodného chladienia by sa LED čip vo veľmi krátkom čase poškodil a bol nefunkčný. Chladienie LED v tomto prípade môže byť aktívne alebo pasívne. Medzi aktívne chladienia zaraďujeme chladiče s mechanicky núteným prúdením vzduchu alebo tzv. „heat pipe“ kedy odvod tepla je zabezpečovaný kvapalinou v medených rúrkach a jej cirkuláciou v telese chladiča. Ako pasívne chladienia sa používajú chladiče z hliníka, ktoré majú na svojom povrchu rebrá, kvôli lepšiemu odvodu tepla konvekciou. Práve pasívne chladienie je najviac využívané vzhľadom na minimalizáciu porúch, ktoré môžu nastať pri aktívnych chladičoch.



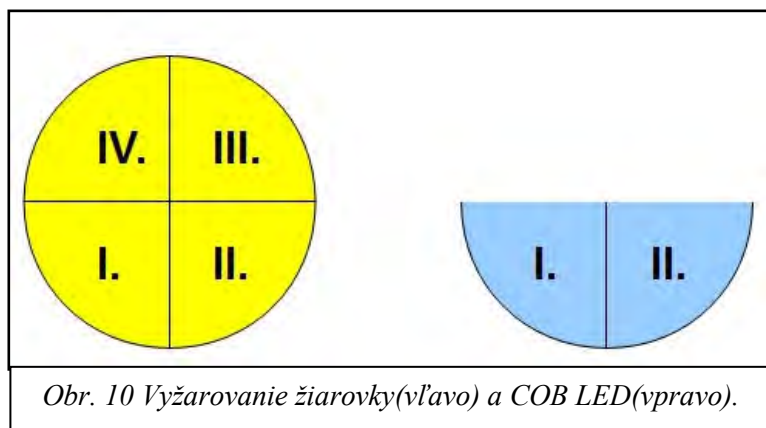
Optimálne chladienie LED má vplyv na veľké množstvo parametrov. Ak nie je chladienie optimálne tak dochádza k zníženiu životnosti COB LED, k poklesu merného výkonu, „color shiftingu“ (posunutie CCT) a k mnohým ďalším problémom. Základné princípy chladienia sú znázornené na obrázku č.9.

Konštruovanie optický časti pre COB LED

Jednou z najdôležitejších častí svietidla je optická časť. Práve optická časť je zodpovedná za to aké svetelno-technické parametre má svietidlo. Jej primárnou úlohou je meniť rozloženie svetelného toku zdroja odrazom alebo priestupom. Fotometrické vlastnosti sú diametrálne odlišné od klasických svetelných zdrojov. Klasické svetelné zdroje vyžarovali do všetkých kvadrantov okrem miest, kde boli päťice alebo iné konštrukčné prvky (Obr. 10). COB LED vyžarujú len jedným smerom. Vo veľa prípadoch je to výhodou avšak nájdeme aj aplikácie, kde to je nevýhoda. Na obrázku č.xx je porovnanie vyžarovania COB LED a klasickej žiarovky. Pri žiarovke vidíme, že vyžaruje vo všetkých kvadrantoch. COB LED vyžaruje len do dvoch kvadrantov. Krivka svietivosti⁵ je kosínusová (Obr. 11). Pri

⁵ Krivka svietivosti znázorňuje rozloženie svetelného toku do priestoru, zväčša udávaná v polárnej súradnicovej sústave.

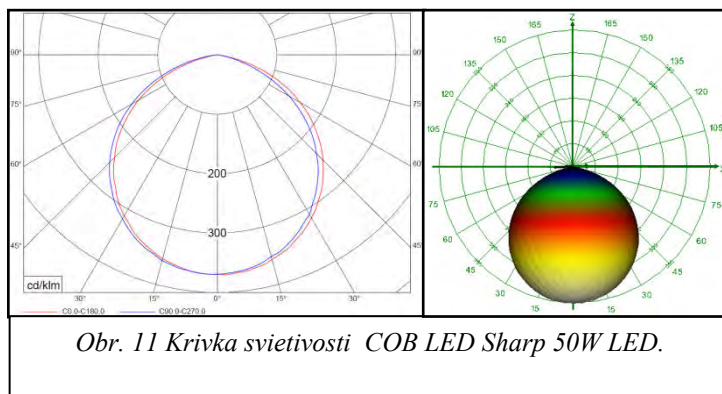
prevažnej väčšine aplikácií je práve takýto typ vyžarovania výhodou lebo dosahujeme väčších účinností optických systémov. Typickým obmedzením práve kvôli vyžarovaniu svetla iba do jednej pol roviny je vytvorenie sústredených kriviek svetivosti. V takomto prípade je veľmi problematické pri zachovaní kompaktných rozmerov svietidla vytvoriť krivku svetivosti s $FWHM^6 < 18^\circ$. Pri návrhu optických častí pre COB LED treba myslieť najmä povahu tohto svetelného zdroja. Je to zdroj svetla s veľkým počtom menších zdrojov



Obr. 10 Vyžarovanie žiarovky(vľavo) a COB LED(vpravo).

rozmiestnených na ploche a nie len jeden zdroj s malými rozmermi. Práve tento fakt je veľmi obmedzujúci ak chceme vytvárať veľmi jednoduché optické časti ako sú rotačne symetrické parabolické reflektory. Ideálnym riešením je preto snažiť sa prispôbiť návrh tak aby sme prihliadli na konštrukčné špecifiká

daného COB LED. Práve to, že COB je zložený z veľkého množstva svietiacich bodov obmedzuje aj výber materiálu pre výrobu reflektora. Ak použijeme leštený vysoko odrazový hliníkový plech tak odrazom vytvoríme na osvetľovanej ploche mnohonásobne zväčšený obraz povrchu COB LED. Na svetelnej stope uvidíme nehomogenitu a výrazne tmavšie a svetlejšie miesta. Vzhľadom na túto skutočnosť sú odporúčané povrchové úpravy, anodizáciou alebo štruktúrovaním povrchu aby sme vytvorili homogénnu svetelnú stopu.



Obr. 11 Krivka svetivosti COB LED Sharp 50W LED.



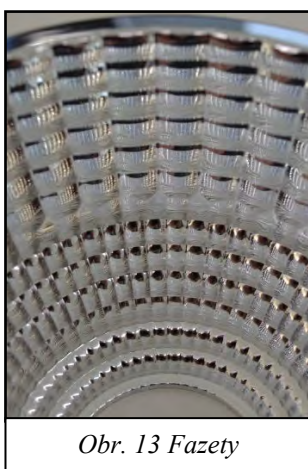
Obr. 12 Rozne druhy hliníkových plechov. Zľava: Alanod Miro 5, Alanod Miro 20, Alanod Miro 85

⁶ FWHM – z angl. Full Width Half Maximum – uhol polovičnej svetivosti

Optické časti pre COB LED

Vzhľadom na rozmery COB LED sú najčastejšie používanými optickými časťami reflektory. Reflektory sú optické prvky, ktoré menia rozloženie svetelného toku odrazom. Najčastejšie sú používané tvary kužeľosečiek. V praxi to znamená použitie najmä paraboly, časti elipsy, zriedkavejšie sa používa hyperbola. Práve tvary kužeľosečiek vytvárajú množstvo rôznych kriviek svietivosti od sústredených, hlbokých, polo širokých až širokých. Ak treba vytvoriť zložitejšie krivky svietivosti než sú štandardne opísateľné rovnicou (1) je potrebné navrhnuť systém zložený z viacerých kriviek.

$$I_{\alpha} = I_0 * \cos^a(\alpha) \quad (1)$$



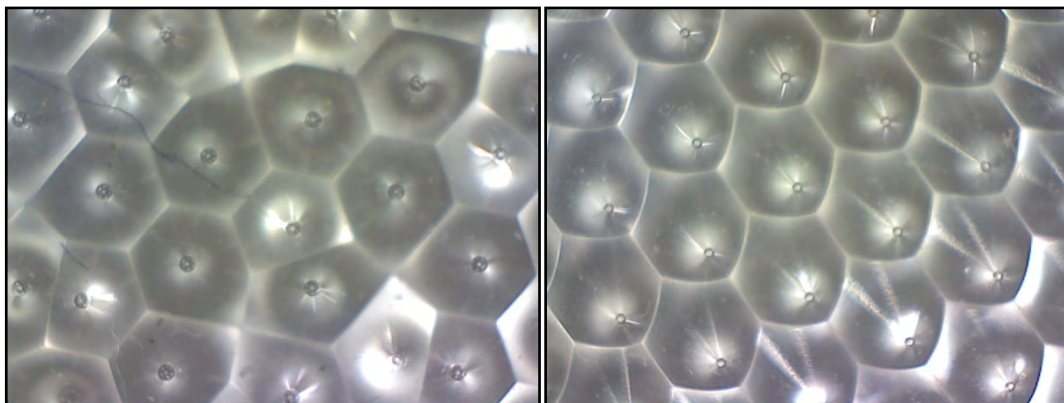
Obr. 13 Fazety

Zložené systémy sú náročnejšie na výrobu a teda aj cena optickej časti je vyššia. V prípade dosahovania najlepších svetelno-technických parametrov je veľmi vhodné použitie fazetovaných⁷ reflektorov (Obr. 13, 14). Fazetované reflektory sú veľmi výhodné pre použitie s COB LED. Jednotlivé plochy smerujú svetelný tok do požadovaného smeru. Krivka svietivosti je teda vytvorená presným smerovaním svetelných lúčov do tvaru krivky svietivosti. V minulosti sa používali najmä fazety plošné. Vzhľadom na vývoj počítačových simulácií a možností vieme navrhovať a vyrábať aj fazety priestorové. Vhodným riešením pre COB LED sú priestorové fazety v tvare guľového vrchlíka. Odstraňujú nehomogenitu svetelnej stopy v dôsledku jednotlivých svetelných zdrojov. Náročnosť na výrobu je vyššia než u štandardných fazetovaných reflektorov vzhľadom na zložitosť výroby nástroja. Ak chceme používať COB LED na osvetlenie v priemyselných priestoroch musíme dbať aby svietidlo a teda najmä jeho optická časť spĺňala všetky platné normy. V prípade ak chceme aby svietidlo s COB LED spĺňalo všetky platné normy musíme zabrániť oslneniu zo svetelného zdroja. Práve pri COB LED vieme s výhodou použiť mikro prizmatické difúzory, ktoré boli pôvodne navrhované pre lineárne žiarivky T5. Primárna úloha mikro prizmatického difúzoru je zabrániť oslneniu zo svetelného zdroja. Práve pre túto vlastnosť a rozmery COB LED je veľmi vhodný. Pre ďalšie usmernenie svetelného toku používame sekundárny reflektor, ktorý vytvorí požadovanú krivku svietivosti. Požívame zložený systém, kde každá jeho časť má svoju úlohu. Pri optimálne navrhnutom systéme dosahujeme aj napriek zložitosti účinnosť na úrovni 80%.



Obr. 14 Fazetovaný reflektor

⁷ Fazeta – plocha s malými rozmermi natočená tak aby smerovala svetelný tok do presne požadovaného smeru.



Obr. 15 150x zväčšená geometrická štruktúra mikro prizmatického difúzoru.

Záver

Tak ako vývoj COB LED sa stále zlepšuje tak isto musíme aj pri návrhu svietidiel s použitím týchto vysoko-výkonných a úsporných svetelných zdrojov zlepšovať chladenie, konštrukciu a najmä optické časti. Aby sme vytiažili čo možno najviac z technológie LED vyvíjame nové optické časti za pomoci najmodernejších postupov a možností.

Zdroje

1. www.sharp.com
2. www.omslighting.com
3. www.intematix.com

Kontaktné údaje: Ing. Marek Mácha
OMS spol. s r.o.
Dojč 419, 906 02 Dojč
E-mail: marek.macha@oms.sk
tel.: +421 918 659 586