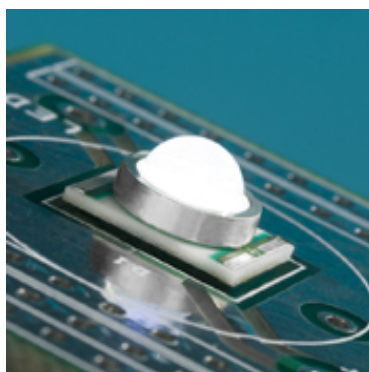


HÖGEFFEKTSLYSDIODER

Möjligheter och förutsättningar för
högeffektslysdioder som belysningskälla
- ett demonstrationsbygge

HIGH POWER LIGHT EMITTING DIODES

Possibilities and prerequisites for high power
light emitting diodes as a source of illumination
- a test construction



Kandidatarbete vid institutionen för *energi och
miljö* på Chalmers tekniska högskola

Författare:

William Collings 830804-7557

Mikael Pettersson 830725-7652

Handledare:

Robert Karlsson

Sonja Tidblad Lundmark

30 maj 2008

Abstract

This report examines the prerequisites for LEDs to replace other technologies in different applications. How does the different technologies for light generation work and what are the advantages and disadvantages? The various technologies limitations and characteristics provides the opportunities for the LEDs.

This report describes a test-construction built to examine what practical arrangements can be built with modern light emitting diodes, in order to show some of the possibilities. The construction consists of three different applications, a high power lamp based on cold white LEDs, one based on warm white LEDs for the evaluation of the light characteristics and a RGB-LED based lamp able to mix any colors quickly and seamlessly. The test construction also contains the essential peripherals including control-electronics, optics and a custom built watercooling solution.

The potential for LEDs is huge but it is complicated to build LED based applications due to the limitations which mainly includes the electronics and the necessary cooling. If LEDs are going to have a high impact in general lighting there are some requirements to be met. Either light emitting diodes able to run directly from 230VAC has to be developed or the the control electronics has to be compact enough to squeeze in light emitting diodes in existing luminaires. Both of these solutions are becoming more available on the market right now, but the cost is still high.

For special applications such as torches, diving torches, battery powered emergency lighting and stage lighting for concerts and theaters, LEDs are already in common use. These applications are driving up production volumes for LEDs, making them cheaper and more available. This in turn allows for the development of even higher volumes, making the cost of the light emitting diode to spiral downward.

Sammanfattning

Den här rapporten undersöker hur förutsättningarna ser ut för lysdioder att ersätta annan teknik i olika tillämpningar. Hur fungerar olika tekniker och vilka för- och nackdelar har de? De olika teknikernas begränsningar och egenskaper ger möjligheterna för lysdioder.

Rapporten beskriver ett demonstrationsbygge konstruerat för att undersöka vad som rent praktiskt går att bygga med moderna lysdioder, detta för att kunna belysa några av möjligheterna. Bygget består av tre olika tillämpningar, en högeffekts-lampa baserad på kallvita lysdioder, en baserad på varmvita för utvärdering av ljuskaraktäristik samt en RGB-lampa för att kunna blanda valfria färger snabbt och steglöst. Demonstrationsbygget innehåller även nödvändig kringutrustning som styrelektronik, optik och specialbyggd vattenkylning.

Potentialen för lysdioder är enorm men det är ganska komplicerat att bygga applikationer pga. att både styrelektronik och kylning ger upphov till begränsningar. För att lysdioder ska få stor genomslagskraft för belysning krävs det antingen lysdioder som kan drivas direkt från 230VAC eller kompakt styrelektronik för att kunna pressa in lysdioder i befintlig armatur. Båda dessa lösningar börjar bli tillgängliga på marknaden nu, men kostnaderna är fortfarande höga.

För specialapplikationer som t.ex. ficklampor, dyklampor, batteridrivna nödbelysning samt scenbelysning för konsert och teater har lysdioder redan stor genomslagskraft vilket har drivit upp produktionsvolymerna för lysdioder. Detta gör att utvecklingen för lysdioder accelererar snabbt just nu och med det sjunker priserna.

Innehåll

1	Definitioner	2
2	Inledning	3
2.1	Bakgrund	3
2.2	Syfte	3
2.3	Problemställning	4
2.4	Avgränsningar	4
3	Belysningskällor	5
3.1	Glödlampa	5
3.2	Lysrör	5
3.3	HID-lampa (High Intensity Discharge)	7
3.4	Lysdiod	8
3.4.1	Uppbyggnad	8
3.4.2	Drivare	9
3.4.3	Optik	10
3.4.4	Kylning	11
3.4.5	Verkningsgrad	12
3.4.6	Användning	13
3.4.7	För- och nackdelar	13
4	Demonstrationsbygge	15
4.1	Utvärderade komponenter	15
4.1.1	Val av lysdioder	15
4.1.2	Val av drivare	16
4.1.3	Val av optik	16
4.2	Uppbyggnad av demonstrationsrigg	17
4.2.1	Styrning	17
4.2.2	Kylning	18
5	Möjligheter och diskussion	20
5.1	Dioden som belysningskälla	20
5.2	Demonstrationsrigg	20
6	Slutsatser	22
	Referenser	
	Appendix A	
	Appendix B	
	Appendix C	
	Appendix D	
	Appendix E	

1 Definitioner

- **LED** Light Emitting Diode (på svenska, lysdiod)
- **Buck** Styrelektronik som driver t.ex. en lysdiod med en högre inspänning än utspänning. Om inspänningen understiger den nödvändiga utspänningen fungerar inte drivaren.
- **Boost** Styrelektronik som driver t.ex. en lysdiod med en lägre inspänning än utspänning. Det innebär att spänningen transformeras upp till nödvändig utspänning.
- **Buck-boost** Styrelektronik som driver t.ex. en eller flera lysdioder med en inspänning som kan variera både över och under nödvändig utspänning, dock inom specificerade värden.
- **PWM** Pulse Width Modulation (på svenska, pulsbreddsmodulering).

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Enligt den svenska energimyndigheten går mellan 21-25 % av hushållens energi-användning [1] till belysning och eftersom en stor del av vår belysning fortfarande består av traditionella glödlampor finns mycket energi att spara. En glödlampa har en mycket låg verkningsgrad på mellan 1.9 % och 2.6 % för effekter mellan 40 till 100 W. Detta motsvarar mellan 12.6 lm/W och 17.5 lm/W [2]. Lysdioden och lysröret har betydligt högre verkningsgrad, ca. 12 %, vilket motsvarar 82 lm/W. Siffrorna visar att det går att spara mycket energi genom att byta ut befintliga glödlampor mot lysdioder eller lysrör.

I industrier och kontor används oftast lysrör som har ungefär samma verkningsgrad som lysdioder, men dessa är dyra att byta och de har begränsad livslängd och tappar i ljusstyrka under dess livslängd. Här har lysdioder möjlighet att konkurrera med befintlig teknik då de har en betydligt längre livslängd samt bättre stöttålighet än lysrör. Besparingen här ligger i att det är mycket dyrt att ha anställd personal som byter lysrören kontinuerligt.

Det satsas idag stora resurser på att utveckla lysdioderna och i laboratorietester har de uppvisat en verkningsgrad på upp till 150 lm/W [3] vilket är mycket imponerande. Lysdioden har även möjlighet att lysa i olika färger, s.k RGB-lysdiodes (Red Green Blue), vilket kommer att bidra till helt nya idéer inom belysning. Detta är ett område som växer mycket snabbt.

Rapporten kommer att bearbeta möjligheterna och förutsättningar för hög-effektslysdiodes att i olika tillämpningar ersätta andra ljuskällor. Applikationer baserade på lysdioder har egna speciella begränsningar och det är viktigt för lysdiodes konkurrenskraft att hitta bra tekniska lösningar på dessa.

2.2 Syfte

Rapporten undersöker de vanligaste belysningskällorna och hur de fungerar för att sätta in lysdioden i sitt sammanhang, och belysa dess möjlighet att ersätta dessa. Den kommer även att visa hur lysdioden fungerar och vilken kringutrustning som behövs och varför, samt hur denna fungera och är uppbyggd.

Rapporten undersöker det aktuella utbudet för lysdioder och kringutrustning, dvs. vad som finns tillgängligt för konsumenterna i Sverige. Med kringutrustning menas kraftelektronik för att styra och reglera lysdioderna, optiska linser och kollimatorer för att manipulera den optiska karaktäristiken samt kylutrustning för att avleda värme från lysdioden.

Det kommer även att undersökas vilka möjligheter RGB-lysdiodes har att öppna nya idéer för variabel färgsättning som inte har varit praktiskt möjligt tidigare. Den största marknaden är dock för vita lysdioder där de kan komma

att ersätta båda glödtrådslampan och lysröret för både företag och hushåll. Där kommer undersökningen att koncentreras till de faktorer som driver och begränsar genomslagskraften för lysdioder.

Till sist testas utrustningen genom tre stycken demonstrationslampor för att visa vilka möjligheter som finns med RGB-lysdioder, vita lysdioder samt varmvita lysdioder. Tanken är att visa vad man kan göra med RGB-lysdioder, dvs. möjligheten att blanda fram nästan alla färger samt att visa hur effektiva de vita och varmvita lysdioderna är i jämförelse med vanliga glödtrådslampor.

2.3 Problemställning

Hur långt har utvecklingen kommit när det gäller lysdioder? Vilken kringutrustning behövs för att kunna använda lysdioder i vanliga applikationer och hur fungerar tekniken egentligen?

Vilken typ av applikation går att konstruera med de produkter som finns tillgängliga idag och går det att bygga en högeffektslampa med hög imponeringsfaktor? Hur väl lämpar sig lysdioder för att ersätta vanlig belysning och vilka nya krav ställs på både armatur och de elektriska systemen?

Varför behöver man optik till dioder och hur fungerar optiken som blandar färger för RGB-lampan? Hur fungerar en RGB-lampa och hur styr man färg och intensitet?

2.4 Avgränsningar

Eftersom området lysdioder har en enorm marknadspotential och utvecklas mycket snabbt, finns det många aktörer som har mycket att vinna på att vara först med ny revolutionerande teknik. För att väcka uppmärksamhet släpps ofta mycket information om laborationstester och prestanda hos prototyp-lysdioder som ännu inte är riktigt mogna för serietillverkning. För att göra en rättvis bedömning av marknadsläget är det viktigt att bara undersöka produkter som verkligen finns tillgängliga.

Kraftelektronik som används för att driva lysdioder är under stark utveckling och det finns en uppsjö med olika produkter och tekniska lösningar. Att gå in på detalj om hur de olika arkitekturerna fungerar är ett enormt arbete. Rapporten kommer beskriva de vanligaste principarkitekturerna och när de behövs och varför.

3 Belysningskällor

För att förstå skillnaderna mellan lysdioden och andra ljuskällor tas här upp en enklare förklaring av glödlampan, lysröret, HID-lampan samt en mer ingående förklaring av lysdioden. Det som tas upp är historia, uppbyggnad och teknik, vilka användningsområden som finns, verkningsgrad samt för- och nackdelar med respektive teknologi.

3.1 Glödlampa

Glödlampan är den äldsta elektriska belysningen och dateras tillbaka till mitten av 1800-talet. Den består huvudsakligen av en tråd som är innesluten i en glaskolv. Tråden är antingen enkel- eller dubbelspiraliserad för att få bättre kontaktyta mot gasen inuti glaskulan. Vanligaste trådmaterialet är volfram men den kan även bestå av osmium, tantal eller kol [4]. Från början fanns vakuum i glaskulan vilket medförde problem med avdunstning från glödtråden. Detta ledde till att insidan på glaskulan blev svart och är då inte längre brukbar. För att undvika detta används istället inert gas (gas som inte reagerar kemiskt med sin omgivning), inuti lamporna; oftast argon tillsammans med kväve eller krypton.

Om den inerta gasen blandas med en liten del halogengas reduceras avdunstning från glödtråden ännu mer. Men om regenerering av halogengasen ska bibehållas får inte den omslutande glaskulan bli för stor. Detta begränsar möjligheten att tillverka halogenlampor med högre effekter [5]. Förutom att svartning av glaskulan reduceras kan halogenlampan ha upp till dubbla verkningsgraden jämfört med en konventionell glödlampa.

Glödlampan kan i princip jämföras med ett motstånd och ökar därmed sin effektförbrukning nästan linjärt med pålagd spänning. Effektskillnaderna är stora och det finns glödlampor från 0,1 W till 10 kW. Det är dock vanligast med effekter på mellan 25 W och 120 W. Livslängden beror mycket på dimensioneringen av glödtråden och den pålagda spänningen.

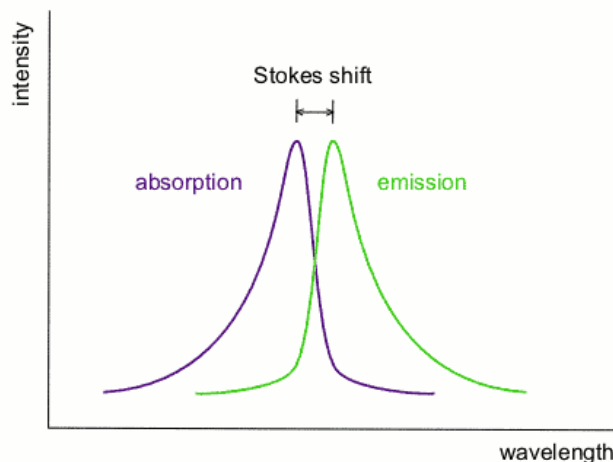
Användningsområdet är i princip överallt där det behövs belysning. Men då glödlampan har dålig verkningsgrad byts den ofta ut mot lysrör som har både högre verkningsgrad och längre livslängd. En vanlig glödlampa (dvs mellan 25 och 120 W) håller ungefär max 1000 timmar. Fördelarna med glödlamporna är att de är kostnadsvänliga och har ett bekvämt ljus för ögonen.

3.2 Lysrör

Lysröret är den absolut vanligaste ljuskällan som används idag inom de flesta områden. Den är dock betydligt mer komplicerad än en vanlig glödtrådslampa och det tog många år innan tekniken var kommersiellt gångbar. Thomas Edison byggde en lysrörslampa redan år 1896 [6], men eftersom den var mycket dyr och

hade kort livslängd, främst pga. elektrod-degenerering, togs den aldrig i produktion. Efterhand utvecklades tekniken och i slutet på 1920 hade alla tekniska svårigheter lösts, fast på olika håll i världen. Det var sedermera i första hand General Electric som utvecklade en kommersiell produkt mellan 1934-1938 eftersom de kontrollerade de viktigaste patenten och redan år 1951 så genererades mer ljus med lysrör än med vanliga glödlampor i USA.

Lysröret är uppbyggt av ett slutet glaströr innehållande en gasblandning med mycket lågt tryck, typiskt 3 mbar [6]. Den gas som finns i röret består till största delen (typiskt 99,99%) av argon, krypton eller någon annan ädelgas, samt mellan 3 och 45mg kvicksilver [7]. Kvicksilvret är alltid i gasform på grund av det låga trycket. Ljuset bildas genom att en elektron emitteras från tändspolen som accelereras genom lysröret tills den krockar med en ädelgasatom. Ädelgasatomen exciteras till ett högre energitillstånd och när den sedan återgår emitterar den en foton i det ultraviolette området. Denna ultraviolette foton omvandlas till synligt ljus i beläggsskiktet som består av ett fluorescerande ämne t.ex. kalciumfluorid. Kalciumfluoriden exciteras av fotonen och pga. Stokes-skiftning kommer den något fördröjda emissionen av en ny foton av en lägre våglängd än den absorberade, vilket resulterar i fotoner i det synliga området, se figur 1. Skillnaden i våglängd (energi) blir värme i det fluorescerande ämnet. Genom att noggrant välja de kemikalier som ska agera fluorescerande material går det att styra våglängderna och färgen på ljuset som emitteras.



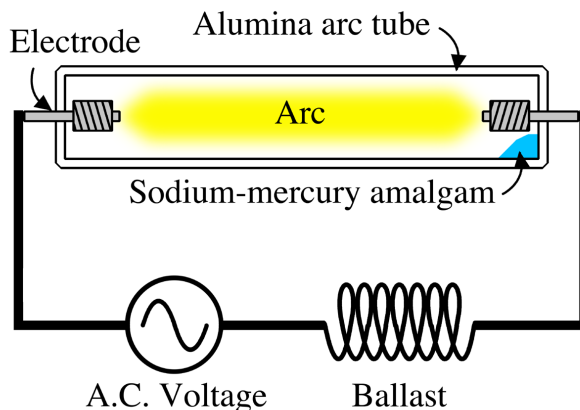
Figur 1: Stokes skiftning - skillnaden i våglängd för när material absorberar och emitterar fotoner [8].

Lysrör är, som nämnts, den mest använda ljuskällan idag och används i hem, på kontor, i affärer och i industrier. Den är dyrare än glödlampor men har mycket högre verkningsgrad, typisk runt 70-80 lm och upp till 120 lm för högeffektiva modeller. Det finns även speciella modeller med mycket bra färgåtergivning för designkontor och utställningar. En nackdel med lysrören är att de har begränsad livslängd, runt 10000-20000 timmar samt att verkningsgraden sjunker enormt vid kalla omgivningstemperaturer som i t.ex. kylrum och utomhusmiljöer.

3.3 HID-lampa (High Intensity Discharge)

Båglampan eller urladdningslampan är från början en mycket gammal uppfinning som demonstrerades redan 1810 [9] på Royal Institution i England av Humphry Davy. Den var då baserad på en urladdning mellan två kolstavar som drevs av ett 2000 cells batteri, då världens kraftigaste. Under hela 1800 talet användes kolstavar som hade mycket dålig verkningsgrad och kort livslängd vilket gjorde att båglampan helt ersattes av glödtrådslampan under 1900 talets början[10]. Under 1940- och 50-talet började torium-dopad tungsten att användas som elektroder istället vilket gav både hög verkningsgrad och lång livslängd.

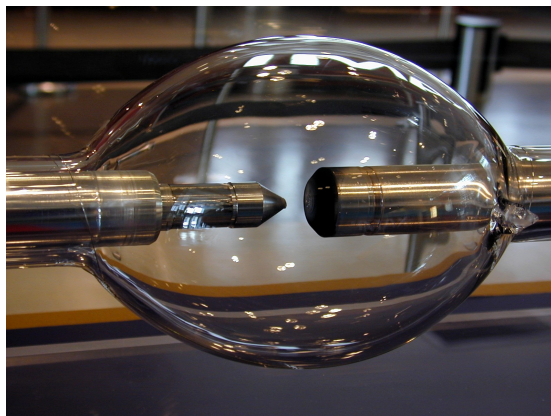
Elektroderna är inneslutna i en inertgasatmosfär som även innehåller tillsatser av flouorescerande ämnen som t.ex. natrium, kalcium, kvicksilver eller olika metall-halider, se figur 2. Tillsatsmaterialen bestämmer ljuskarakteristiken för lampan som kan varieras för många olika tillämpningsområden.



Figur 2: Ett enkelt schema över en HID-lampa. Tillsatsmaterialen i fast form varierar med tillämpning [14].

Ljus genereras genom att elektroniken först tändar en båge eller urladdning mellan de två elektroderna något som kräver mycket hög spänning, typiskt 10-30kV, (se figur 3). När bågen väl är tänd joniseras gaserna inuti lampan som bildar ett plasma och resistansen skjunker betydligt[11]. Vissa tillsatsmaterial kan vara i fast form innan lampan tänds och det tar olika lång tid innan de är varma nog att övergå i gasform. När de sedan är i gasform fungerar de antingen som flouorescerande material som genom stokes-skiftning modifierar våglängden för fotoner i UV området till det synliga området, eller emitterar fotoner i det synliga området direkt. När bågen väl är tänd reglerar elektroniken strömmen och spänningen för att hålla konstant effekt och intensitet.

För att öka verkningsgraden är det viktigt att inertgasen håller extremt högt tryck inuti lampan, typiskt 300 bar. Detta ställer höga krav på materialet i lampan som oftast är kvartsglas, det ställer även krav på de som ska hantera lamporna. Lamporna är oftast explosionsskyddade med ett kapslinghölje under



Figur 3: 1500W HID-lampa med elektroderna och mellanrummet mellan dem[13].

transport och vid byte måste personalen använda omfattande skyddskläder, t.ex. skyddsvästar och hjälmar med visir.

HID lamporna har mycket hög verkningsgrad, typiskt mellan 60-110 lm/W [12] där verkningsgraden typiskt ökar med effekten. HID lampor kan även tillverkas i allt från 10W till 15kW (IMAX projektorer) och kan ha mycket bra ljuskarakteristik. Ljuskäglan i en HID har ofta utseendet av en mycket liten kon från ena elektroden till den andra, detta utseende är mycket fördelaktigt då det är lätt att konstruera optik och reflektorer för en punktliknande ljuskälla.

Nackdelarna med HID lampor är att de är betydligt dyrare än vanliga glödtrådslampor och att även elektroniken eller ballasten, som den också kallas, är komplicerad och mycket dyr. HID lampor i det övre effektområdet på flera kW behöver oftast vattenkylning av elektroderna eftersom med 110 lm/W utvecklas ändå 84% av effekten som värme i elektroderna.

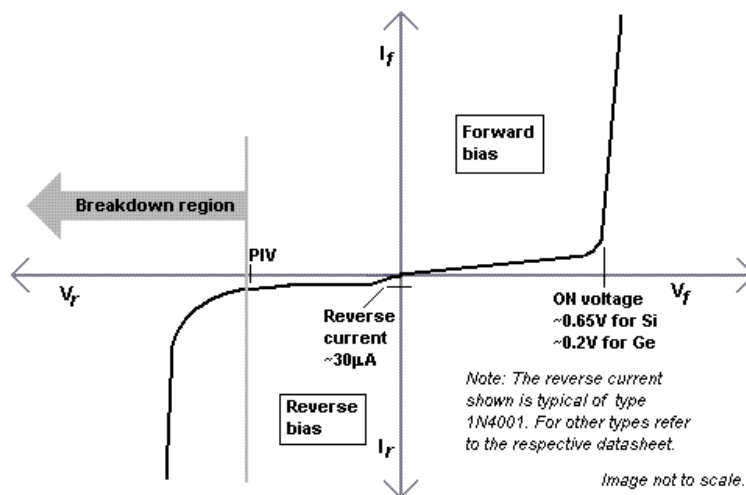
3.4 Lysdiod

3.4.1 Uppbyggnad

Lysdioden påminner direkt om den vanliga dioden där dess huvudsyfte är att leda ström i en riktning och hindra ström i den andra riktningen. Dioden är uppbyggd av två dopade material där den ena delen har fler elektroner än hål (det N-dopade materialet) och den andra delen har fler hål än elektroner (det P-dopade materialet).

När en spänning läggs över dioden, i riktning från P-sidan till N-sidan, kommer elektroner från N-sidan att diffundera ("hoppa") över till P-sidan. Då tillräckligt stor spänning läggs på (ungefär 0.65V för en kiseldiod) kommer dioden att börja leda ström [15]. I figur 4 nedan visas ström-, spänningskarakteristiken för en

diod. Figuren visar även att om en tillräckligt stor spänning läggs på dioden i motsatt riktning, kommer den att börja leda ström åt motsatt håll. För den enklaste varianten av diodtypen 1N4001 måste backspänningen överstiga 50V innan den börjar leda ström i backriktning [16]. I figur 4 kan man även se att det finns en mycket liten läckström i båda riktningarna.

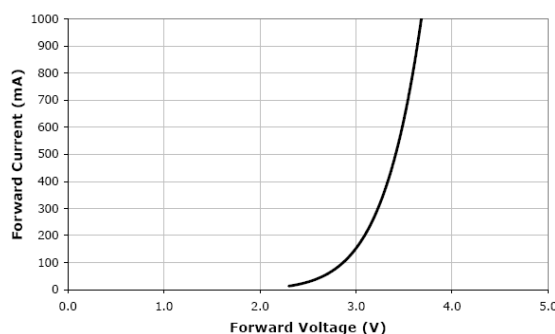


Figur 4: Ström-, spänningskaraktäristik för en diod [17].

När en elektron diffunderar över till P-sidan, och träffar ett hål, kommer energi att bildas i form av en foton. Beroende på hur diodens material är dopade kommer fotonerna att ha en viss våglängd och därmed en viss färg. En lysdiod kan även använda ett substrat av safir, som är transparent mot den våglängd lysdioden emitterar, som tillsammans med ett reflekterande lager och ett ljusspridande lager ökar lysdiodens effektivitet.

3.4.2 Drivare

Lysdioder i likhet med vanliga dioder är inte linjära komponenter utan mycket olinjära. Som visas i figur 5 behöver de mellan 3.5 och 3.7 framspänning för vita lysdioder. Hur hög spänning som behövs beror på en mängd faktorer såsom tillverkare, diodfärg, livslängd och temperatur. Därtill tillkommer en viss spridning i tillverkningsprocessen vilket gör att lysdioderna inte är helt lika. För att en



Figur 5: Ström-, spänningskaraktäristik för en hög-effektslysdiod [18].

lysdiod ska lysa optimalt bör den drivas konstant med den ström som den är specificerad för, t.ex. 350mA, 700mA eller 1000mA som är de vanligaste värdena. För att åstadkomma detta behövs ett reglersystem som styr spänningen mycket exakt för att få exakt optimal ström. Om dioden dessutom ska tändas och släckas eller varieras i intensitet så måste reglersystemet även vara snabbt nog för att hantera dessa transienter.

Ett alternativ till styrsystem är t.ex. om man har tillgång till en mycket exakt spänningskälla, då är det möjligt att driva lysdioderna direkt från denna. Problemet är att framspänningsfallet varierar med flera olika parametrar vilket resulterar i att spänningen måste sättas konservativt och lite lägre. Detta ger en något lägre och ojämn intensitet jämfört med optimal intensitet.

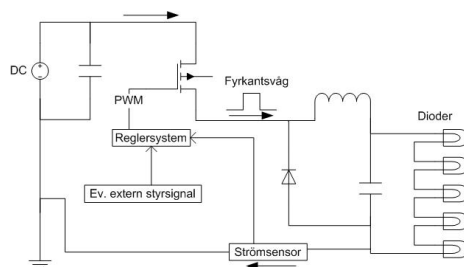
Den vanligaste och enklaste lösningen är att det finns tillgång till en standard-spänningskälla som är högre än vad som krävs för att driva lysdioderna direkt. Spänningen sänks sedan med resistanser i serie med lysdioden. En del av effekten utvecklas i resistorerna, andelen är direkt proportionell mot hur mycket spänningen behöver sänkas. Denna metod har samma nackdelar som konstant spänningsdrivning ovan samt att verkningsgraden för hela systemet blir betydligt lägre.

En vanlig tillämpning för lysdioder är ficklampor eftersom den höga verkningsgraden har mycket stor betydelse i portabla, batteridrivna applikationer. Problemet med lysdioder som ska drivas från batterier i ficklampor är att lämpliga batterier, storleksmässigt, ofta är en Li-Jon cell som har en nominell spänning på 3.6 alternativt 2-3 stycken NiMH som får spänningar mellan 2.4 och 3.6 V. Detta gör att regulatorn måste höja spänningen lite för att kunna driva lysdioderna med hänsyn till spänningsfallet i drivsystemet.

Konstantströmsdrivarna delas in i olika kategorier beroende på om de kan höja spänningen (boost mode), sänka spänningen (buck mode) eller både och (buck-boost)[19]. Konstantströmsdrivarna är oftast uppbyggda som en enkel DC-DC transformator med återkoppling för strömmätning, se figur 6. Den återkopplade signalen för strömmätningen styr duty-cyclen för PWM-signalen i DC-DC transformatorn som styr utspänningen. Om spänningskällan varierar både under och över den spänning som behövs för att driva lysdioderna måste en buck-boost drivare användas. Detta är vanligast när lysdioderna drivs med batterier. När batterierna är nya är spänningen högre än vad som krävs men då de nästan är slut är de lägre. Buck-boost drivarna är uppbyggda på ett liknande sätt fast som tvåkvadrantsomvandlare för att även kunna höja spänningen då det behövs.

3.4.3 Optik

En lysdiod utan lins har en spridningsvinkel på nära 180°. Detta ger köparen stor möjlighet att själv styra över hur ljuset skall riktas. För en ficklampstillverkare kan det t.ex. vara lämpligt med liten spridningsvinkel medan det i andra fall inte behövs någon lins alls. En lins kan tyvärr inte ta upp allt ljus och därför kommer en viss del av ljuset att gå förlorat, i bästa fall kommer verkningsgraden att vara



Figur 6: Principskiss för en enkel konstantströmsdrivare av buck-typ.

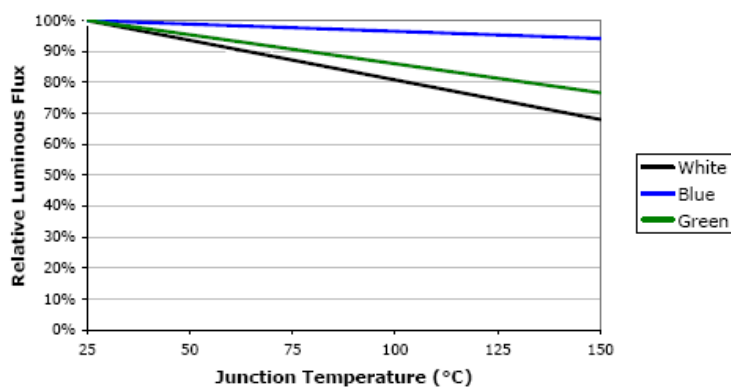
90 % av det totala ljuset. Med verkningsgrad menas den mängd ljus som infaller inom den specificerade spridningsvinkeln för linsen. Dvs. om verkningsgraden för en lins är 90 % ,och spridningsvinkeln är $\pm 10^\circ$, kommer 10 % av ljuset att antingen gå utanför spridningsvinkeln eller absorberas av linsen [20].

Förutom själva linsen kan även en diffusor användas för att ytterligare styra ljus-kägla. T.ex. skulle en lampas ljuskägla enkelt kunna justeras genom att endast byta diffusor till linsen.

Ett annat sätt att reflektera ljuset är att använda en reflektor istället för lins. Dock blir verkningsgraden sämre än vid användning av lins.

3.4.4 Kylning

Mängden värme som avges vid belysning av en lysdiod är mindre i jämförelse än med andra typer av belysningstekniker. Men då all värme leds bakåt, väldigt koncentrerat till baksidan av lysdioden, utvecklas en hög mängd värme per m^2 . För att lysdioden inte ska brännas sönder måste den kylas med extern kylning. Förutom att lysdioden riskerar att gå sönder sjunker även verkningsgraden med högre temperatur, se figur 7.



Figur 7: Hur verkningsgraden påverkas med temperaturen [18].

Beroende på antalet lysdioder som placeras på samma yta kan det behövas mer

kylning än endast kylfläns. Antingen kylfläns med fläkt eller ett kylsystem med vatten, vilket ger ett väldigt bra kylresultat. Att använda vattenkylning ger fördelen att lysdioden kan byggas in helt tätt då vattnet för värmen bort från lysdioden. Däremot blir konstruktionen mer klumpig och även dyrare. Vattenkylning behövs främst då flera lysdioder kopplas samman, på en liten yta, eller då lysdioder byggs in i helt täta sammanslutningar.

Då enstaka lysdioder används räcker det bra med små kylelement. Viktigast är att lysdioden inte är tätt sammansluten för att värme skall kunna ledas bort via luften.

Den utvecklade effekten för varje lysdiod är,

$$P_{\text{diod}} = I_f \cdot V_f \quad (1)$$

där I_f = framströmmen och V_f = spänningsfallet. För att beräkna temperaturen på lysdioderna används ekvation 2

$$T_j = T_a + P_{\text{diod}}(R_{\text{th j-sp}} + N \cdot (R_{\text{th sp-h}} + R_{\text{th h-a}})) \quad (2)$$

där

T_j = Maximal temperatur

T_a = Rumstemperatur

$R_{\text{th j-sp}}$ = Termisk resistans för lysdioden

N = Antalet lysdioder

$R_{\text{th sp-h}}$ = Termisk resistans mellan lysdiod och kylfläns

$R_{\text{th h-a}}$ = Termisk resistans för kylflänsen

Ekvation 2 kan sedan skrivas om till

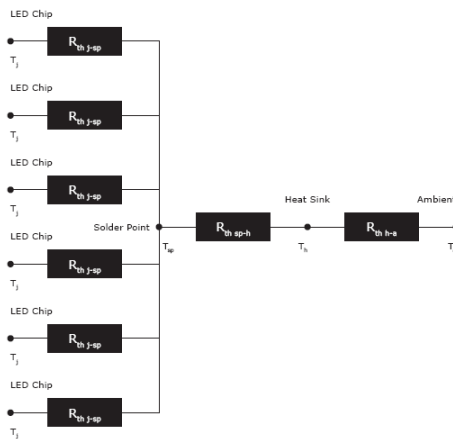
$$R_{\text{th h-a}} = \frac{T_j - T_a}{P_{\text{diod}} \cdot N} - \frac{R_{\text{th j-sp}}}{N} - R_{\text{th sp-h}} \quad (3)$$

vilket ger den maximala termiska resistansen på kylflänsen, $R_{\text{th h-a}}$. Se figur 8.

3.4.5 Verkningsgrad

1999 introducerade Philips Lumileds en lysdiod som hade en effektförbrukning på ungefär 1 watt [3]. Ett stort steg då lysdioder tidigare haft en effektförbrukning på ca 50mW. Dock var antalet lumens/watt fortfarande lågt. Tre år senare visar samma företag upp en 5 W lysdiod som har en verkningsgrad på ca 20 lm/W.

Ett år efter att Philip Lumileds visade sin 5 W-lysdiod, med en verkningsgrad på 20 lm/W, kom Cree Inc. med en lysdiod som har en verkningsgrad på ca 65 lm/W. De senaste åren har företagen Seoul Semiconductor och Nichia Corporation visat prototyper på lysdioder med verkningsgrader på upp till 150 lm/W. Detta gäller dock vid låga strömmar, som 20 mA, vilket inte är tillräckligt för att kunna använda lysdioden som belysning.



Figur 8: Figuren visar tre steg där termisk resistans finns. Först i lysdioden, sedan mellan lysdioden och kylflänsen och därefter själva kylflänsen [21].

För en högeffektslysdiod ligger verkningsgraden på upp till 107 lm/W, detta gäller vid $I_f = 350$ mA, enligt tillverkens eget datablad (se appendix A). Vid högre framström, I_f , kommer dock verkningsgraden att minska men det går att få ut mer ljus. En högeffektslysdiods ljusintensitet, på 3 W, kan då jämföras med ljusintensiteten från en 20 W glödlampslampa.

3.4.6 Användning

Då lysdioden har en hög verkningsgrad (lm/W) lämpar den sig allra bäst i mobila applikationer där tillgången till energi är begränsad (t.ex. ficklampor, fordon och mobila skärmar). Lysdioden har även en väldigt lång livslängd vilken gör den lämplig för områden där kostnaderna är stora att byta belysningen (t.ex. trafikljus, industrilokaler, gatulampor och fasadbelysning). Tack vare att lysdiodens verkningsgrad ökar med lägre temperatur passar den även perfekt som belysning i kyl- och frysdiskar. Lysdioden avger dessutom mindre energi (i form av värme) per lumen vilket även är ett plus för kylar och frysar.

Kunderna är idag främst företag och kommuner med miljöpolicy. Men då priserna blir lägre och verkningsgraden högre kommer det att bli aktuellt med lysdioder även i privata bostäder.

3.4.7 För- och nackdelar

Lysdioden är en mycket effektiv teknik att generera ljus i relation till andra kända ljuskällor och är just nu en av de bästa källorna, men även den källa som har störst utvecklingspotential. Enorma summor pengar läggs just nu på att utveckla lysdioderna och bara under tiden för det här kandidatarbetet har det hänt mycket.

De största fördelarna med lysdioderna är just den höga verkningsgraden som gör lysdioderna utmärkta att använda i små portabla batteridrivna applikationer som t.ex. ficklampor. Det är främst här det redan finns färdiga konsumentprodukter tillgängliga.

Den höga verkningsgraden gör även att lysdioderna inte genererar lika mycket värme som andra källor med sämre verkningsgrad vid samma ljusutbyte. När el används för att värma upp lokalen ger detta ingen vinst men då el används för att kyla ner lokalen är det en stor besparing. Den förminskade värmeproduktionen har även stor betydelse vid konstruktionen av armaturen eftersom inte lika stor hänsyn till t.ex. brandrisk behöver tas. Lysdioderna är väldigt lätta att kyla eftersom i princip all värme utvecklas i basytan där det är lätt att leda bort den. Det gör att det inte behövs något säkerhetsavstånd framför lysdioderna eftersom ingen värme strålas i den riktningen.

Att lysdioderna är mycket små gör att de kan byggas in och gömmas på ett helt annat sätt än vad som tidigare var möjligt med konventionell belysning. Lysdioden är en mycket robust komponent som är okänslig för vibrationer och skakningar samtidigt som den har mycket lång livslängd. Det gör att den är utmärkt i applikationer där det kan vara svårt eller mycket dyrt att byta ut armaturen, t.ex. vägbelysning, fabriker, lagerlokaler eller trafikljus.

Lysdioderna har tidigare bara producerats i begränsade volymer och varit mycket dyra. De senaste åren har dock lysdioderna producerats i större volymer och därmed har priserna sjunkit, men fortfarande är lysdioderna betydligt dyrare än glödtrådslampor. Det är framförallt kringutrustningen för lysdioderna som driver upp priset på färdiga lösningar. Till lysdioderna behövs det nätaggregat (likriktare), konstantströmsdrivare, optik och även ofta någon form av kylning när det handlar om lite större effekter.

Största nackdelen med dioderna är just att de inte går att köra direkt från elnätet utan behöver både nedspänningstransformator, likriktare och styrsystem för att reglera strömmen. Eftersom de är väldigt små behöver de monteras på någon form av kylare som sprider värmen bort från lysdioden. Då lysdiodens massa är väldigt liten värms de snabbt upp och utan montering klarar de bara av att köras i några sekunder.

Kallvita lysdioder som är den variant som har högst verkningsgrad och är vanligast har en färgtemperatur som ibland upplevs som blå och just "kall". De lämpar sig därför inte för alla applikationer, t.ex. inomhusbelysning i bostäder eller läslampor. Det finns även varmvita lysdioder men de har lägre verkningsgrad och kan oftast bara användas på lägre effekter än kallvita.

Den förmonterade linsen på lysdioderna är ganska känslig för vassa föremål och fett från fingrar och lysdiodens ringa storlek gör den ganska svårmonterad och lämpar sig bäst för automatisk montering.

4 Demonstrationsbygge

Demonstrationsriggen byggs för att få en större förståelse för hur en lysdiodslampa fungerar samt att testa dess funktionalitet och duglighet som belysning. Vid byggandet av demonstrationsriggen uppstår frågor som vilka komponenter som behöver användas, dvs. typ av lysdiod, val av drivare och val av optik, samt hur lysdioderna ska styras och hur mycket kylning det krävs.

Tanken är att använda lysdioder som är mest relevanta för belysning. Det är främst kallvita och varmvita lysdioder samt lysdioder med färgerna röd, grönt och blått. De tre sistnämnda lysdioderna kommer att blandas i samma lampa och därmed uppstår möjligheten att blanda vilken färg som helst, en s.k. RGB-lampa.

De andra lamporna är mer byggda för att visa och förstå lysdiodens kapacitet i förhållande till effekt, dvs. antal lm/W.

4.1 Utvärderade komponenter

Marknaden för lysdioder och kringkomponenter vänder sig nästan enbart till företag som utvecklar applikationer med lysdioder. Det gör att det finns en mycket begränsad konsumentmarknad för lysdioder, framförallt i Sverige. För att kunna hitta lämpliga lysdioder har de olika tillverkarnas hemsidor undersöks efter de bästa lysdioder som tillverkas. Därefter har en lämplig distributör uppsökts för att kunna beställa de produkter som är mest intressanta för detta arbete. Målet har varit att använda de bästa lysdioder som finns att köpa i dagsläget.

Förutom lysdioder har även drivare och optik inhandlats. När det gäller drivare har målet varit att hitta en drivare som klarar av att driva flera lysdioder med minsta möjliga förluster. För optiken har det största problemet varit att hitta rätt typ av lins, till rätt typ av lysdiod, och en distributör att beställa ifrån.

Överlag är antalet distributörer väldigt få. Ofta får man vända sig till flera distributörer för att kunna beställa de varor som behövs och ibland kan det vara tvunget att köpa direkt av tillverkaren. Det finns några få distributörer i Sverige, men ingen av dem har haft produkter av intresse för detta arbete.

4.1.1 Val av lysdioder

Målet med demonstrationsriggen är att producera stor mängd ljus och samtidigt bibehålla hög verkningsgrad på lysdioderna. Genom att undersöka olika tillverkares datablad går det att se hur många lm/W en lysdiod klarar av att leverera. Problemet har varit att de flesta tillverkare endast specificerar mängden ljus vid nominella värden, dvs. vid strömmar på 350 mA. Detta är problematiskt då det är mer intressant med mängden ljus vid strömmar på 1 A. På

grund av bristen på information i databladen har det varit svårt att jämföra olika tillverkares lysdioder.

Efter genomgång av datablad från tillverkarna Aculed, Cree, Lucky Light, Lumiled, Nichia Corporation och Seoul Semiconductors, har det beslutats att lysdioder från Cree passar rapportens demonstrationsrigg bäst. Beställning av vita, varmvita och färgade lysdioder har gjorts från den tyska distributören LED-TECH.DE.

4.1.2 Val av drivare

Det som styr vilken typ av drivare som är lämplig för en viss applikation beror oftast på vilken spänning man har tillgänglig. För att minimera kostnaden för elektronik är det fördelaktigt att köra så många dioder som möjligt i serie från en enda drivare. Att köra många lysdioder i serie kräver dock en hög utspänning från drivaren. För enbart en buck-drivare måste den vara högre än framspänningsfallet över lysdioderna och spänningsfallet i elektroniken. Används en boost-drivare blir verkningsgraden högre om inspänningen är närmare utspänningen än om den ligger långt ifrån. Drivelektronik för lysdioder har vanligen en verkningsgrad runt 85-95%.

I demonstrationsriggen används en enkel buck-drivare eftersom den matas av ett nätaggregat med reglerbar spänning. Den valda drivaren är billig och klarar av höga inspänningar, vilket gör att ett mindre antal drivare behövs. Buck-drivaren klarar av 35 V i spänning och nätaggregat klarar av att generera 32V, se figur 9.



Figur 9: Konstantsströmsdrivaren som används till demonstrationsriggen.

Se appendix E för datablad om drivaren som används.

4.1.3 Val av optik

Beroende på hur stor lampa som skall byggas går det att välja en lins som kan hantera en eller flera lysdioder. Linserna kan även vara hexagonformade vilket

ger möjligheten att på ett smidigt sätt placera flera linser tätt intill varandra. Antalet lysdioder som kan placeras under samma lins är i dagsläget maximalt nio stycken, men eftersom det går att placera flera linser bredvid varandra går det att bygga lampor med valfritt antal lysdioder. Till demonstrationsriggen har två stycken trippellinser från två olika tillverkare testats, se appendix C och D.

Den ena linsen är hexagonformad och är därmed smidigare att placera flertalet linser tätare bredvid varandra [22]. Tyvärr är dock inte verkningsgraden specificerad för linsen. Den andra linsen har cirkulär form och har en verkningsgrad på upp till 90 % [23]. Prisskillnaden mellan linserna är nästan 50 SEK där den cirkulära linsen kostar ungefär 20 SEK per lins.

4.2 Uppbyggnad av demonstrationsrigg

Till rapporten har det konstruerats tre stycken lampor. En lampa med kallvita lysdioder och en lampa med varmvita lysdioder, Cree®XLamp®XR-E LED (Se appendix A). Den tredje lampan består av tre stycken olika lysdioder där den blå lysdioden är av typ Cree®XR-E typ (Se appendix A) och den gröna och den röda lysdioden är av typen Cree®XR (Se appendix B).

Förutom komponenterna som nämns i kapitel 4.1 har styrning och kylning använts vid demonstrationsbygget. Styrningen (eller dimning) har främst använts för att styra färgerna i RGB-lampan, men även för att kunna dimma de kallvita lysdioderna.

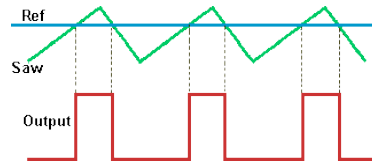
4.2.1 Styrning

Konstantströmsdrivaren, som används för att driva lysdioderna, har en PWM-ingång som ger möjligheten att kunna styra lysdiodernas intensitet (se figur 10 för en PWM-signal). Genom att skapa en trekantspuls med timerkretsen NE555 [24] och sedan jämföra signalen, en operationsförstärkare används vid jämförelse, med en referensspänning fås en fyrkantsvåg som skickas till konstantströmsdrivaren. Beroende på hur hög referensspänningen är i jämförelse med trekantspulsen, kan fyrkantsvågens pulsbredd varieras, se figur 11.

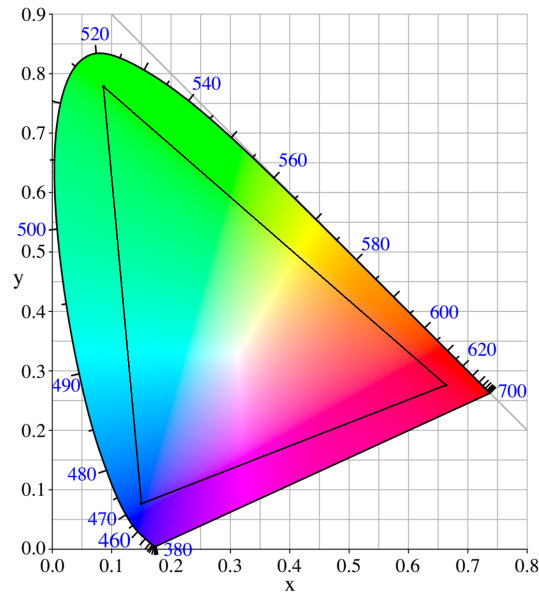


Figur 10: En PWM-signal med en pulsbredd på 50 %.

Till styrkretsen används fyra stycken skjutpotentiometrar som reglerar referensspänningen. Tre av skjutpotentiometrarna används till RGB-lampan och den fjärde för dimma lampan med kallvita lysdioder. För RGB-lampan är tanken att alla färger ska kunna fås genom att justera varje färgs intensitet med hjälp av skjutpotentiometrarna. Ett praktiskt sätt att testa vilka färger som bildas vid olika blandningar. I figur 12 nedan går det att se vilka färger som är möjliga att blanda med hjälp av en RGB-lampa.



Figur 11: Utsignal som funktion av trekantspuls och referensspänning. [25]



Figur 12: Färgdiagrammet följer standarden CIE 1931. Området innanför triangeln är de färger som kan blandas med en RGB-lampa. Figurens ursprung [26].

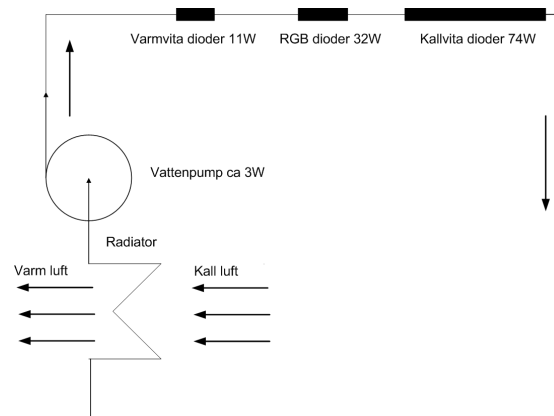
Triangeln i figuren är endast ett exempel på hur färgbilden skulle kunna varieras. Det ska inte ses som färgbilden för demonstrationsriggen till denna rapport.

4.2.2 Kylning

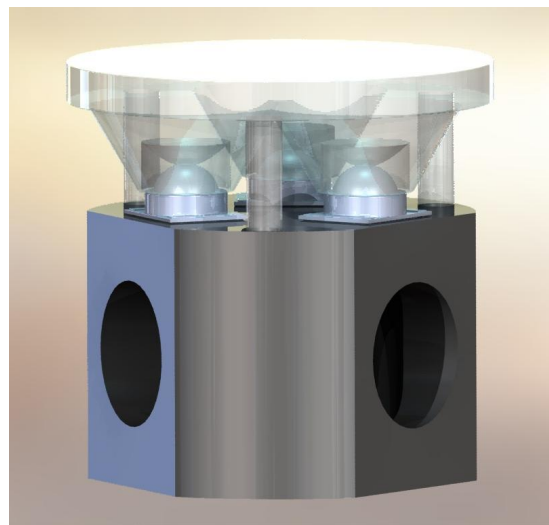
Totalt i demonstrationsriggen sitter det 33 st lysdioder som sammanlagt drar ca 130 W med en verkningsgrad på 12% vilket ger ca 115 W värme. Värmen behöver transporteras bort för att inte förstöra lysdioderna som maximalt klarar 150°C . För det behövs antingen en ganska stor och tung passiv kylfläns, eller en aktiv med fläkt. Båda alternativen har stora nackdelar. Stor och tung kylfläns innebär att den inte är så smidig som demonstrationslampa, medan en fläkt är högljudd och även den lösningen klumpig.

Lösningen blir att montera lysdioderna på små plattor av aluminium och pumpa vatten igenom med en liten vattenpump se figur 14. Denna modell är ganska överdimensionerad då den klarar av att kyla bort mycket stora effekter men

fördelarna är att lysdioderna hålls mycket nära rumstemperatur vilket ger att verkningsgraden inte försämras nämnvärt pga. värme. För att leda bort värmen från vattnet behövs också en radiator som en lågvarvig fläkt kyler med rumsluft, se figur 13. Både vattenkylningen och drivning är placerad i en apparatlåda och alla demonstrationslamporna är anslutna med en navelsträng till denna.



Figur 13: Demonstrationsriggens kylsystem.



Figur 14: Rendering från ritning. 3st varmvita lysdioder med Led-Fi lins monterade på massivt aluminiumblock. In- och utgångarna för vattnet väl synliga på framsidan.

5 Möjligheter och diskussion

5.1 Dioden som belysningskälla

Lysdiodens största potentiella användningsområde, och den främsta anledningen till att det satsas mycket stora pengar på utvecklingen av lysdioden just nu, är att ersätta traditionell belysning med lysdioder. Den kallvita lysdioden passar dock inte alltid, för läslampor och inomhusbelysning i hemmet är den varmvita lysdioden ett bättre alternativ.

Det som hittills har begränsat övergången är att lysdioderna varit för effektklena och alldeles för dyra för att den högre verkningsgraden ska betala lysdioderna genom sänkt elräkning. Att lysdioderna inte behöver bytas ut på mycket lång tid har ingen ekonomisk betydelse i hemmet men väl i industrin. I industrin är det istället lysdiodernas livslängd som är den främsta anledningen att byta, eftersom där är nästan all belysning redan baserad på lysrör med ungefär lika hög verkningsgrad.

Kostnaden för själva lysdioden är sällan en stor del av den totala materialkostnaden för en applikation baserad på lysdioder. Kringutrustning som drivare och optik innebär ofta en lika stor kostnad som själva lysdioderna och de har även en stor förbättringspotential för att driva ner den totala kostnaden för en applikation.

På marknaden för färgad belysning har den tidigare tekniska lösningen varit att använda traditionella lampor med färgfilter som blockerar de komponenter som inte är önskvärda. Dessa kan byta färg enligt olika mönster men de är ofta mycket stora och komplicerade mekaniska system med fördefinierade färger samt mycket låg verkningsgrad. De färgade lysdioderna har mycket högre verkningsgrad än samtliga tidigare tekniska lösningar vilket gör dem lämpade att skapa t.ex. strålkastare med mycket hög intensitet.

Lysdiodens mycket snabba responstid, möjlighet till steglös reglering samt dess punktblänkande ljus gör den mycket lämplig för att skapa valfria färger genom blandning av de olika primärfärgerna, röd, grön och blå. En intressant applikation är stora utomhusskärmar där behovet av hög ljusintensitet och låg effektförbrukning är väldigt relevant.

5.2 Demonstrationsrigg

Demonstrationsriggen visar att det är möjligt att bygga en lysdiodsbaserad lampa med mycket stor intensitet. Lysdiodens mycket små dimensioner visar att det finns stora möjligheter att styra ljuskäglans utseende för olika tillämpningar genom val av lämplig optik. Både verkningsgrad och utvecklad effekt hos en lysdiod utvecklas hela tiden vilket ger att i framtiden kommer ännu kraftigare lampor med ännu högre intensitet att vara möjliga.

De varmvita lysdioderna uppvisar en ljuskaraktäristik som behövs för att ersätta glödlampor i de applikationer där varmare ljusbild är nödvändig, t.ex. mysbelysning och allmän inomhusbelysning. De varmvita lysdioderna har dock lägre verkningsgrad än de kallvita men är i övrigt identiska.

Konstruktionen av RGB-lampan påvisar tydligt lysdiodens potential inom det nya mycket intressanta området varibel färgsättning. Vid blandning av primärfärgerna måste dock hänsyn tas till att ljusintensiteten från lysdioderna, och hur människans öga uppfattar intensiteten hos ljuset, är starkt olinjärt. Dessa faktorer gör att RGB-lampan behöver linjäriseras för att ljusintensiteten ska kunna styras linjärt.

Vattenkylningen till lysdioderna är det som starkt begränsar litenheten och den praktiska användningen av demonstrationsriggen. Metoden med att använda vattenkylning lämpar sig inte för flertalet applikationer eftersom slangar, pump och radiator tar stor plats. Eftersom demonstrationsriggen har tillåtits att ta stor plats och är stationär är vattenkylning en bra lösning. Vattenkylning har sin stora potential vid extremt höga effekter där mycket värme utvecklas på en liten yta och konstruktionen ändå kommer vara utrymmeskrävande pga. av annan kringutrustning.

6 Slutsatser

Det som är möjligt att se från demonstrationsriggen är att potentialen och möjligheterna för moderna lysdioder är stora och de kommer onekligen att vara ett vanligt inslag i framtida samhällen. Samtidigt är det inte helt simpelt att bygga högeffektapplikationer, lysdioderna behöver omfattande elektronik för att fungera samt en väl fungerande lösning för kylning.

För specialapplikationer som t.ex. scenbelysning för konsert och teater har enfärgade och RGB-diodsbaserade produkter en mycket stor potential då denna marknad inte är lika priskänslig. De största fördelarna för lysdioderna där är att de har högre intensitet per yta än tidigare lösningar och genererar betydligt mindre värme. Mindre värme och mindre effekt är här fördelaktigt ur dimensioneringssynpunkt snarare än ur ekonomisk synpunkt.

För att lysdioder ska accepteras som belysningskälla behövs det antingen lysdioder som kan drivas direkt från elnätet eller liten smidig elektronik och kylning som kan byggas in i befintlig armatur (se figur 15). En något mer omfattande lösning är dubbla elsystem i ett hem eller kontorslokal med central drivelektronik eller bara likriktaraggregat för matning av lysdioder i hela huset. Detta skulle dock innebära mycket stora investeringskostnader, samt risker med att låsa in sig i en enda lösning. Investeringskostnaderna skulle dock kunna minimeras genom att bygga in systemet från början.

För konsumenter är det den lägre elräkningen som ger möjlighet att spara in de dyra investeringskostnaderna för lysdioderna. Dock finns det redan betydligt billigare alternativ som t.ex. kompaktlysrör. Dessa har inte lika bra verkningsgrad som lysdioder men är betydligt billigare i inköp, vilket ger bättre ekonomi. Idag kostar ett kompaktlysrör, som kan ersätta en 60W glödlampa, 35kr på IKEA [27] medan en liknande lösning med lysdioder kostar 440 kr [28].

Lysdioderna används främst idag för portabla batteridrivna produkter, och pga. detta produceras de nu i större volymer vilket snabbt driver ner priserna. Därmed kommer utvecklingen att accelerera, lysdioderna kommer bli billigare, klara av högre effekter och det kommer dyka upp fler och fler produkter som innehåller lysdioder.



Figur 15: Lysdiodslampa för 230VAC med E27 skruvsockel.

Referenser

- [1] Green, Anna och Ellegård, Kajsa (2008-05-21) *Consumer behaviour in Swedish households: routines and habits in everyday life* (Elektronisk) Svenska Energimyndigheten. Tillgänglig: <<http://www.swedishenergyagency.se/>>/Improved energy statistics/Metering of domestic electricity/ECEEE 070606, P Bennich/ (PDF-dokument) (2007-06-06).
- [2] (2008-05-18) *Incandescent light bulb* (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_Light> Luminous efficacy and efficiency (2008-05-18).
- [3] (2008-05-19) *Light-emitting diode* (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode#Efficiency_and_operational_parameters> (2008-05-19).

3.1 Glödlampa

- [4] (2008-04-23) *Glödlampa*. (Elektronisk) Svenska Wikipedia. Tillgänglig: <<http://sv.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%B6dlampa>> (2008-05-18).
- [5] (2008-05-18) *Incandescent light bulb*. (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb> (2008-05-18).

3.2 Lysrör

- [6] (2008-05-18) *Fluorescent lamp*. (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent_light> (2008-05-18).
- [7] (2008-05-18) *Fluorescent lamp*. (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent_lamp> (2008-05-18).
- [8] (2007-05-07) *Image:Stokes shift.png* (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Stokes_shift.png> (2008-05-18).

3.3 HID-lampa

- [9] (2008-04-23) *Arc lamp* (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Arc_lamp> (2008-05-18).
- [10] (2008-05-18) *Incandescent light bulb*. (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb> (2008-05-18).
- [11] (2008-05-16) *High-intensity discharge lamp* (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/High-intensity_discharge_lamp> (2008-05-16).
- [12] (2008-05-18) *Light Technology* (Elektronisk) Keldan Lights. Tillgänglig: <<http://www.keldanlights.com/Technology.do?cat=2>> (2008-05-18).
- [13] (2005-08-26) *Image:Xenon short arc 1.jpg* (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Xenon_short_arc_1.jpg> (2008-05-18).
- [14] (2007-01-22) *Image:High pressure sodium lamp.svg* (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:High_pressure_sodium_lamp.svg> (2008-05-18).

3.4.1 Lysdiod - Uppbyggnad

- [15] (2008-05-16) *Diode - Semiconductor diodes* (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://en.wikipedia.org/wiki/Diode#Semiconductor_diodes> (2008-05-16).
- [16] (2001-08-21) *Produktinformation angående diod 1N4001* (Elektronisk) ELFA. Tillgänglig: <<http://www.elfa.se/pdf/70/07000367.pdf>> (2008-05-18).
- [17] (2005-10-25) *Image:Rectifier vi curve.GIF* (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Rectifier_vi_curve.GIF> (2008-05-18).

3.4.2 Lysdiod - Drivare

- [18] (2008-05-08) *Cree XLamp XR-E LED - Data Sheet (sida 7)* (Elektronisk) Cree. Tillgänglig: <<http://www.cree.com/products/pdf/XLamp7090XR-E.pdf>> (2008-05-18).
- [19] (2007-10-07) *Switching-Mode Power Supply Design Tutorial Simple Switching Topologies* (Elektronisk) SMPS Technology. Tillgänglig: <<http://www.smps-tech.com/tutorial/t03top.htm>> (2008-05-18).

3.4.3 Lysdiod - Optik

- [20] (2008-01-13) *Powerled* (Elektronisk) Svenska Wikipedia. Tillgänglig: <http://sv.wikipedia.org/wiki/Powerled#Lysdiod_vs._Lysr.C3.B6r:> (2008-05-18).

3.4.4 Lysdiod - Kylning

- [21] (2007-07-24) *Cree XLamp LED Thermal Management* (Elektronisk) Cree. Tillgänglig: <<http://www.cree.com/products/pdf/XLampThermalManagement.pdf>> (2008-05-18).

4.1.3 Val av Optik

- [22] Polymer Optics Ltd. (Inget datum tillgängligt) *Narrow Angle LED Colour Mixer Assembly - Part No. 158* (Elektronisk) www.polymer-optics.co.uk Tillgänglig: <<http://www.polymer-optics.co.uk/Cree%20Colour%20Mixer%20Range.pdf>> (Inget datum tillgängligt).
- [23] Ledil Oy (2008-02-28) *CUTE-3 MR11, lenses for CREE XR-E LEDs* (Elektronisk) www.ledil.com Tillgänglig: <http://www.ledil.com/datasheets/DataSheet_CUTE-3_cree.pdf> (2008-05-18).

4.2.1 Styrning

- [24] Texas Instrument (Juni 2003) *NE555, SA555, SE555 PRECISION TIMERS* (Elektronisk) ELFA. Tillgänglig: <<http://www.elfa.se/pdf/73/730/07304117.pdf>> (2008-05-18).
- [25] (Inget datum tillgängligt) (Elektronisk) www.cpemma.co.uk, Tillgänglig: <<http://www.cpemma.co.uk/graphics/stooth.gif>> (2008-05-18).
- [26] (2007-07-13) *Image:CIExy1931.svg* (Elektronisk) Engelska Wikipedia. Tillgänglig: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Image:CIExy1931.svg>> (2008-05-18).

6 Slutsats

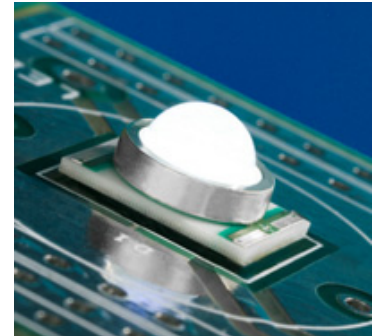
- [27] IKEA (Inget datum tillgängligt) *SPARSAM - Energisparlampa E27* (Elektronisk) www.ikea.se Tillgänglig: <<http://www.ikea.com/se/sv/catalog/products/60131418>> (2008-05-21).
- [28] Dotlight (Inget datum tillgängligt) *PAR30 LED flood light - 7 x 1 Watt HighPower white* www.dotlight.de Tillgänglig: <http://www.dotlight.de/shop/product_info.php/cPath/203_213_288/products_id/1528> (2008-05-21).

Appendix A

Cree® XLamp® XR-E LED Data Sheet

Cree XLamp LEDs combine the brightness of power LED chips with a rugged package capable of operating up to four watts. Cree XLamp LEDs lead the solid-state lighting industry in brightness while providing a reflow-solderable design that is optimized for ease of use and thermal management. Lighting applications featuring XLamp LEDs maximize light output and increase design flexibility, while minimizing environmental impact.

Cree XLamp LEDs bring lighting-class brightness and efficiency to a wide range of lighting and backlighting applications, including portable lighting and flashlights, outdoor and industrial, signaling, architectural, landscaping and entertainment/advertising installations.



FEATURES

- Guaranteed minimum flux order codes up to 107 lm in white, 30.6 lm in blue and 67.2 lm in green at 350 mA
- Available in white (2,600 K to 10,000 K CCT), blue, royal blue and green
- Drive currents: 350 to 1000 mA
- Industry's lowest thermal resistance: 8°C/W
- Max junction temperature: 150°C
- Industry-leading JEDEC standard pre-qualification testing
- Reflow solderable – JEDEC J-STD-020C compatible
- Electrically neutral thermal path
- RoHS-compliant
- Lumen maintenance of greater than 70% after 50,000 hours

Table of Contents

Flux Characteristics ($T_j = 25^\circ\text{C}$) - White	2
Flux Characteristics ($T_j = 25^\circ\text{C}$) - Color	3
Characteristics	4
Relative Spectral Power Distribution	5
Relative Flux vs. Junction Temperature ($I_f = 350\text{ mA}$).....	6
Electrical Characteristics ($T_j = 25^\circ\text{C}$).....	7
Thermal Design	7
Relative Flux vs. Current ($T_j = 25^\circ\text{C}$)	8
Typical Spatial Distribution.....	8
Reflow Soldering Characteristics	9
Notes.....	10
Mechanical Dimensions ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	11
Tape and Reel	12
Dry Packaging and Packaging	13

Flux Characteristics ($T_j = 25^{\circ}\text{C}$) - White

The following tables describe the available colors and flux for XR-E LEDs by listing the correlated color temperature or dominant wavelength range for the entire family and by providing several base order codes. It is important to note that the base order codes listed here are a subset of the total available order codes for the product family. For more order codes, as well as a complete description of the order-code nomenclature, please consult the XR-E & XR-C Binning and Labeling document.

Color	CCT Range		Base Order Codes Min Luminous Flux (lm)		Order Code
	Min.	Max.	Group	Flux (lm)	
Cool White	5,000 K	10,000 K	P2	67.2	XREWHT-L1-0000-00701
			P3	73.9	XREWHT-L1-0000-00801
			P4	80.6	XREWHT-L1-0000-00901
			Q2	87.4	XREWHT-L1-0000-00A01
			Q3	93.9	XREWHT-L1-0000-00B01
			Q4	100	XREWHT-L1-0000-00C01
			Q5	107	XREWHT-L1-0000-00D01
Neutral White	3,700 K	5,000 K	N3	56.8	XREWHT-L1-0000-005E4
			N4	62.0	XREWHT-L1-0000-006E4
			P2	67.2	XREWHT-L1-0000-007E4
			P3	73.9	XREWHT-L1-0000-008E4
			P4	80.6	XREWHT-L1-0000-009E4
Warm White	2,600 K	3,700 K	N2	51.7	XREWHT-L1-0000-004E7
			N3	56.8	XREWHT-L1-0000-005E7
			N4	62.0	XREWHT-L1-0000-006E7
			P2	67.2	XREWHT-L1-0000-007E7
			P3	73.9	XREWHT-L1-0000-008E7

Notes:

- Cree maintains a tolerance of +/- 7% on flux and power measurements.
- Typical CRI for Cool White & Neutral White (3,700 K – 10,000 K CCT) is 75.
- Typical CRI for Warm White (2,600 K – 3,700 K CCT) is 80.

Flux Characteristics ($T_j = 25^{\circ}\text{C}$) - Color

The following tables describe the available colors and flux for XR-E LEDs by listing the correlated color temperature or dominant wavelength range for the entire family and by providing several base order codes. It is important to note that the base order codes listed here are a subset of the total available order codes for the product family. For more order codes, as well as a complete description of the order-code nomenclature, please consult the XR-E & XR-C Binning and Labeling document.

Color	Dominant Wavelength Range				Base Order Codes Min Radiant Flux (mW)		Order Code
	Min.		Max.				
	Group	DWL (nm)	Group	DWL (nm)	Group	Flux (mW)	
Royal Blue	D3	450	D5	465	12	250	XREROY-L1-0000-00701
					13	300	XREROY-L1-0000-00801
					14	350	XREROY-L1-0000-00901

Color	Dominant Wavelength Range				Base Order Codes Min Luminous Flux (lm)		Order Code
	Min.		Max.				
	Group	DWL (nm)	Group	DWL (nm)	Group	Flux (lm)	
Blue	B3	465	B6	485	J	23.5	XREBLU-L1-0000-00J01
					K	30.6	XREBLU-L1-0000-00K01

Color	Dominant Wavelength Range				Base Order Codes Min Luminous Flux (lm)		Order Code
	Min.		Max.				
	Group	DWL (nm)	Group	DWL (nm)	Group	Flux (mW)	
Green	G2	520	G4	535	P	67.2	XREGRN-L1-0000-00P01

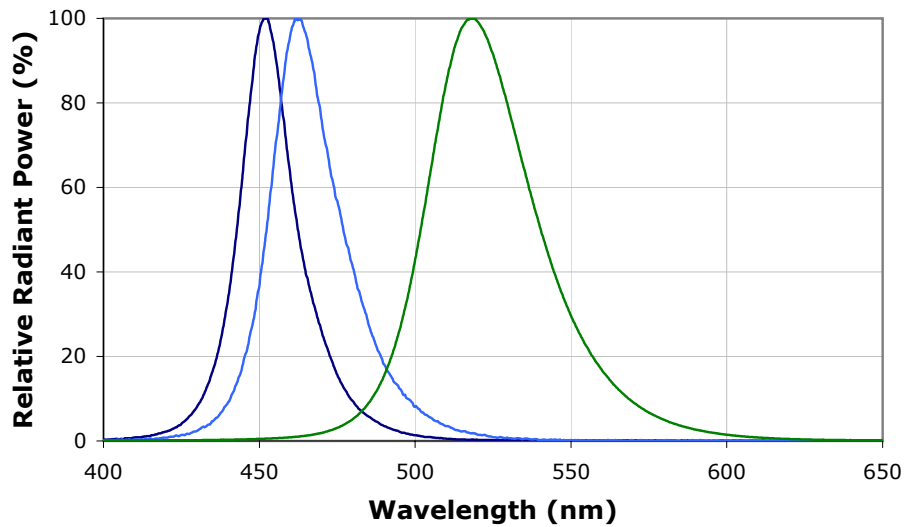
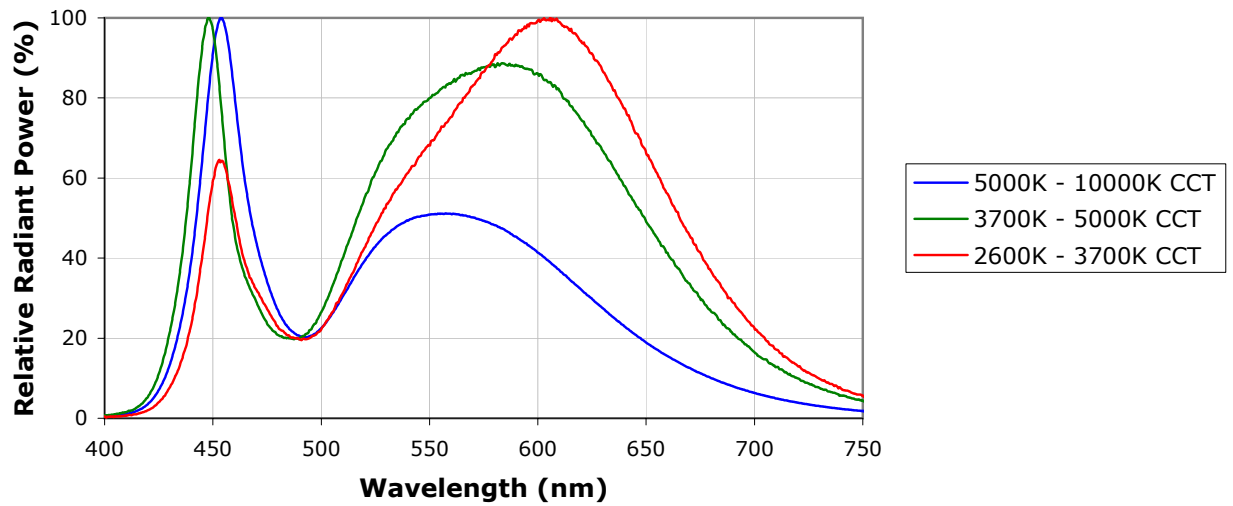
Note: Cree maintains a tolerance of +/- 7% on flux and power measurements.

Characteristics

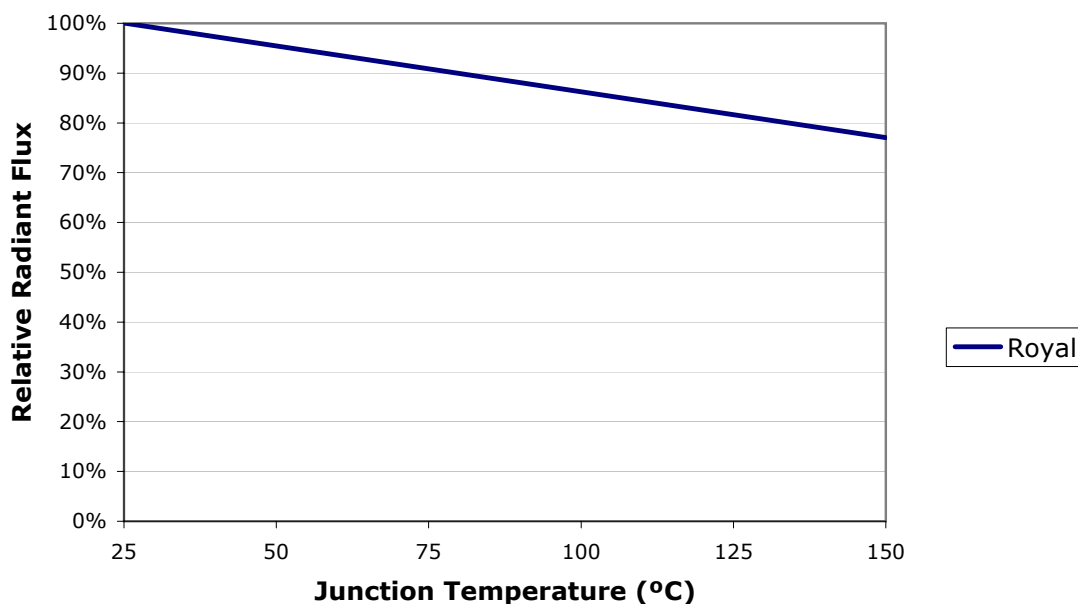
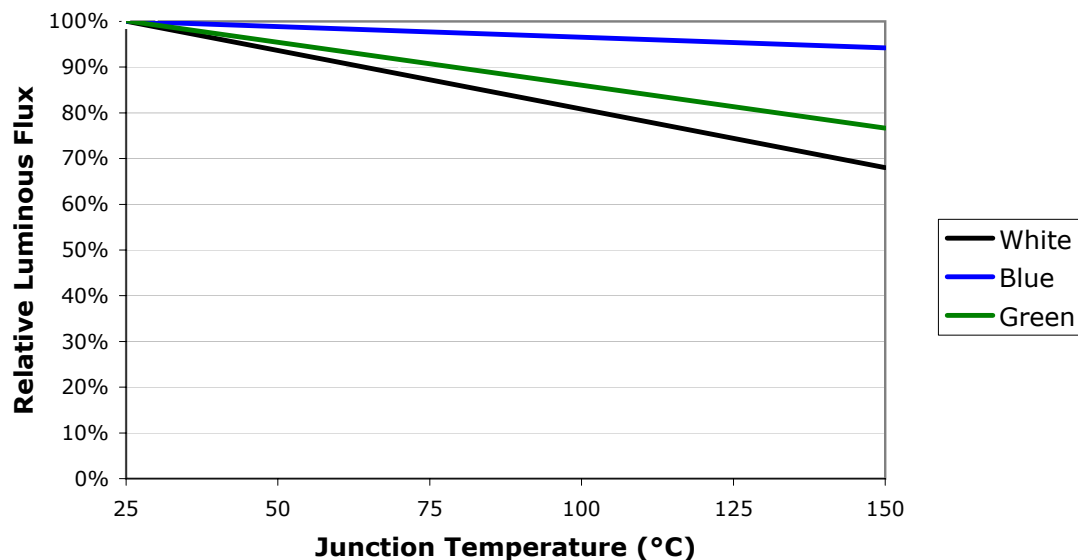
Characteristics	Unit	Minimum	Typical	Maximum
Thermal Resistance, junction to solder point	°C/W		8	
Viewing Angle (FWHM) (white)	degrees		90	
Viewing Angle (FWHM) (blue, royal blue, green)	degrees		100	
Temperature coefficient of voltage (white, blue, royal blue, green)	mV/°C		-4.0	
ESD Classification (HBM per Mil-Std-883D)			Class 2	
DC Forward Current (white ≥ 5000 K)	mA			1000
DC Forward Current (white < 5000 K, blue, royal blue, green)	mA			700
DC Pulse Current (@ 1 kHz, 10% duty cycle)	A			1.8
Reverse Voltage	V			5
Forward Voltage (@ 350 mA)	V		3.3	3.9
Forward Voltage (@ 700 mA)	V		3.5	
Forward Voltage (@ 1000 mA) (white ≥ 5000 K)	V		3.7	
LED Junction Temperature *	°C			150

* Note: For lumen maintenance data, see the Cree XLamp LED Reliability document.

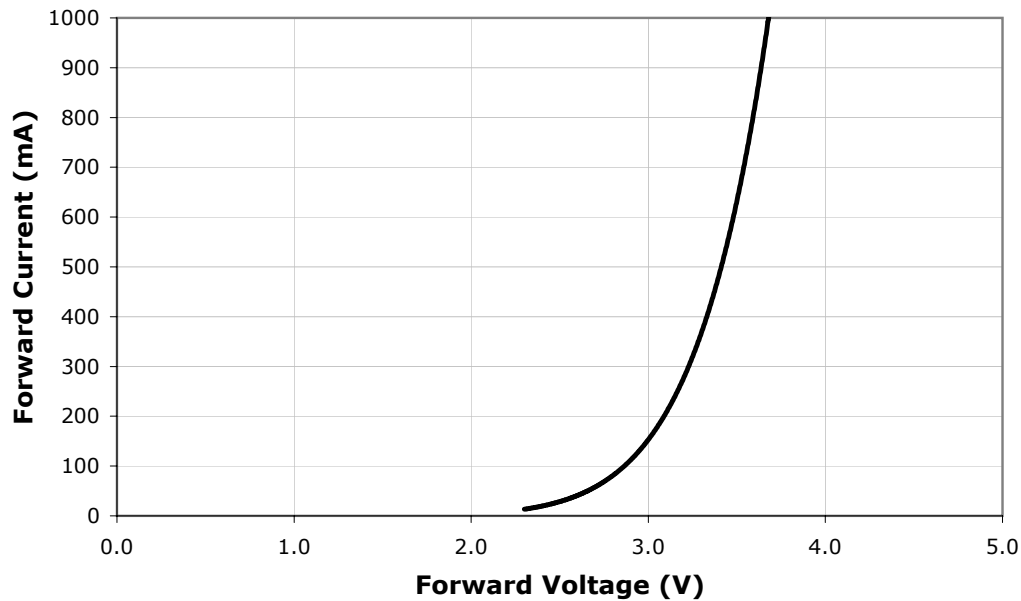
Relative Spectral Power Distribution



Relative Flux vs. Junction Temperature ($I_f = 350$ mA)

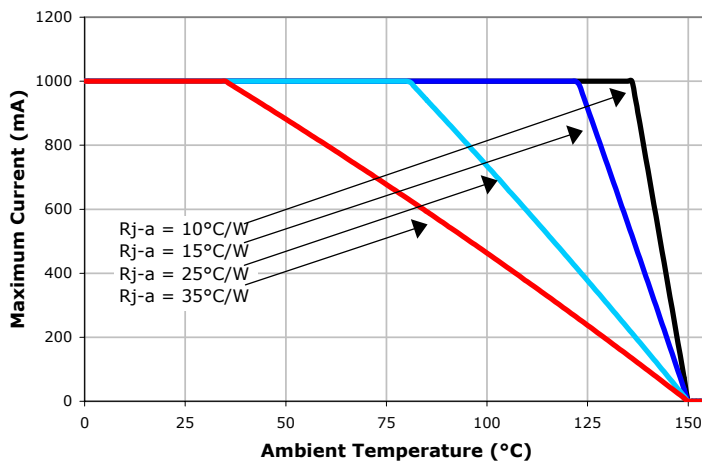


Electrical Characteristics ($T_j = 25^\circ\text{C}$)

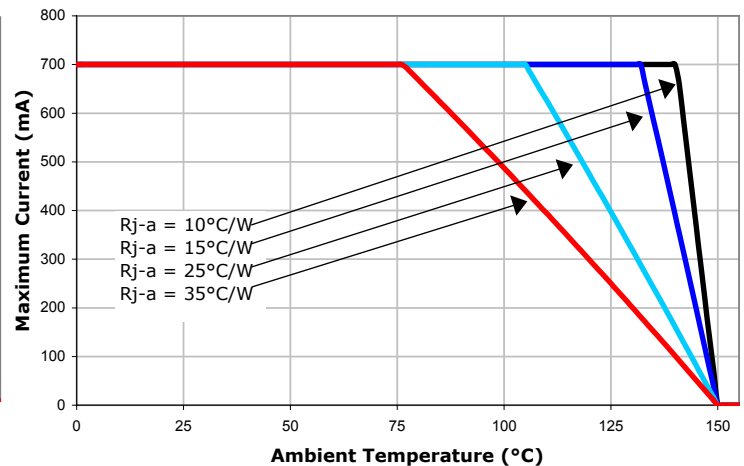


Thermal Design

The maximum forward current is determined by the thermal resistance between the LED junction and ambient. Given an existing thermal resistance of 8°C/W between the junction and the solder point, it is crucial for the end product to be designed in a manner that minimizes the thermal resistance from the solder point to ambient in order to optimize lamp life and optical characteristics.

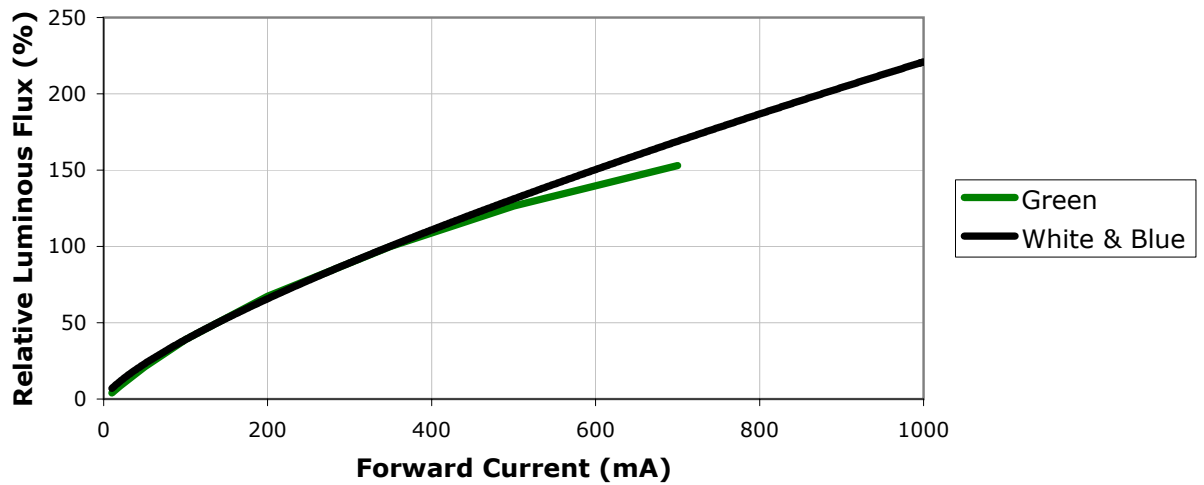


Cool White

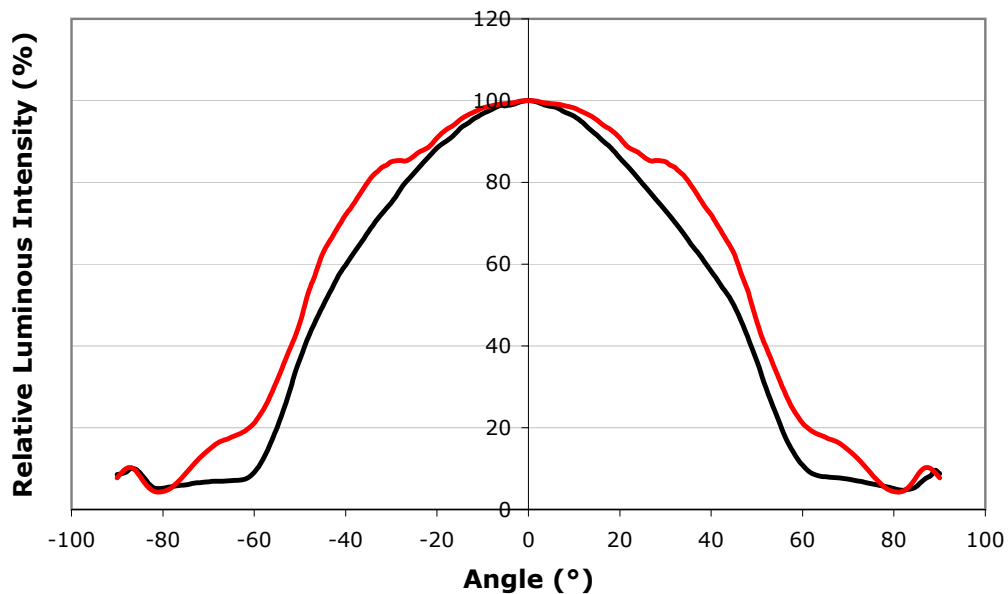


Neutral White, Warm White, Blue, Royal Blue and Green

Relative Flux vs. Current ($T_j = 25^\circ\text{C}$)

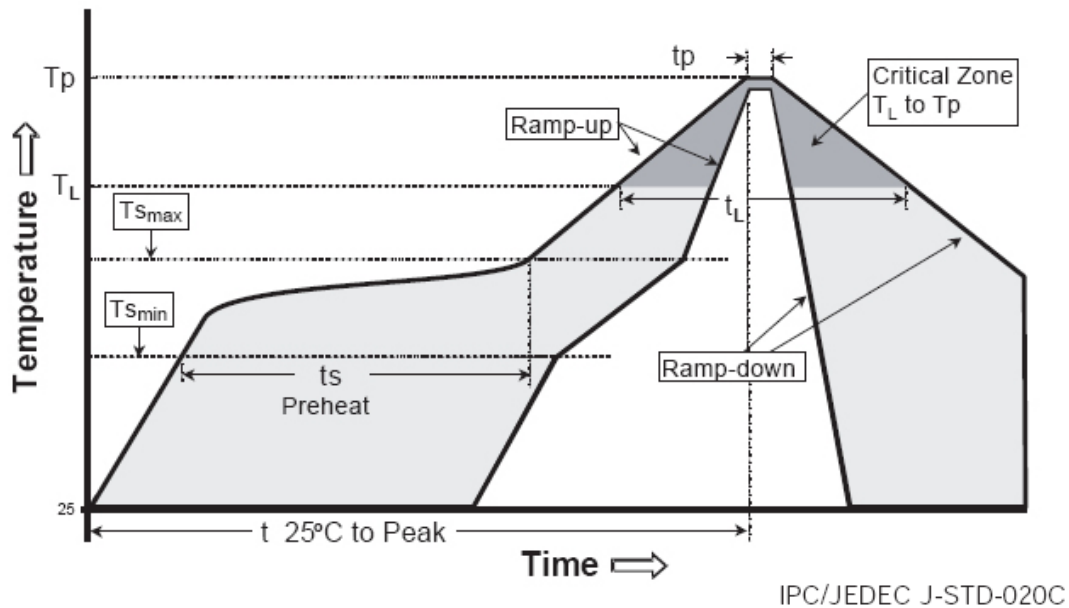


Typical Spatial Distribution



Reflow Soldering Characteristics

The following reflow soldering profiles are provided for reference. Cree recommends that users follow the recommended soldering profile provided by the manufacturer of the solder paste used. Cree XLamp LEDs are compatible with JEDEC J-STD-020C.



Profile Feature	Lead-Based Solder	Lead-Free Solder
Average Ramp-Up Rate ($T_{s_{max}}$ to T_p)	3°C/second max.	3°C/second max.
Preheat: Temperature Min ($T_{s_{min}}$)	100°C	150°C
Preheat: Temperature Max ($T_{s_{max}}$)	150°C	200°C
Preheat: Time ($t_{s_{min}}$ to $t_{s_{max}}$)	60-120 seconds	60-180 seconds
Time Maintained Above: Temperature (T_L)	183°C	217°C
Time Maintained Above: Time (t_L)	60-150 seconds	60-150 seconds
Peak/Classification Temperature (T_p)	215°C	260°C
Time Within 5°C of Actual Peak Temperature (t_p)	10-30 seconds	20-40 seconds
Ramp-Down Rate	6°C/second max.	6°C/second max.
Time 25°C to Peak Temperature	6 minutes max.	8 minutes max.

Note: All temperatures refer to topside of the package, measured on the package body surface.

Notes

Lumen Maintenance Projections

Based on internal long-term reliability testing and standardized forecasting methods, Cree projects XLamp LEDs to maintain an average of 70% lumen maintenance after 50,000 hours, provided the LED junction temperature is maintained at or below 80°C.

Please read the XLamp Reliability application note for more details on Cree's lumen maintenance testing and forecasting. Please read the XLamp Thermal Management application note for details on how thermal design, ambient temperature, and drive current affect the LED junction temperature.

Moisture Sensitivity

XLamp LEDs are shipped in sealed, moisture-barrier bags (MBB) designed for long shelf life. If XLamp LEDs are exposed to moist environments after opening the MBB packaging but before soldering, damage to the LED may occur during the soldering operation. The following derating table defines the maximum exposure time (in days) for an XLamp LED in the listed humidity and temperature conditions. LEDs with exposure time longer than the time specified below must be baked according to the baking conditions listed below.

Temperature	Maximum Percent Relative Humidity						
	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
30°C	9	5	4	3	1	1	1
25°C	12	7	5	4	2	1	1
20°C	17	9	7	6	2	2	1

Baking Conditions

It is not necessary to bake all XLamp LEDs. Only the LEDs that meet all of the following criteria must be baked:

1. LEDs that have been removed from the original MBB packaging
2. LEDs that have been exposed to a humid environment longer than listed in the Moisture Sensitivity section above
3. LEDs that have not been soldered

LEDs should be baked at 80°C for 24 hours. LEDs may be baked on the original reels. Remove LEDs from MBB packaging before baking. Do not bake parts at temperatures higher than 80°C. This baking operation resets the exposure time as defined in the Moisture Sensitivity section above.

Storage Conditions

XLamp LEDs that have been removed from original MBB packaging but not soldered yet should be stored in a room or cabinet that will maintain an atmosphere of $25 \pm 5^\circ\text{C}$ and no greater than 10% RH (relative humidity). For LEDs stored in these conditions, storage time does not add to exposure time as defined in the Moisture Sensitivity section above.

RoHS Compliance

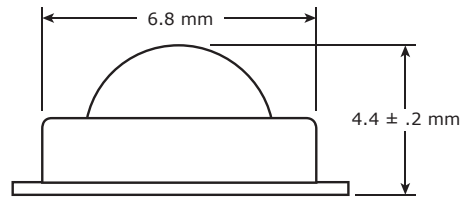
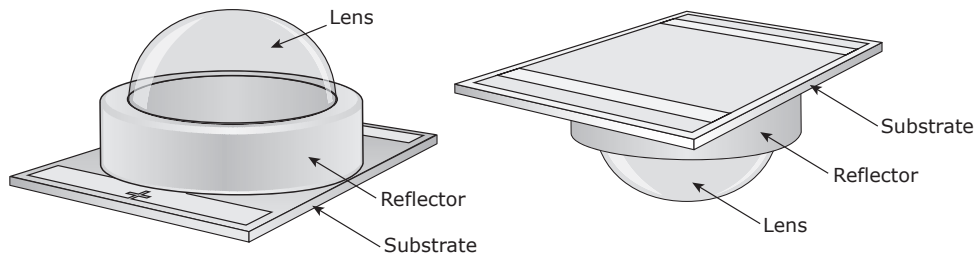
The levels of environmentally sensitive, persistent biologically toxic (PBT), persistent organic pollutants (POP), or otherwise restricted materials in this product are below the maximum concentration values (also referred to as the threshold limits) permitted for such substances, or are used in an exempted application, in accordance with EU Directive 2002/95/EC on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS), as amended through April 21, 2006.

Vision Advisory Claim

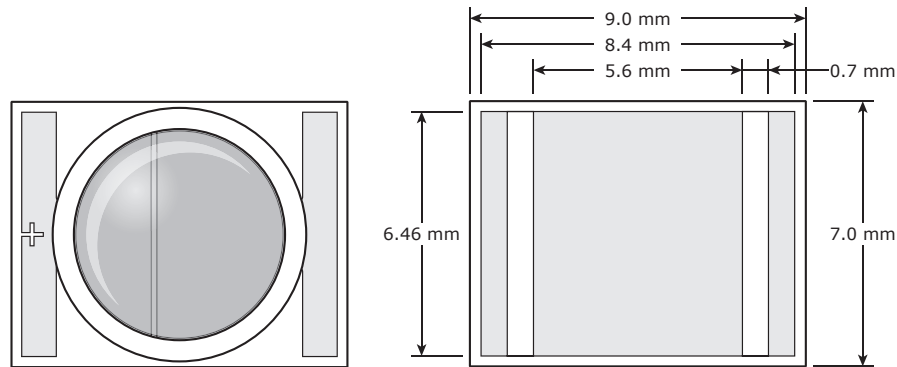
Users should be cautioned not to stare at the light of this LED product. The bright light can damage the eye.

Mechanical Dimensions ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

All measurements are $\pm 0.1\text{mm}$ unless otherwise indicated.

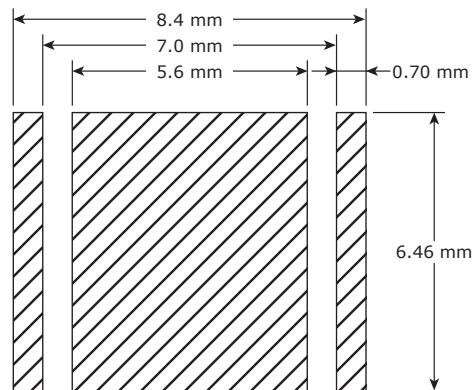


Side View



Top View

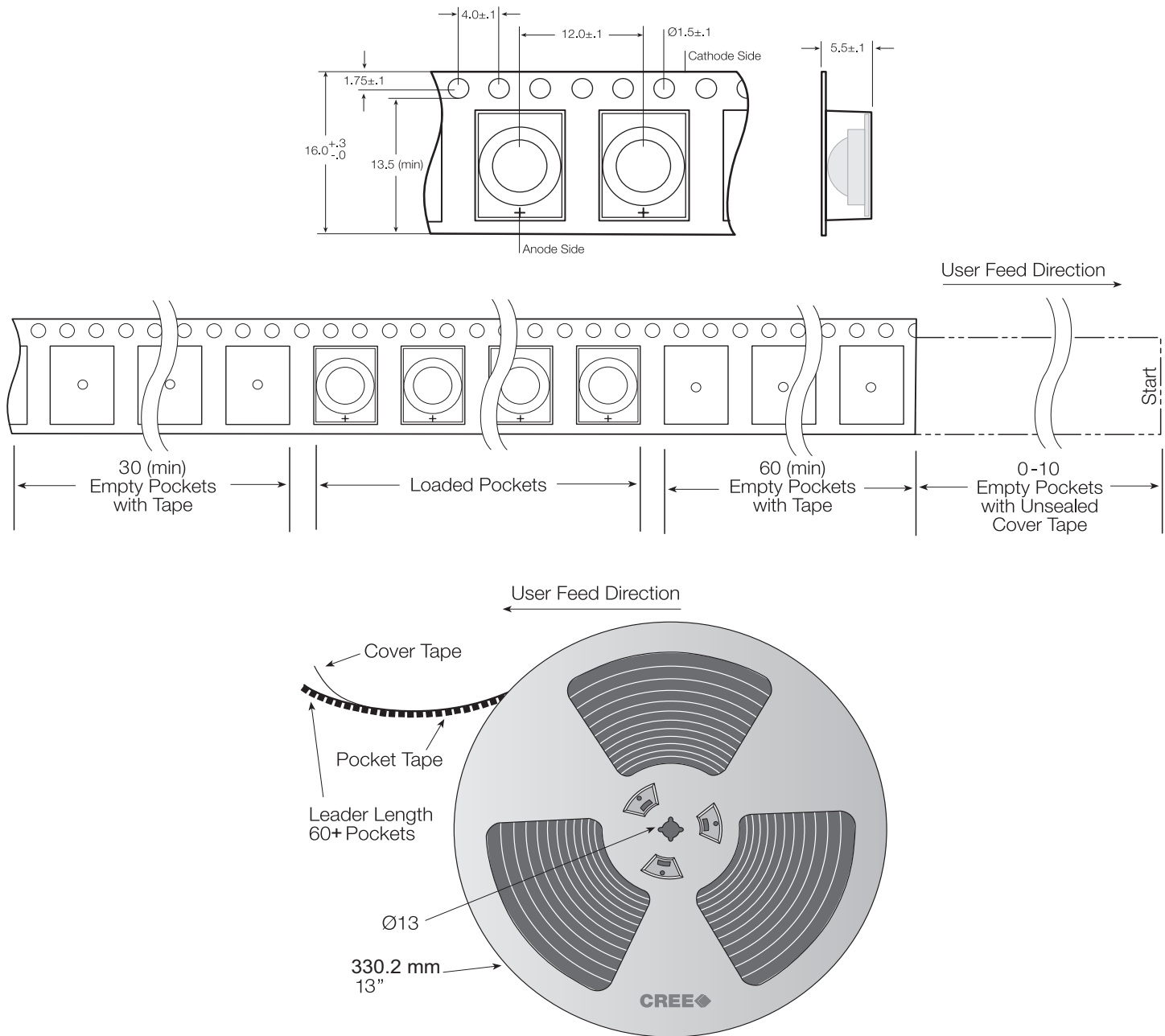
Bottom View



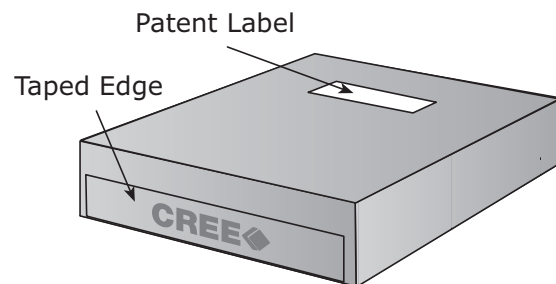
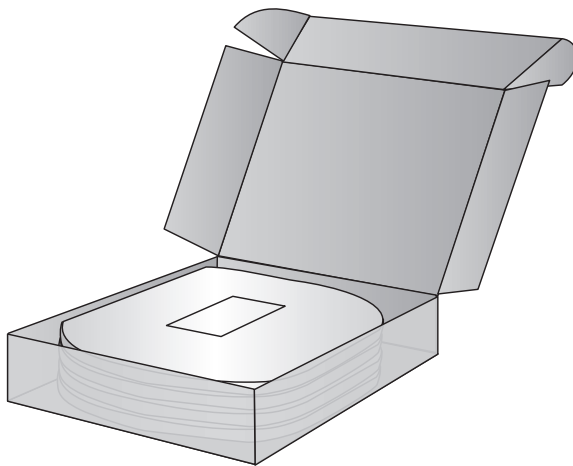
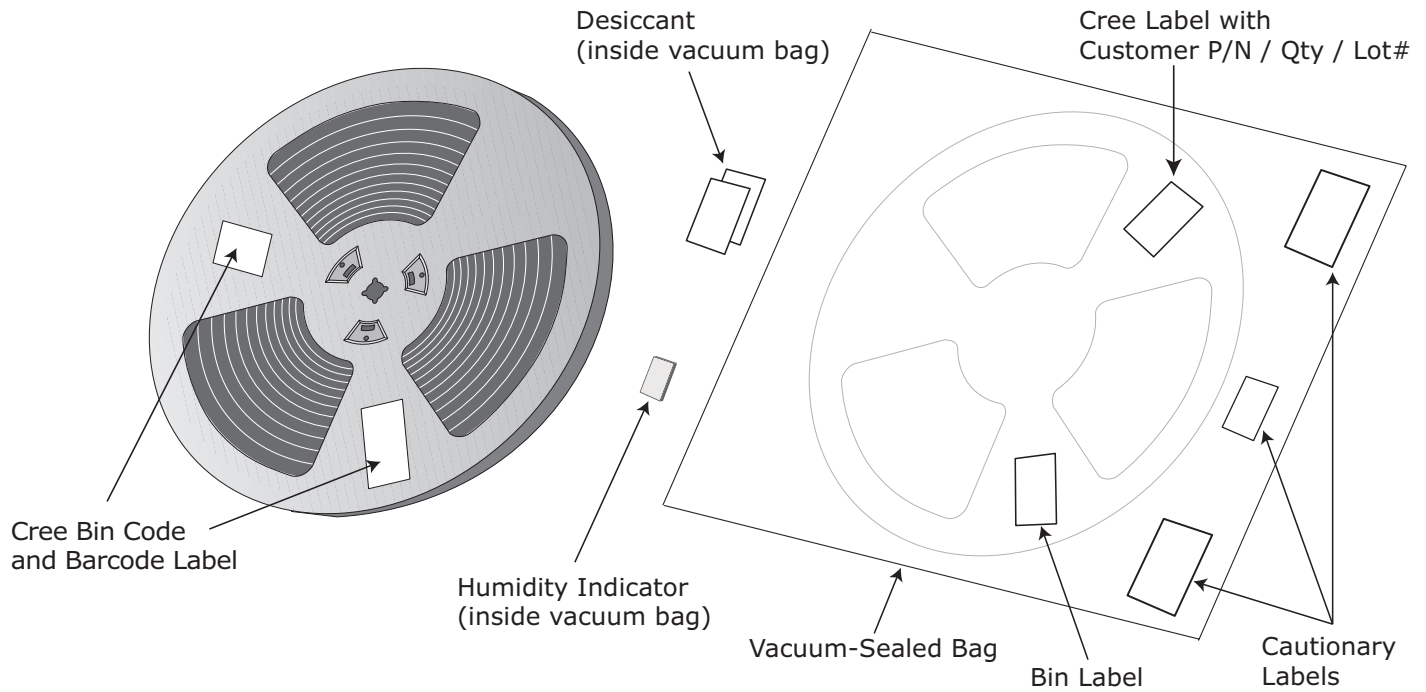
Recommended PC Board Solder Pad

Tape and Reel

All dimensions in mm.



Dry Packaging and Packaging



Appendix B

Cree® XLamp® XR LED Data Sheet

Cree XLamp LEDs combine the brightness of power LED chips with a rugged package capable of operating in excess of one watt. Cree XLamp LEDs lead the solid-state lighting industry in brightness while providing a reflow-solderable design that is optimized for ease of use and thermal management. Lighting applications featuring XLamp LEDs maximize light output and increase design flexibility, while minimizing environmental impact.

Cree XLamp LEDs bring the power of brightness to a wide range of lighting and backlighting applications including portable lighting and flashlights, computer and television screens, signaling, architectural, landscaping and entertainment/advertising installations.



FEATURES

- Full range of drive currents up to 700 mA
- Surface-mount technology — reflow solderable
- Wide range of colors
 - White, Royal Blue, Blue, Cyan, Green, Amber, Red-Orange and Red
- Low operating voltage
- Electrically neutral thermal path
- RoHS-compliant — lead-free
- Integrated lens
- Small footprint — 7.0 mm x 9.0 mm
- ESD > 2000 V
- Lumen Maintenance of greater than 70% on average after 50,000 hours

Table of Contents

Flux Characteristics ($T_j = 25^\circ\text{C}$).....	2
Characteristics	2
Relative Spectral Power Distribution	3
Typical Electrical Characteristics ($T_j = 25^\circ\text{C}$)	4
Thermal Design.....	4
Relative Flux vs. Current ($T_j = 25^\circ\text{C}$)	5
Typical Spatial Distribution.....	5
Photometric Output vs. Junction Temperature ($I_F = 350\text{ mA}$)	6
Reflow Soldering Characteristics	7
Notes.....	8
Mechanical Dimensions ($T_j = 25^\circ\text{C}$).....	9
Tape and Reel	10
Dry Packaging and Packaging	11

Flux Characteristics (T_j = 25°C)

Color	Dominant wavelength (nm)		Typical Luminous or Radiant flux @ 350 mA
	Min.	Max.	
Royal Blue	455	465	255 mW
Blue	465	475	15 lm
Cyan	500	510	45 lm
Green	520	535	52 lm
Amber	585	595	42 lm
Red-Orange	610	620	49 lm
Red	620	635	40 lm

Color	CCT (K)		Typical Luminous or Radiant flux @ 350 mA
	Min.	Max.	
Global White	5000	10000	51 lm
White	5000	10000	46 lm
	3500	5000	43 lm
	2600	3500	37 lm

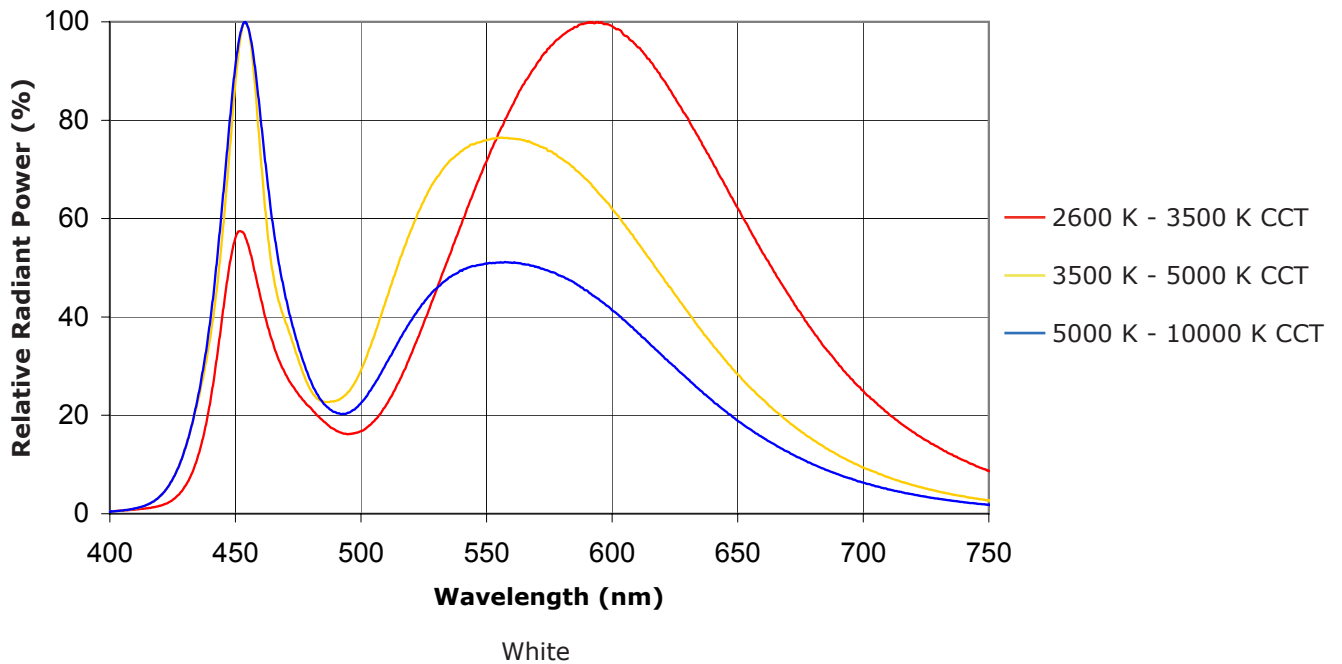
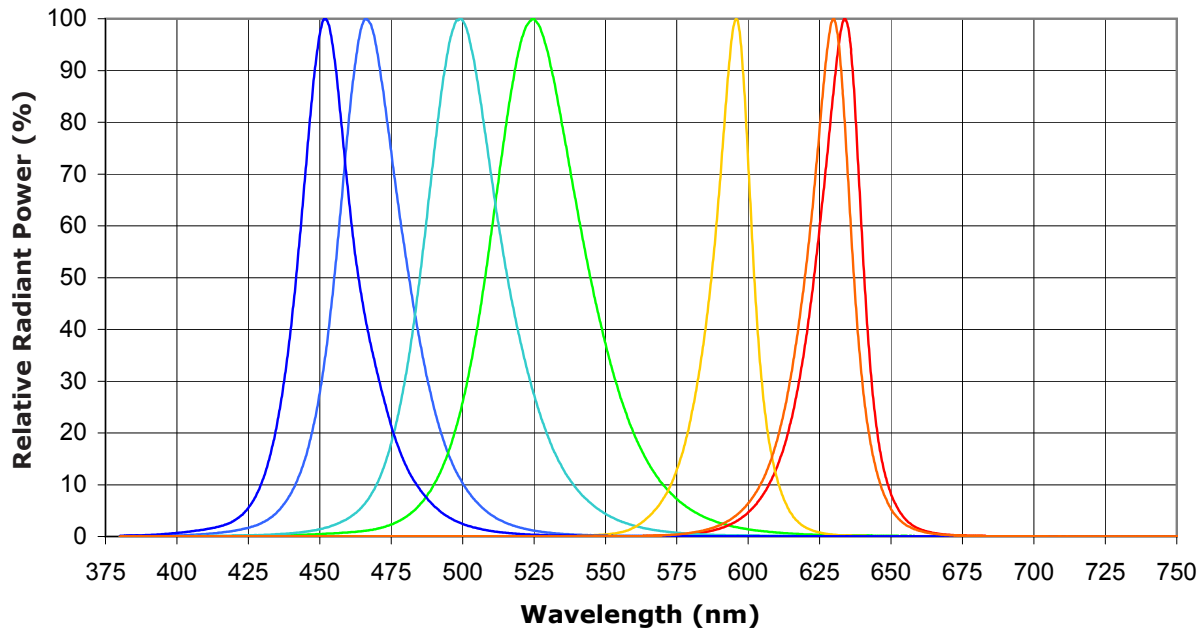
Note: Cree maintains a tolerance of +/- 7% on flux and power measurements.

Characteristics

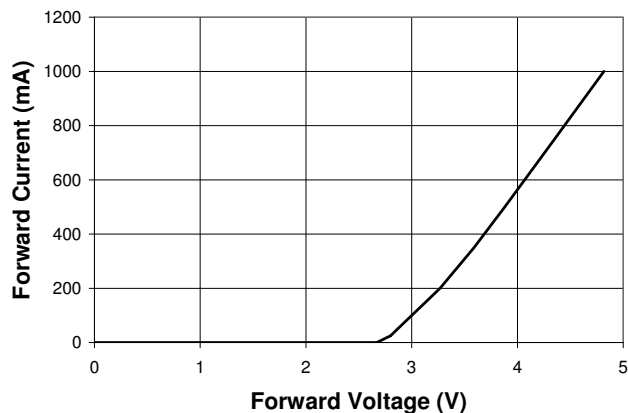
Characteristics	Unit	Min	Typical	Max
Thermal Resistance, junction to solder point (white, royal blue, blue, cyan, green)	°C/W		8	
Thermal Resistance, junction to solder point (amber, red-orange, red)	°C/W		15	
Viewing angle (FWHM)	degrees		100	
Temperature coefficient of voltage (royal blue, blue, cyan, green, white)	mV/°C		-3.0 to -2.8	
Temperature coefficient of voltage (amber, red-orange, red)	mV/°C		-3.2 to -3.0	
ESD Classification (HBM per Mil-Std-883D)			Class 2	
DC Forward Current (royal blue, blue, cyan, green, red-orange, red, white > 4444K)	mA			700
DC Forward Current (amber, white < 4444K)	mA			350
DC Pulse Current (white, royal blue, blue, cyan, green @ 1 kHz, 10% duty cycle)	A			1.8
DC Pulse Current (amber, red-orange, red @ 1 kHz, 10% duty cycle)	A			1.0
Reverse Voltage	V			5
Forward Voltage @ 350 mA (royal blue, blue, cyan, green, white)	V		3.4	4.0
Forward Voltage @ 350 mA (amber, red-orange, red)	V		2.25	3.0
LED Junction Temperature	°C			145
Operating Temperature	°C	-40		85

For details on Cree's procedures for sorting, binning and labeling and a list of standard order codes, see the application note [Cree XLamp XR LED Binning and Labeling](#).

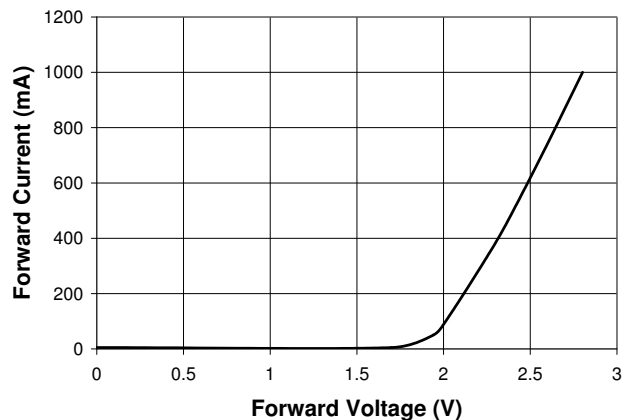
Relative Spectral Power Distribution



Typical Electrical Characteristics ($T_j = 25^\circ\text{C}$)



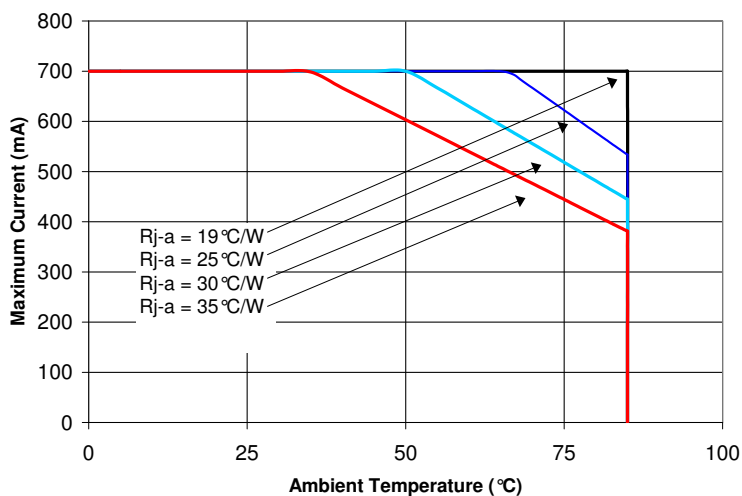
White, Royal Blue, Blue, Cyan, Green



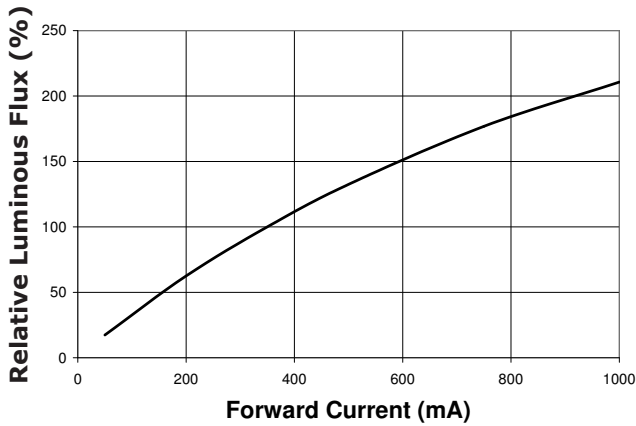
Red, Red-Orange, Amber

Thermal Design

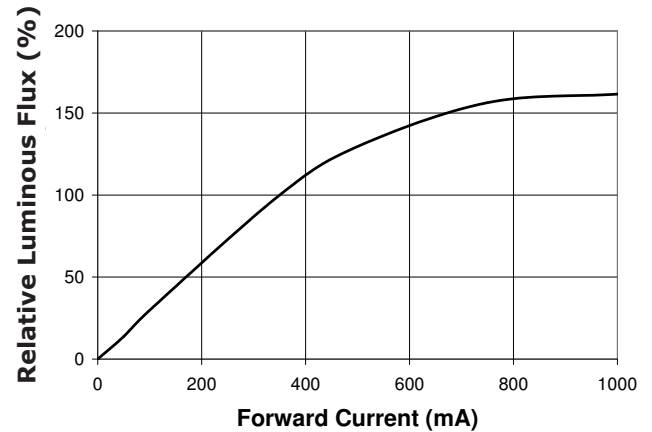
The maximum forward current is determined by the thermal resistance between the LED junction and ambient. Given an existing thermal resistance of $8^\circ\text{C}/\text{W}$ between the junction and the solder point, it is crucial for the end product to be designed in a manner that minimizes the thermal resistance from the solder point to ambient in order to optimize lamp life and optical characteristics.



Relative Flux vs. Current ($T_j = 25^\circ\text{C}$)

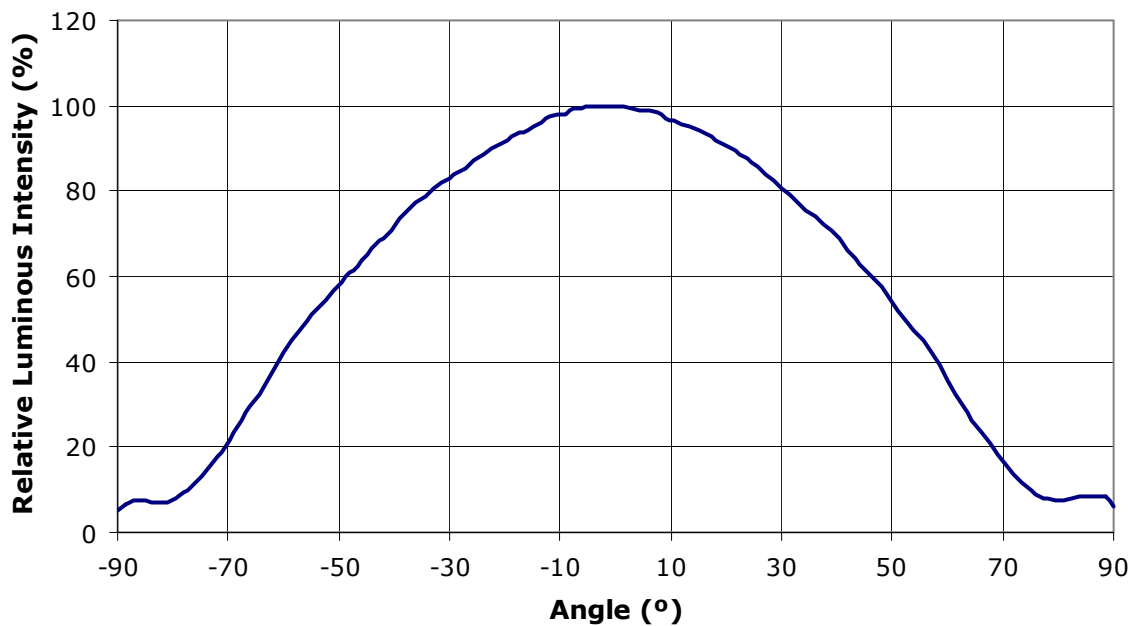


White, Royal Blue, Blue, Cyan, Green

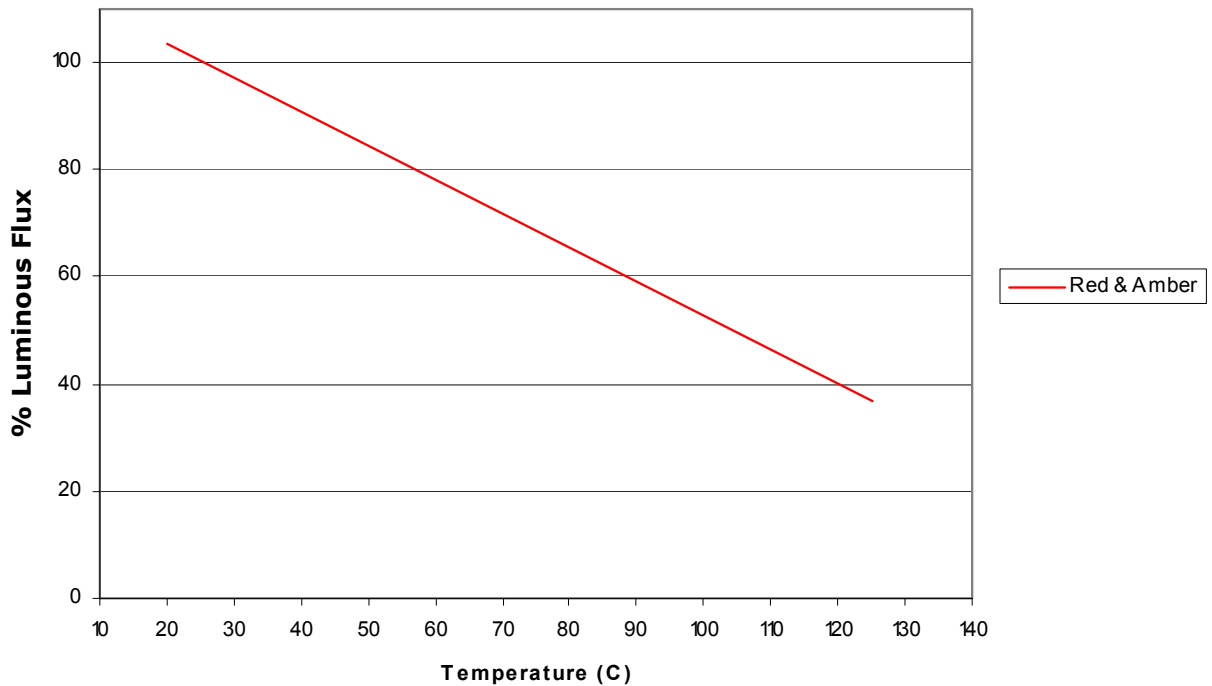
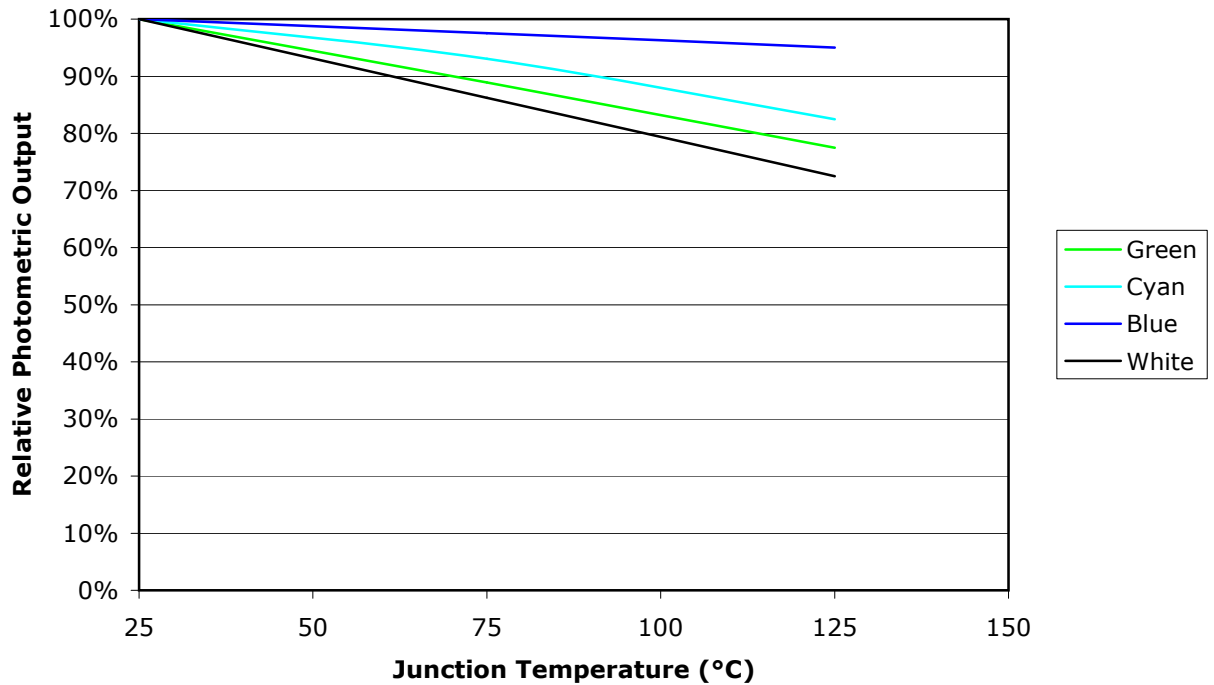


Red, Red-Orange, Amber

Typical Spatial Distribution

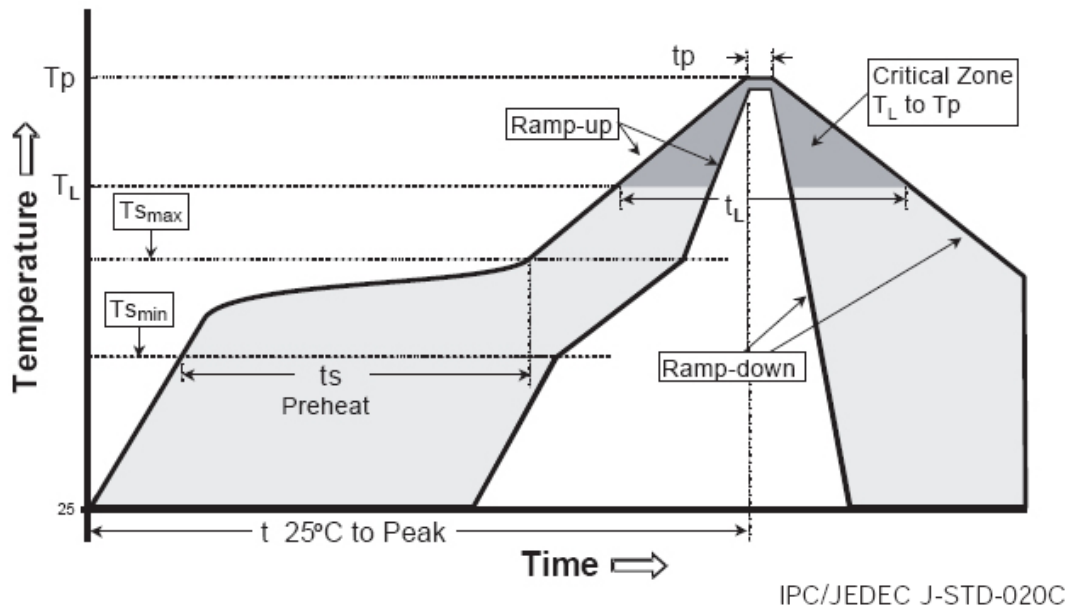


Photometric Output vs. Junction Temperature ($I_f = 350$ mA)



Reflow Soldering Characteristics

The following reflow soldering profiles are provided for reference. Cree recommends that users follow the recommended soldering profile provided by the manufacturer of the solder paste used. Cree XLamp LEDs are compatible with JEDEC J-STD-020C.



Profile Feature	Lead-Based Solder	Lead-Free Solder
Average Ramp-Up Rate (T_{smax} to T_p)	3°C/second max.	3°C/second max.
Preheat: Temperature Min (T_{smin})	100°C	150°C
Preheat: Temperature Max (T_{smax})	150°C	200°C
Preheat: Time (t_{smin} to t_{smax})	60-120 seconds	60-180 seconds
Time Maintained Above: Temperature (T_L)	183°C	217°C
Time Maintained Above: Time (t_L)	60-150 seconds	60-150 seconds
Peak/Classification Temperature (T_p)	215°C	260°C
Time Within 5°C of Actual Peak Temperature (t_p)	10-30 seconds	20-40 seconds
Ramp-Down Rate	6°C/second max.	6°C/second max.
Time 25°C to Peak Temperature	6 minutes max.	8 minutes max.

Note: All temperatures refer to topside of the package, measured on the package body surface.

Notes

Lumen Maintenance Projections

Based on internal long-term reliability testing and standardized forecasting methods, Cree projects XLamp LEDs to maintain an average of 70% lumen maintenance after 50,000 hours, provided the LED junction temperature is maintained at or below 80°C.

Please read the XLamp Reliability application note for more details on Cree's lumen maintenance testing and forecasting. Please read the XLamp Thermal Management application note for details on how thermal design, ambient temperature, and drive current affect the LED junction temperature.

Moisture Sensitivity

XLamp LEDs are shipped in sealed, moisture-barrier bags (MBB) designed for long shelf life. If XLamp LEDs are exposed to moist environments after opening the MBB packaging but before soldering, damage to the LED may occur during the soldering operation. The following derating table defines the maximum exposure time (in days) for an XLamp LED in the listed humidity and temperature conditions. LEDs with exposure time longer than the time specified below must be baked according to the baking conditions listed below.

Temperature	Maximum Percent Relative Humidity						
	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
30°C	9	5	4	3	1	1	1
25°C	12	7	5	4	2	1	1
20°C	17	9	7	6	2	2	1

Baking Conditions

It is not necessary to bake all XLamp LEDs. Only the LEDs that meet all of the following criteria must be baked:

1. LEDs that have been removed from the original MBB packaging
2. LEDs that have been exposed to a humid environment longer than listed in the Moisture Sensitivity section above
3. LEDs that have not been soldered

LEDs should be baked at 80°C for 24 hours. LEDs may be baked on the original reels. Remove LEDs from MBB packaging before baking. Do not bake parts at temperatures higher than 80°C. This baking operation resets the exposure time as defined in the Moisture Sensitivity section above.

Storage Conditions

XLamp LEDs that have been removed from original MBB packaging but not soldered yet should be stored in a room or cabinet that will maintain an atmosphere of $25 \pm 5^\circ\text{C}$ and no greater than 10% RH (relative humidity). For LEDs stored in these conditions, storage time does not add to exposure time as defined in the Moisture Sensitivity section above.

RoHS Compliance

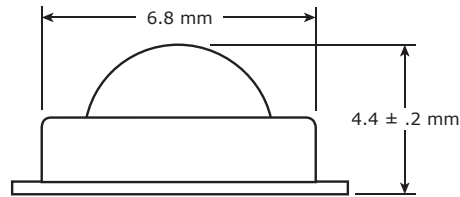
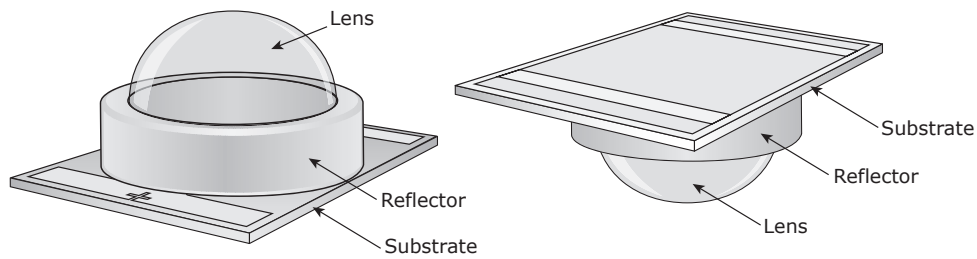
The levels of environmentally sensitive, persistent biologically toxic (PBT), persistent organic pollutants (POP), or otherwise restricted materials in this product are below the maximum concentration values (also referred to as the threshold limits) permitted for such substances, or are used in an exempted application, in accordance with EU Directive 2002/95/EC on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS), as amended through April 21, 2006.

Vision Advisory Claim

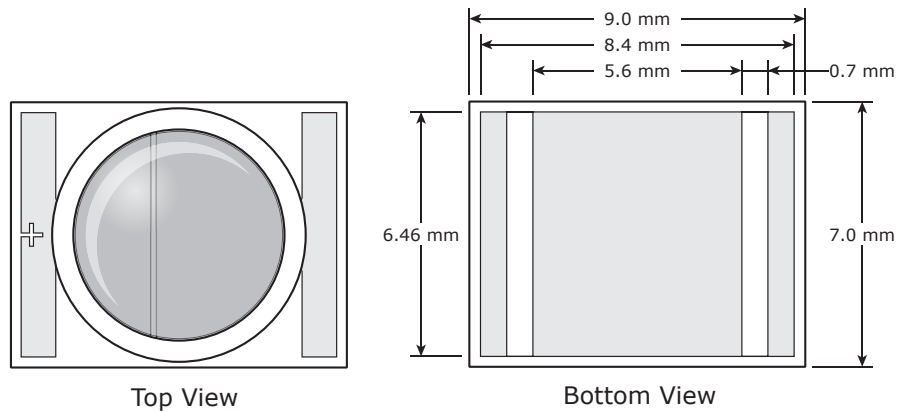
Users should be cautioned not to stare at the light of this LED product. The bright light can damage the eye.

Mechanical Dimensions (T_a = 25°C)

All measurements are ± 0.1 mm unless otherwise indicated.

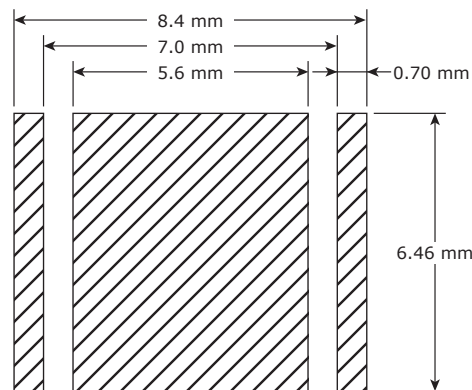


Side View



Top View

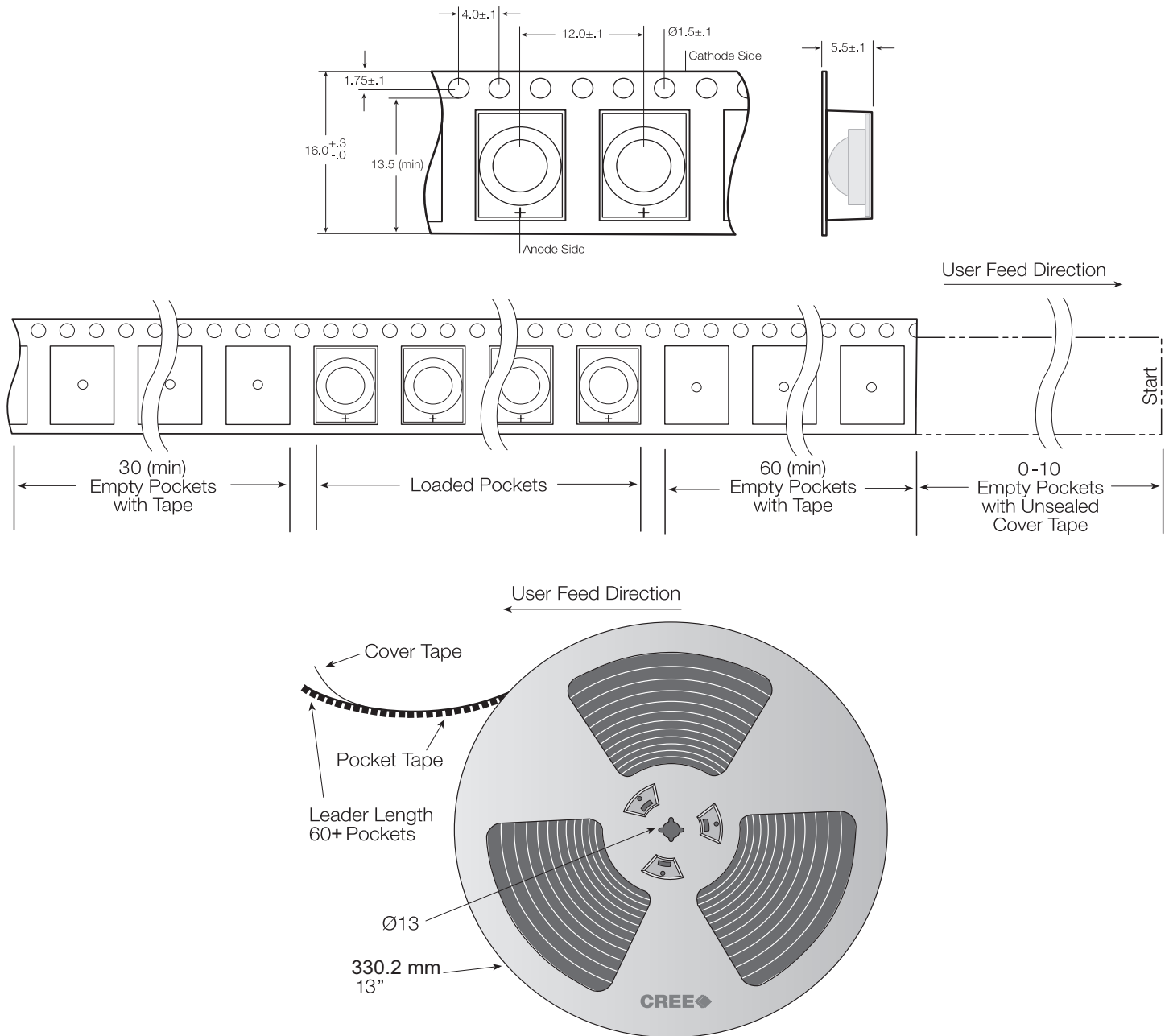
Bottom View



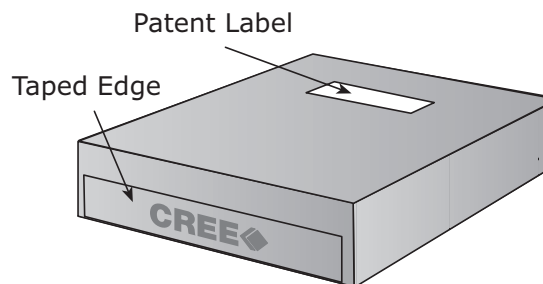
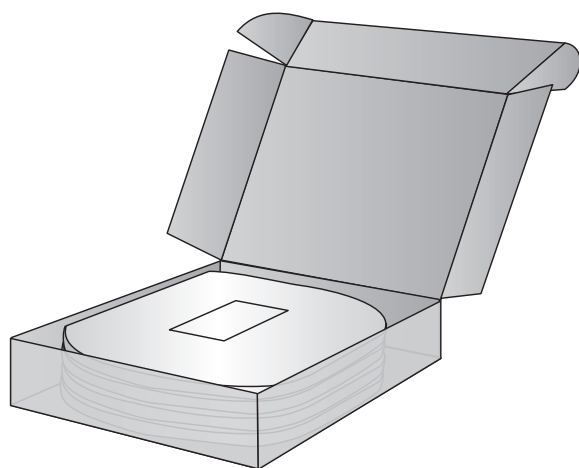
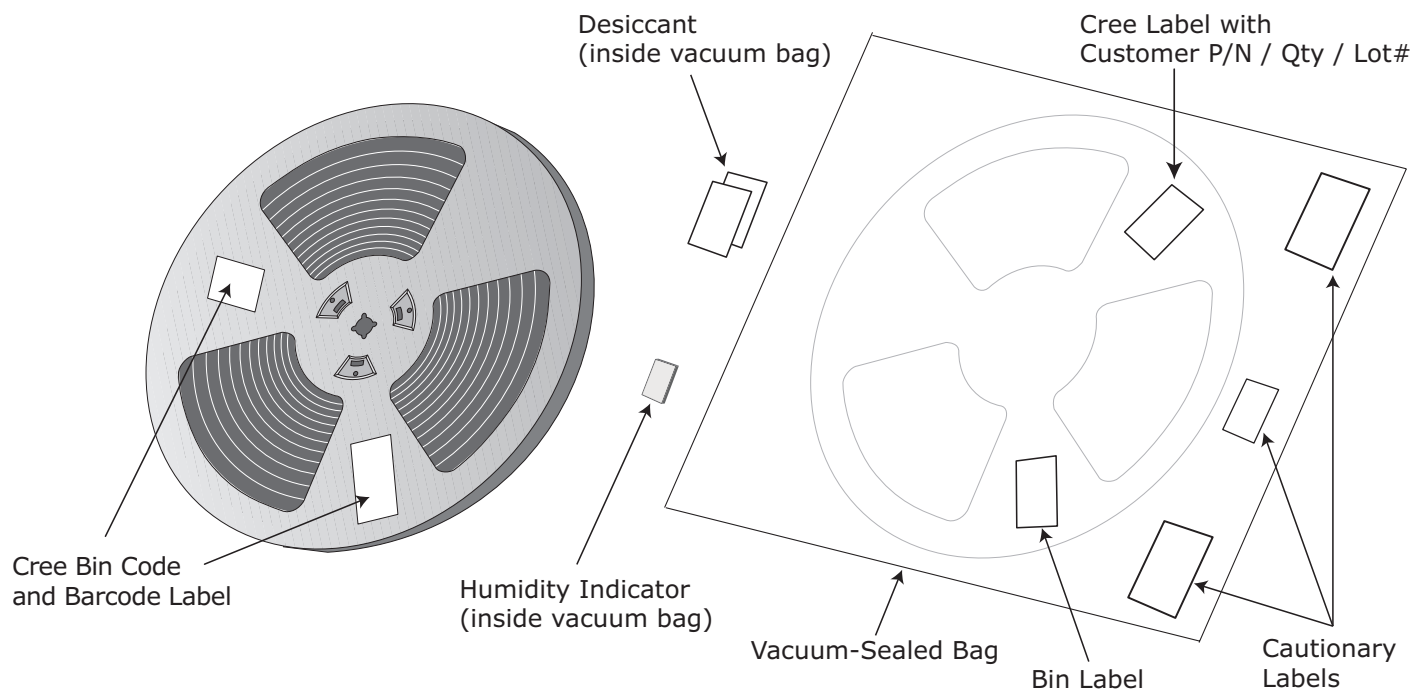
Recommended PC Board Solder Pad

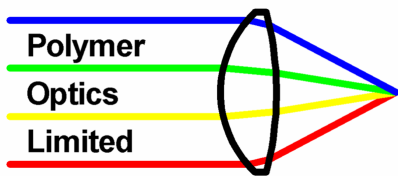
Tape and Reel

All dimensions in mm.



Dry Packaging and Packaging





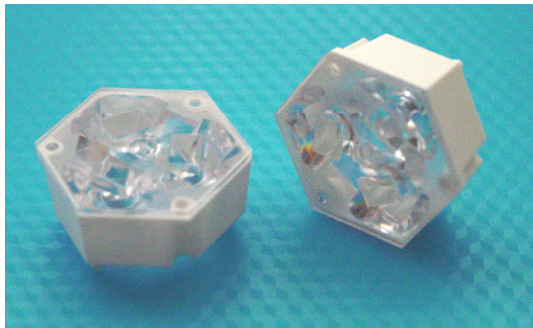
Our Focus is in Plastics

Polymer Optics Ltd.

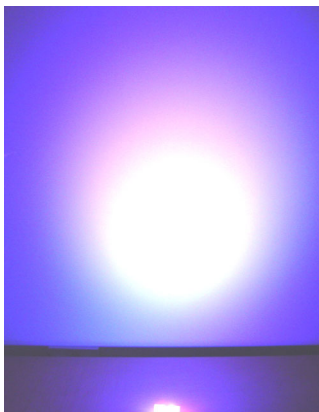
6 Kiln Ride, Wokingham,
Berkshire, RG40 3JL, England
Tel/Fax: +44 (0) 1189 893341
www.polymer-optics.co.uk

Appendix C

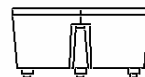
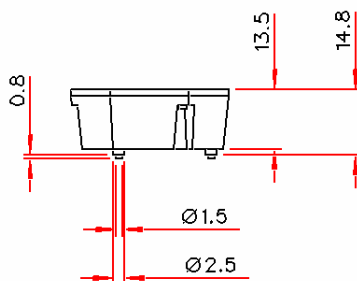
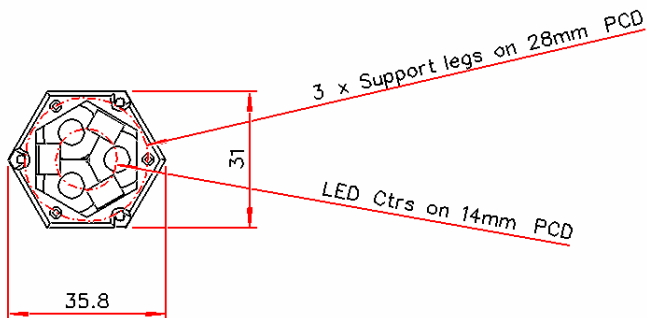
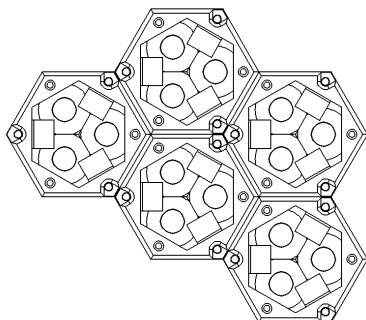
Narrow Angle LED Colour Mixer Assembly - Part No. 158



- Designed for Cree XLamp XL, XR and XR-E LED devices
- High collection efficiency and narrow angle beam output
- Precision moulded in optical grade Polycarbonate for thermal stability and system durability
- Part of the Polymer Optics "Modular LED Optics"® range



- POL's novel hexagonal design allows the optics to be clustered together to make larger narrow angle colour mixing arrays



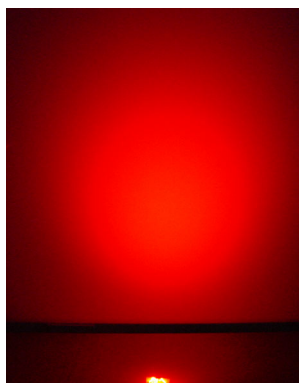
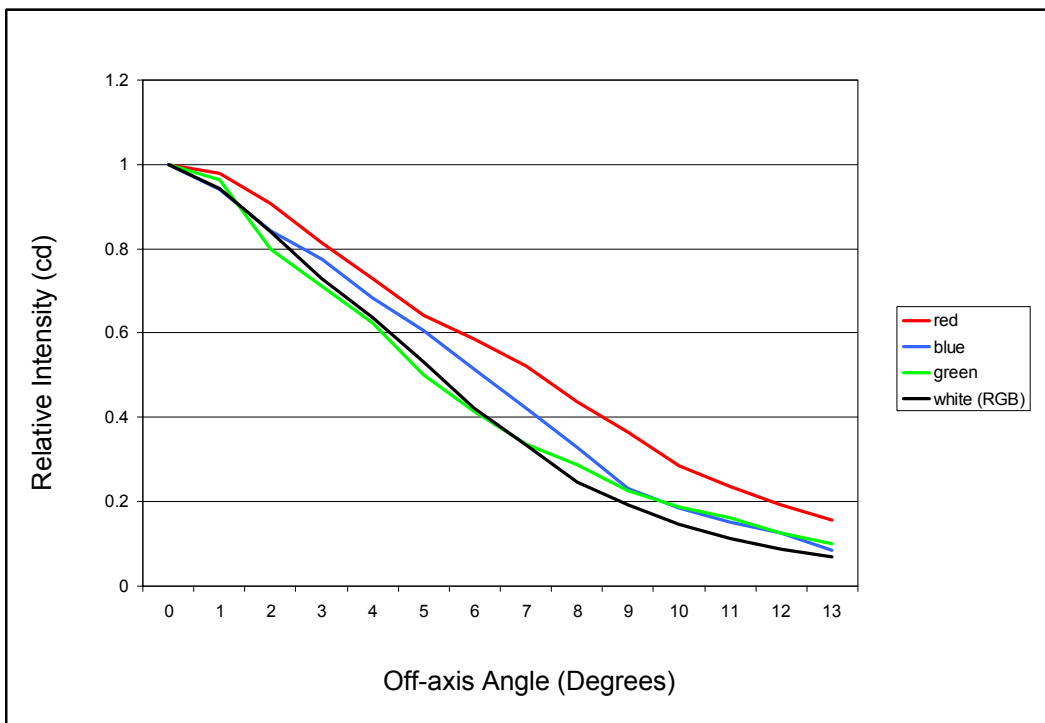


Our Focus is in Plastics

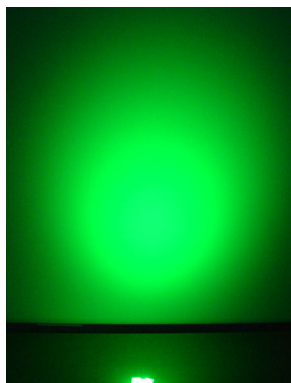
Polymer Optics Ltd.

6 Kiln Ride, Wokingham,
Berks., RG40 3JL, England
Tel/Fax: +44 (0) 1189 893341
www.polymer-optics.co.uk

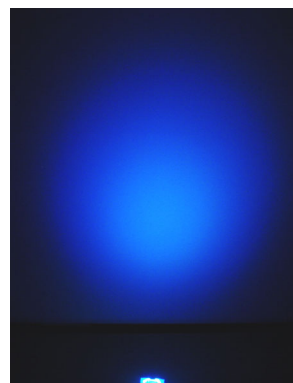
Narrow Angle LED Colour Mixer Assembly - Part No. 158



Red



Green



Blue

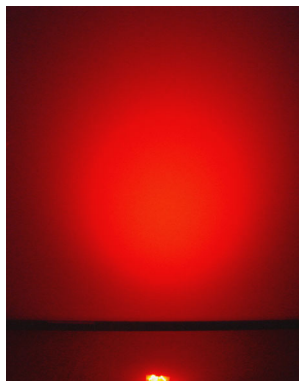


Our Focus is in Plastics

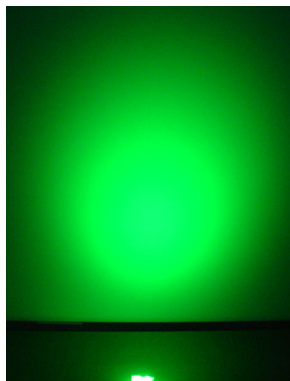
Polymer Optics Ltd.

6 Kiln Ride, Wokingham,
Berkshire, RG40 3JL, England
Tel/Fax: +44 (0) 1189 893341
www.polymer-optics.co.uk

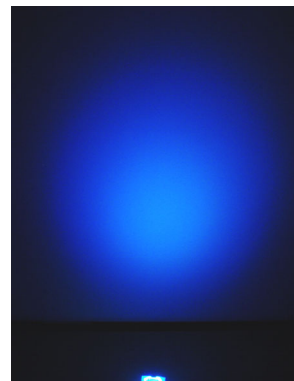
Narrow Angle LED Colour Mixer Assembly - Part No. 158



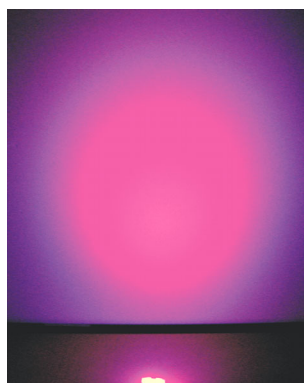
Red



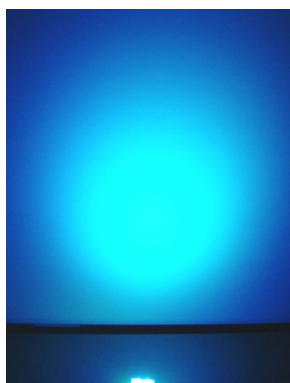
Green



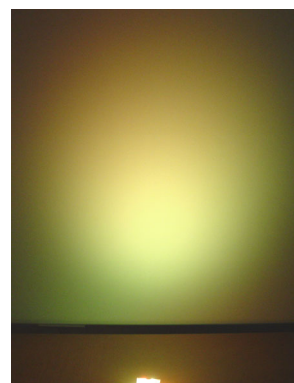
Blue



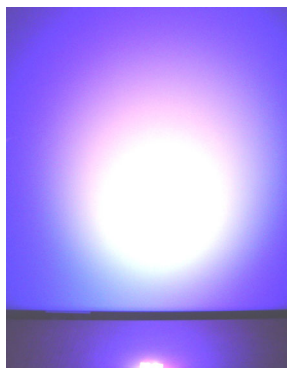
Red/Blue



Green/Blue

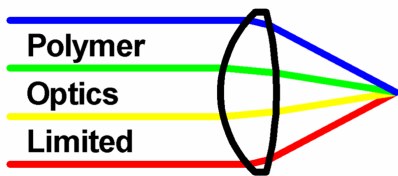


Red/Green



Red/Green/Blue

- Excellent colour mixing performance with single colour LED's even over short distances
- Narrow angle basic beam angle which can be converted to wider beam angles or elliptical profiles with POL converter optics and filters
- Can also be used with White LED's to improve bin mixing and reduce colour temperature variations

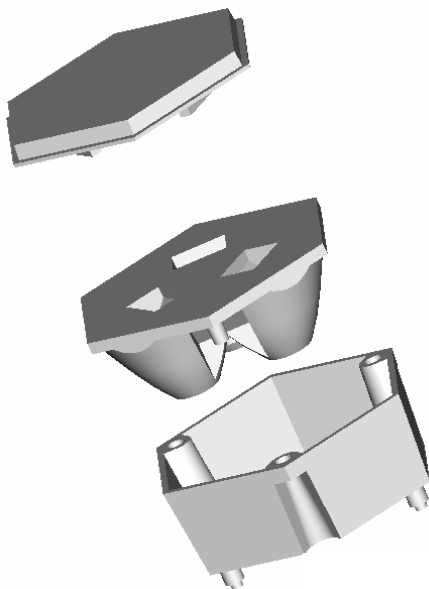


Our Focus is in Plastics

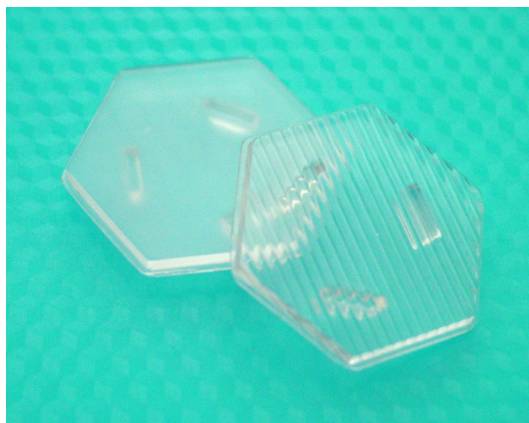
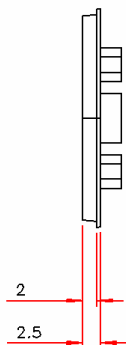
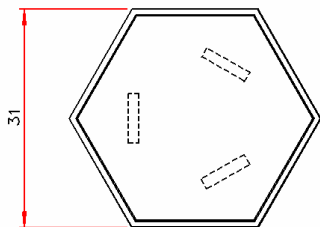
Polymer Optics Ltd.

6 Kiln Ride, Wokingham,
Berkshire, RG40 3JL, England
Tel/Fax: +44 (0) 1189 893341
www.polymer-optics.co.uk

Converter Optics for Narrow Angle LED Colour Mixer Assembly



- Beam Converter Optics simply interference push fit onto the front of the 158 - Colour Mixer Optic.
- Precision moulded in optical grade PMMA acrylic for improved scratch resistance on the outside of the assembly.
- The Beam Converter Optics fit within the area of the 158- Colour Mixer Optic so the assemblies can still be arranged in close packed arrays.
- Flanged edge of the Beam Converter Optics allows bezels and cover plates to be located to the optical assembly for aesthetic product finishing.
- Part of the Polymer Optics “Modular LED Optics”® range



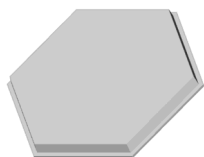


Our Focus is in Plastics

Polymer Optics Ltd.

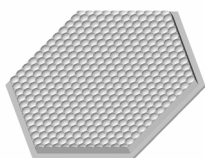
6 Kiln Ride, Wokingham,
Berkshire, RG40 3JL, England
Tel/Fax: +44 (0) 1189 893341
www.polymer-optics.co.uk

Converter Optics for Narrow Angle LED Colour Mixer Assembly

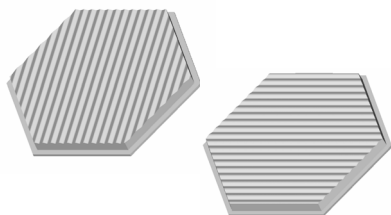
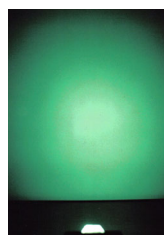


Plain Filter Holder - 160

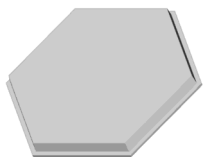
- 160 - Plain Filter Holder can be used with Luminix Light Shaping Diffuser films to produce a wide range of beam profiles, available from POL or direct from www.luminixco.com.
- Other custom beam angles can be produced cost effectively from POL's modular production tooling. Please enquire for details



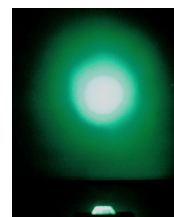
25 Deg Diffuser - 161



6 x 25 Deg Line Diffusers – 162 & 162B



Soft Beam Diffuser - 163



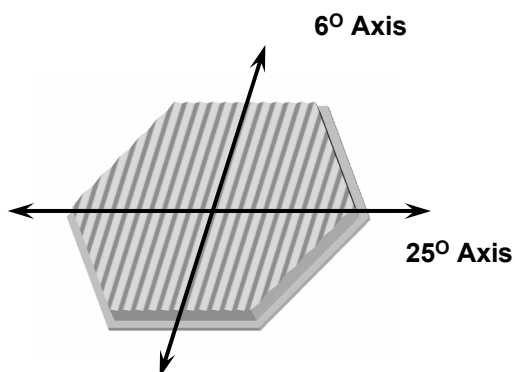


Our Focus is in Plastics

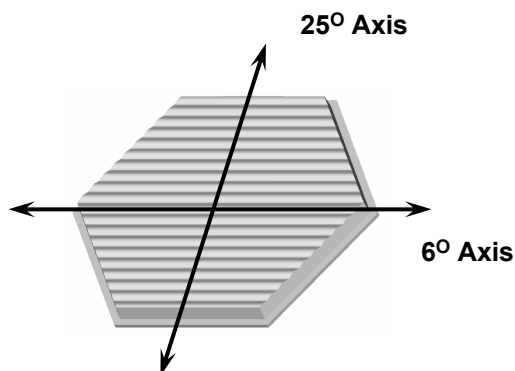
Polymer Optics Ltd.

6 Kiln Ride, Wokingham,
Berkshire, RG40 3JL, England
Tel/Fax: +44 (0) 1189 893341
www.polymer-optics.co.uk

Converter Optics for Narrow Angle LED Colour Mixer Assembly



6 x 25 Deg Line Diffusers – 162



6 x 25 Deg Line Diffusers – 162B

6 x 25 Deg Line Diffusers is available in two versions, the 162 and the 162B

These diffusers have the same optical function, but allow the beam to be spread in either orthogonal direction.

The 162 version can be used where multiple rows of optics are used and a close packed narrow array is required, along the axis of the linear beam output.

The 162B version can be used where single row linear fittings are required with the optics close packed together with the hexagonal flats placed side by side.

These 6 x 25 Deg Line Diffusers can also be mixed in optical arrays to produce other overall beam effects.



Our Focus is in Plastics

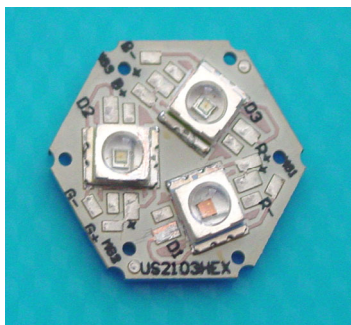
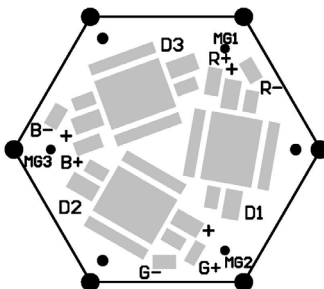
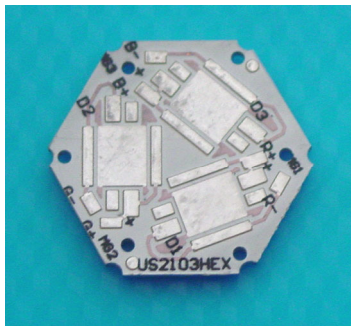
Polymer Optics Ltd.

6 Kiln Ride, Wokingham,
Berk., RG40 3JL, England
Tel/Fax: +44 (0) 1189 893341
www.polymer-optics.co.uk

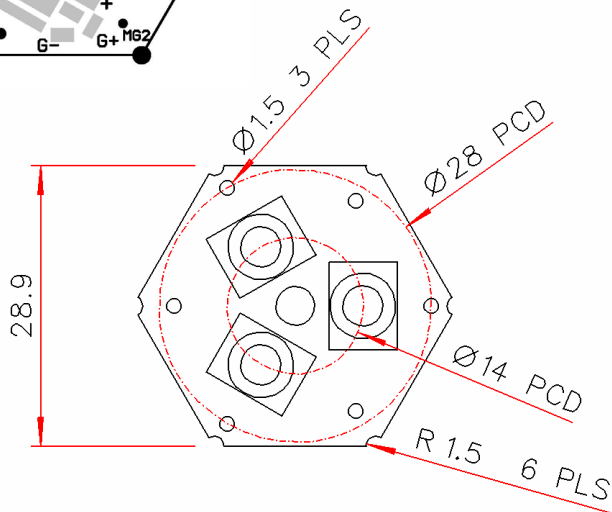
Cree Colour Mixer Universal MCPCB – Part No. 166



- Universal MCPCB can be provided by POL to support customer prototyping and luminaire production using Cree XLamp XL and XR LED devices
- Manufactured by Universal Science using Unilam substrates.
- 166 - MCPCB's can be supplied with Universal Science Bondline200 self-adhesive thermal gasket tape, die cut to the dimensions of the 166 - MCPCB.
- 158 - Colour Mixer Optics assembled onto the 166 - MCPCB's can be clustered into large arrays and linear formats.
- Part of the Polymer Optics "Modular LED Optics"® range



Cree XLamp 7090 XL devices



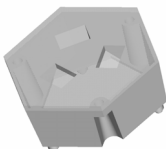
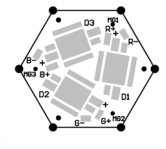
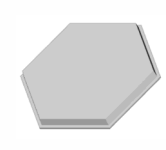
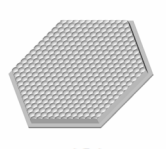
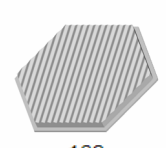


Our Focus is in Plastics

Polymer Optics Ltd.

6 Kiln Ride, Wokingham,
Berks., RG40 3JL, England
Tel/Fax: +44 (0) 1189 893341
www.polymer-optics.co.uk

Price List for Cree Narrow Angle LED Colour Mixer Range

Product Image	Description	Usage	1-100 Batches	100-1K Batches	1K-5K Batches	5K-10K Batches	10K+ Batches
 158	6° Colour Mixer Collimator Assembly	Cree XL, XR and XR-E LED's	*	£3.80	£3.60	£3.20	£3.00
 166	Hexagonal MCPCB for 158 Optic	Cree XL, XR and XR-E LED's	£10.00	£2.00	£1.55	£1.35	£1.25
 160	Filter Holder	Fits to 158 Optic	*	£0.32	£0.30	£0.27	£0.25
 161	25° Beam Converter Optic	Fits to 158 Optic	*	£0.32	£0.30	£0.27	£0.25
 162	6°x25° Beam Converter Optic	Fits to 158 Optic	*	£0.32	£0.30	£0.27	£0.25
 162B	6°x25° Beam Converter Optic	Fits to 158 Optic	*	£0.32	£0.30	£0.27	£0.25

* A minimum order value applies of £50+shipping - All prices "ex-works"

Please contact POL for quotations on higher volumes and custom variants



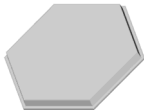
**Polymer
Optics
Limited**

Our Focus is in Plastics

Polymer Optics Ltd.

6 Kiln Ride, Wokingham,
Berks., RG40 3JL, England
Tel/Fax: +44 (0) 1189 893341
www.polymer-optics.co.uk

Price List for Cree Narrow Angle LED Colour Mixer Range

Product Image	Description	Usage	1-100 Batches	100-1K Batches	1K-5K Batches	5K-10K Batches	10K+ Batches
 163	Beam Diffuser Filter	Fits to 158 Optic	*	£0.32	£0.30	£0.27	£0.25

*** A minimum order value applies of £50+shipping - All prices “ex-works”**

Please contact POL for quotations on higher volumes and custom variants

CUTE-3 MR11, lenses for CREE XR-E LEDs**Appendix D**

- Specially designed for Cree XLAMP XR-E series of LEDs.
- Special care taken to make a uniform white or warm white illumination. Lenses work well with other colors, too.
- Lens material optical grade PMMA. Allows use of high current and temperature conditions
- Best available optical efficiency, up to 90%.

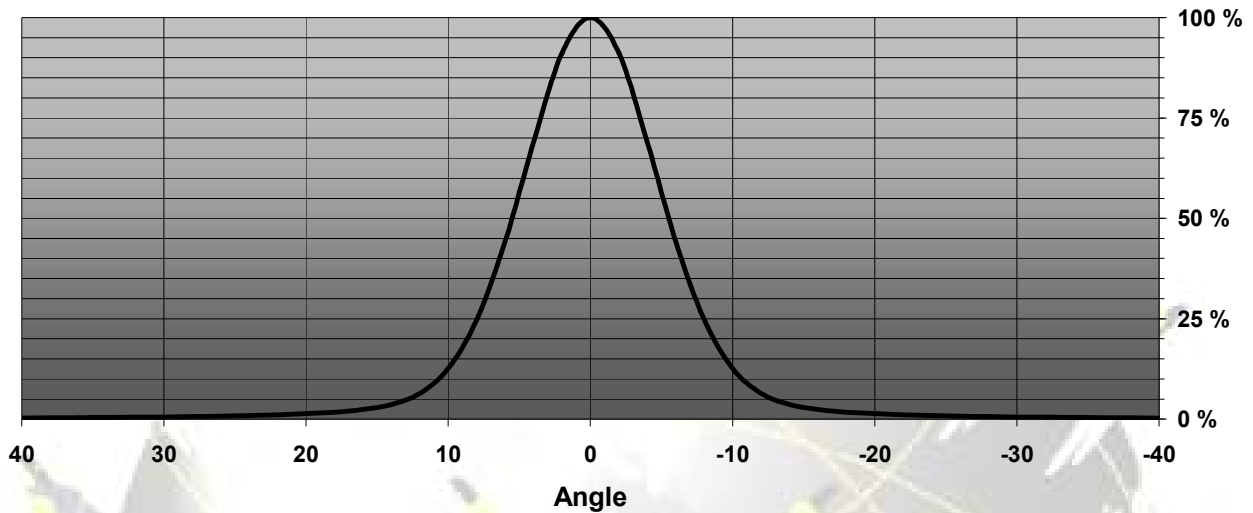
LENS TYPES

NAME	ORDERING CODE	FWHM Angle
CUTE-3 SMOOTH SPOT	CUTE-3-SS	$\pm 5^\circ$
CUTE-3 MEDIUM	CUTE-3-M	$\pm 10^\circ$

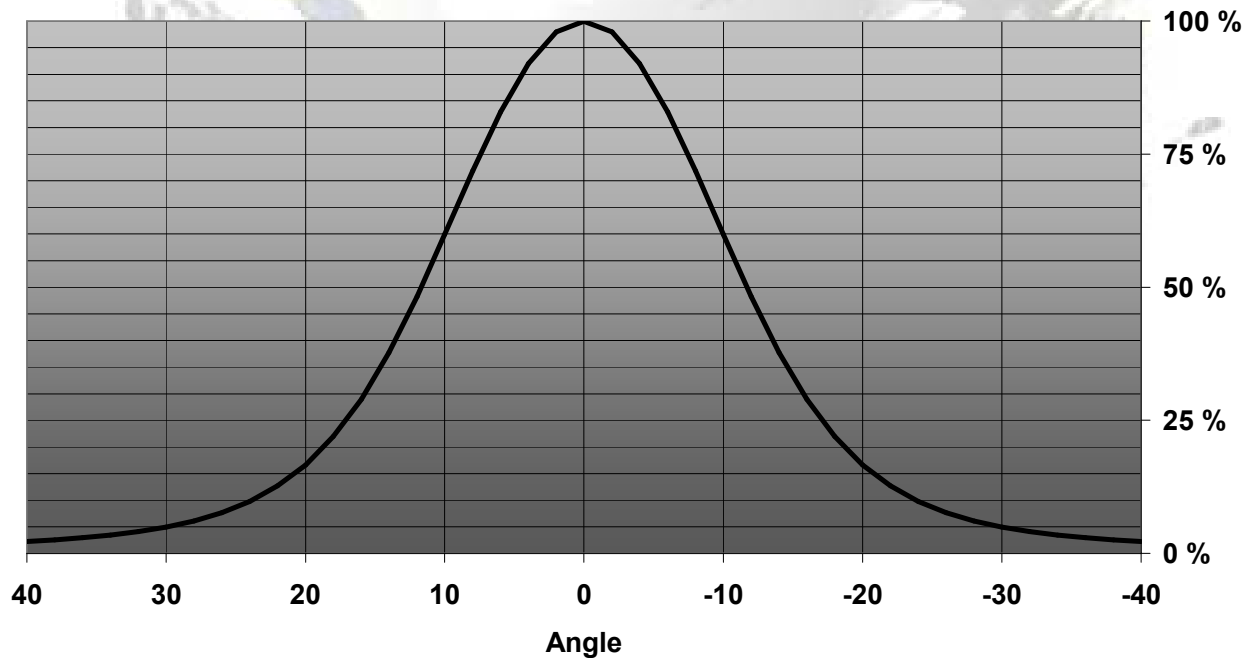
© Ledil Oy – PRELIMINARY - Subject to change without prior notice

MEASUREMENT DATA

Relative Intensity CUTE-3-SS



Relative Intensity of CUTE-3-M



EULUMDAT & IES FILES AVAILABLE BY REQUEST

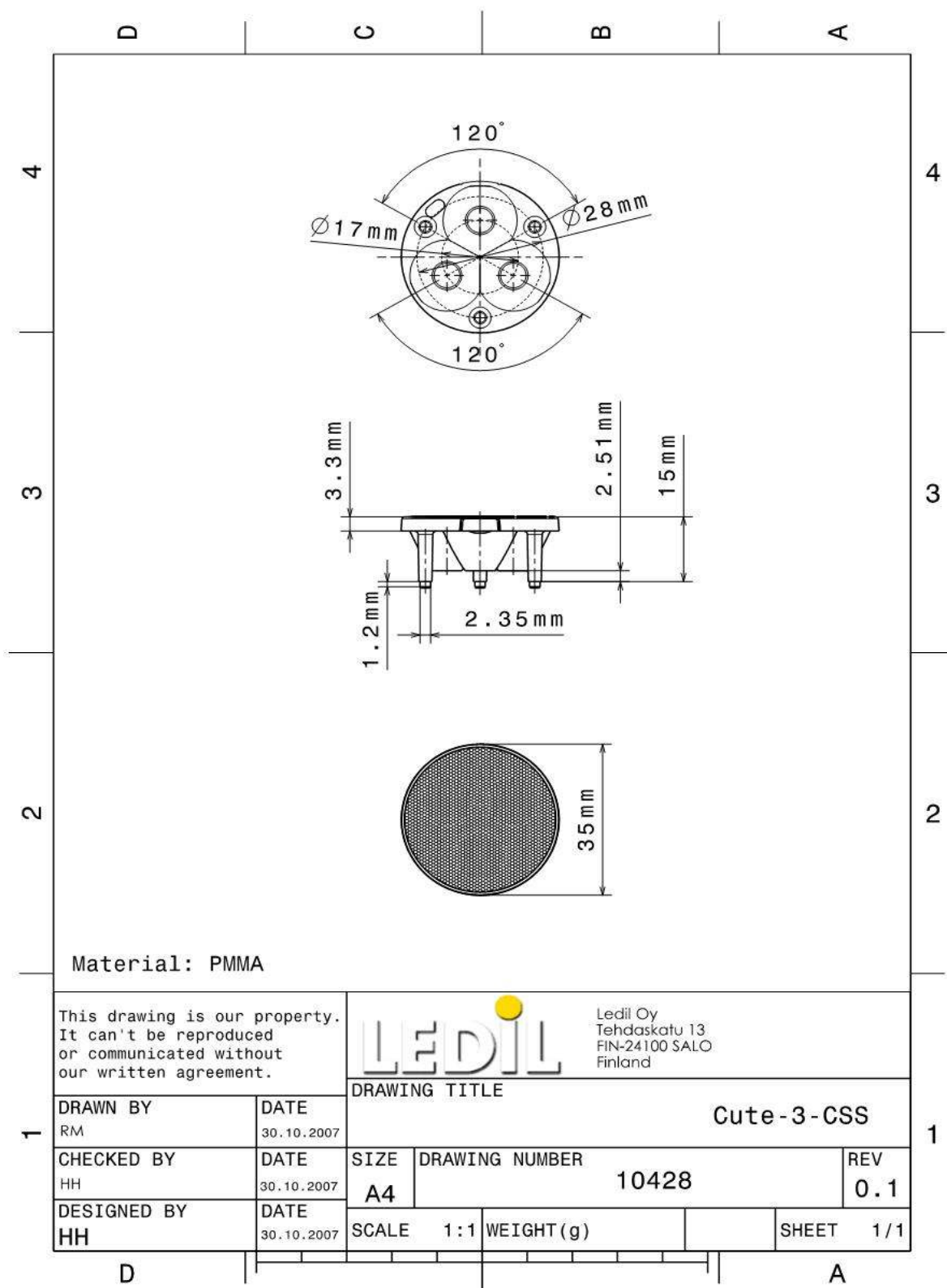
© Ledil Oy – PRELIMINARY - Subject to change without prior notice

Ledil Oy
Tehdaskatu 13
FIN-24100 SALO, Finland

www.ledil.com
email: ledil@ledil.com
FAX: +358-2-733 8001

2008-02-28

DRAWINGS



© Ledil Oy – PRELIMINARY - Subject to change without prior notice

Appendix E - 11/04-11

Datasheet and connections

HKO High-Power Constant-Current Source

for **Luxeon Stars** and other **High-Power-LEDs**

Versions: **HKO150 HKO350, HKO385, HKO400, HKO500, HKO700, HKO1000, HKO1050**

Page 1: real current consumption



HKO High-Power Constant-Current Source

- High efficiency and very little heat is achieved by modern switching-technology.
- The use of special amplifiers guarantees precise and constant output current.
- Very small dimensions, low weight and high reliability through SMT-technology (surface mounted components) .
- Every HKO is electronically tested.



Real Current/Power Consumption

See power saving effects at the table below.

Measured with one Luxeon Star of the named type.

In the last row see data of a circuit with pre-resistor for comparison.

Voltage V	mA/Watts for HKO700 with 1 3W Luxeon	mA/Watts for HKO1000 with 1 3W Luxeon	mA/Watts for HKO350 with 1 1W Luxeon	mA/Watts for pre-resistor with 1 1W Luxeon
5	not recommended	not recommended	295 mA 1,48 W	350 mA 1,75W
6	530 mA 2,1 W	(750) mA 4,5 W	245 mA 1,47 W	350 mA 2,1 W
7,2	420 mA 3,02 W	650 mA 4,68 W	200 mA 1,44 W	350 mA 2,52 W
8	390 mA 3,12 W	580 mA 4,64 W	180 mA 1,44 W	350 mA 2,8 W
9	345 mA 3,11 W	510 mA 4,59 W	160 mA 1,44 W	350 mA 3,15 W
10	310 mA 3,1 W	460 mA 4,6 W	145 mA 1,45 W	350 mA 3,5 W
12	260 mA 3,12 W	380 mA 4,56 W	120 mA 1,44 W	350 mA 4,2 W
13,8	240 mA 3,31 W	330 mA 4,55 W	105 mA 1,45 W	350 mA 4,83 W
15	210 mA 3,15 W	310 mA 4,65 W	100 mA 1,5 W	350 mA 5,25 W
24	120 mA 2,88 W	200 mA 4,8 W	60 mA 1,44 W	350 mA 8,4 W

As one can see the power losses get very significant when using linear current regulation!

Available Versions:

HKO150 (150 mA), HKO350 (350 mA), HKO385 (385 mA), HKO400 (400 mA), HKO500 (500 mA), HKO700 (700 mA), HKO1000 (1000 mA), HKO1050 (1050 mA).

-date: 11/04-alterations preserved-

A1W® is a registered trademark of telefix elektronik wolf westerburg GmbH
homepage: <http://www.A1W.de> e-mail: info@A1W.de