

Krzysztof Wandachowicz
Krzysztof.Wandachowicz@put.poznan.pl
dzialtechniczny@oms-polska.pl

Diody świecące – rewolucja w oświetleniu ?

dr inż. Krzysztof Wandachowicz

**Zakład Techniki Świetlnej i Elektrotermii
Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej
Politechnika Poznańska**

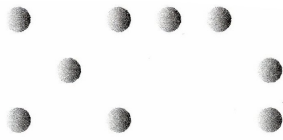
Krzysztof.Wandachowicz@put.poznan.pl
<http://lumen.iee.put.poznan.pl>

**OMS Polska
ul. Przecławska 9
03-879 Warszawa
tel. 22 832 46 31**

Warszawa, 27.09.2011
*Stowarzyszenie Elektryków Polskich
Oddział Warszawski im. K. Szpotańskiego*



OMS Polska Sp. z o.o. ul. Przecławska 9, 03-879 Warszawa, Polska
KRS 0000040685, NIP 525-22-18-304, REGON 017363726
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy, XII Wydział Gospodarczy KRS. Kapitał zakładowy: 50.000,00 PLN
Tel. (+48 22) 832 46 32, Fax (+48 22) 832 46 31, e-mail: oms@oms-polska.pl, www.oms-polska.pl



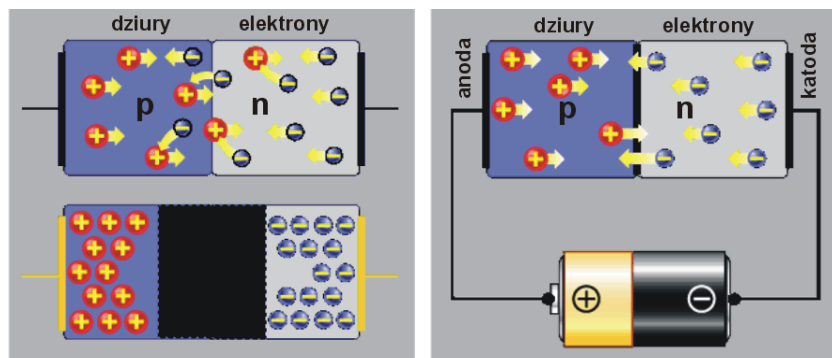
LED light emitting diode Wg PN-90/E-01005. Technika świetlna. Terminologia. (845-04-40) Dioda elektroluminescencyjna; dioda świecąca; LED – element półprzewodnikowy zawierający złącze P-N, emitujący promieniowanie optyczne po wzbudzeniu złącza prądem elektrycznym.

Wraz z pojawieniem się diod świecących wykorzystywanych w technice świetlnej pojawiła się propozycja podziału na 4 generacje lamp:

- I generacja - źródła wykorzystujące proces spalania (świeca, lampa naftowa),
- II generacja – żarówki (inkadescencja),
- III generacja - lampy wyładowcze (elektroluminescencja, fotoluminescencja),
- IV generacja – LED (elektroluminescencja plus fotoluminescencja),.

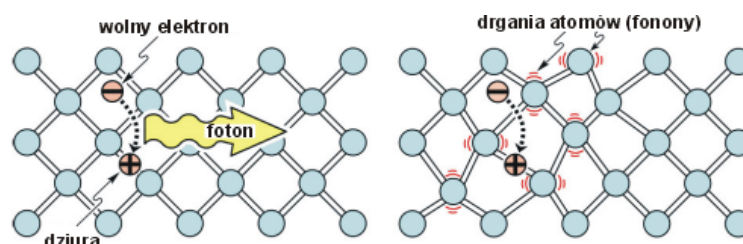
Światło w diodach świecących wytwarzane jest dzięki zjawisku elektroluminescencji:

- diody LED posiadają złącze dwóch warstw materiałów półprzewodnikowych typu **p** (posiada nadmiar dziur w paśmie walencyjnym) i typu **n** (posiada nadmiar elektronów w paśmie walencyjnym),
- po przyłożeniu do złącza p-n napięcia w kierunku przewodzenia (+ p, -n) do materiału **n** będą wstrzykiwane elektrony wzbudzone polem elektrycznym, a do materiału **p** wstrzykiwane będą dziury,

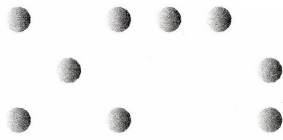


Rys. 1. Dziury i elektrony w półprzewodniku typu p i n. Złącze p-n spolaryzowane w kierunku przewodzenia.

- w obszarze złącza p-n wzbudzone elektrony rekombinują z dziurami i pozbywają się nadwyżki energii emitując foton,
- wartość energii fotonu emitowanego przez elektron w czasie rekombinacji (długość fali emitowanego promieniowania) jest w przybliżeniu równa różnicy energii między poziomem wzbudzenia, a poziomem podstawowym,
- wartość emitowanej energii fotonu jest wielkością charakterystyczną dla danego materiału półprzewodnikowego,
- podczas rekombinacji elektronu z dziurą mogą wystąpić dwa zjawiska:
 - rekombinacja promienista z emisją fotonu o energii $E \approx h\nu$,
 - rekombinacja nie-promienista, energia powstała podczas rekombinacji zamieniana jest na fonon, (fonon to kwant energii drgań cieplnych sieci krystalicznej atomów),
 - wniosek: emisja światła w złączu p-n wiąże się ze wzrostem temperatury tego złącza.



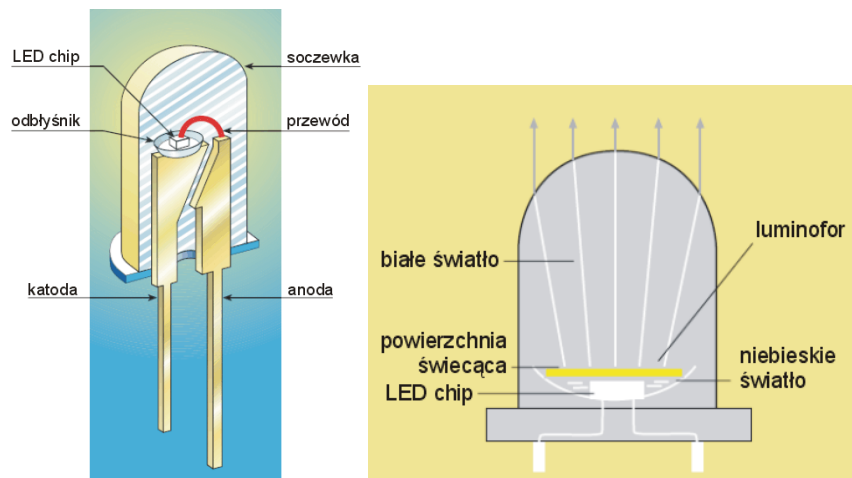
Rys. 2. Ilustracja zjawiska rekombinacji promienistej oraz rekombinacji nie promienistej
(źródło: E. Fred Schubert Light Emitting Diodes and Solid-State Lighting).



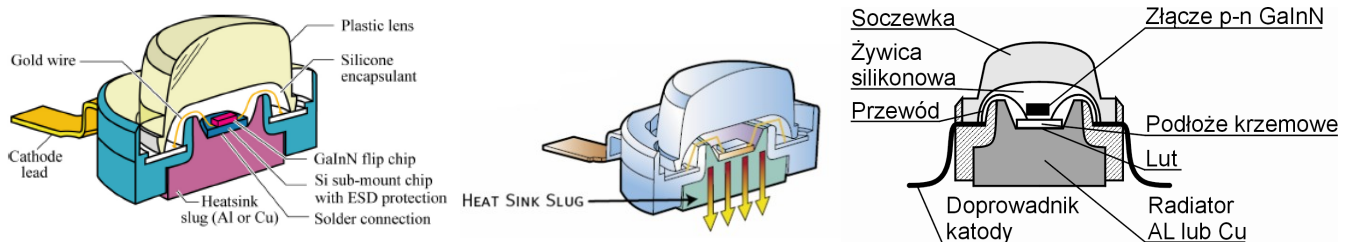
Historia LED

- 1907 - Henry Joseph Round (1881-1966) po raz pierwszy zaobserwował emisję światła z kryształu węgla krzemu (SiC) o przewodnictwie typu n na złączu metal – półprzewodnik (brak złącza p-n).
- 1936 - Georges Destriau publikuje wyniki badań luminescencji ze sproszkowanego siarczku cynku ZnS.
- eksperymenty z różnymi materiałami: GaAs (arsenek galu), AlGaAs (związek potrójny arsenu, galu i glinu), GaP (fosforek galu), GaAsP (związek potrójny galu, arsenu i fosforu), GaN (azotek galu), GaInN (związek potrójny galu indu i azotu) oraz AlGaInP (związek poczwórny glinu, galu, indu i fosforu),
- 1962 – pierwsza dioda świecąca dostępna w sprzedaży, światło czerwone 710nm, materiał GaAsP (związek galu, arsenu i fosforu),
- 1971 – dostępne diody w kolorach zielonym, pomarańczowym i żółtym,
- 1980 - 1990 - diody o większej skuteczności świetlnej w kolorach czerwonym, pomarańczowym, żółtym i zielonym, zastosowano nowy materiał AlInGaP (glin, ind, gal i fosfor)
- prace nad diodami światła niebieskiego:
 - 1969 – Pankove, GaN (azotek galu) jako materiał typu n na podłożu z metalu długość fali 475nm,
 - SiC (węgiel krzemu) diody ze światłem niebieskim o światłości 10-20 mcd,
 - 1993 Shuji Nakamura (firma Nichia), InGaN / GaN (ind, gal, azot) ze złączem p-n, światłość 1cd,
 - 1994 Shuji Nakamura, dioda zielono-niebieska o światłości 2 cd,
- 1995 – pierwsza dioda światła białego, które uzyskano z konwersji światła niebieskiej diody z luminoforem,
- 1997 – białe diody powszechnie dostępne na rynku.

Podstawowe wiadomości na temat budowy i właściwości LED



Rys. 3. Budowa diody małej mocy wykonanej w tzw. technologii 5mm z soczewką (montaż przewlekany). Dioda światła chromatycznego (z lewej) oraz dioda światła białego (z prawej).

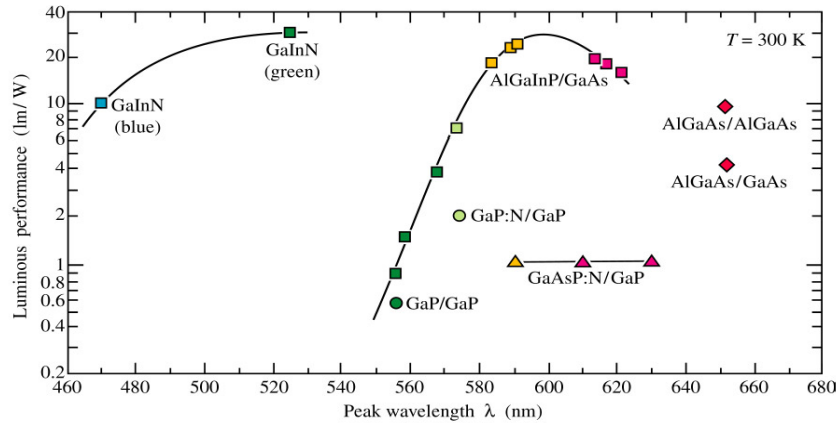


Rys. 4. Budowa diody dużej mocy (1 – 3 W) w technologii montażu powierzchniowego (SMD Surface Mounted Devices). Złącze p-n zamontowane na podstawie metalowej odprowadzającej ciepło (heatsink).

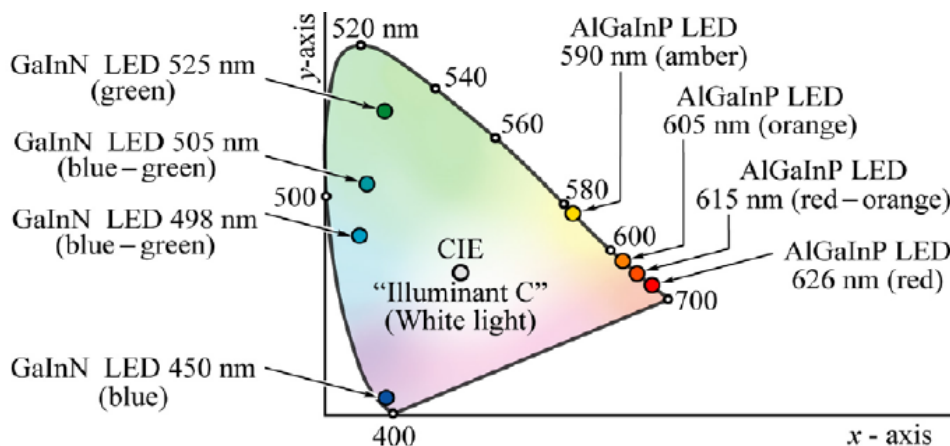


Tabela 1. Barwa promieniowania diod zbudowanych z różnych materiałów.

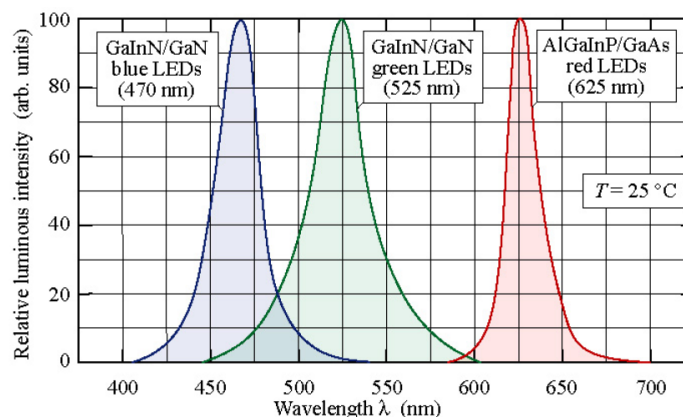
Materiał		Barwa promieniowania
AllnGaP	glin, ind, gal, fosfor	czerwona, pomarańczowa, żółta
InGaN	ind, gal, azot	zielona, niebieska



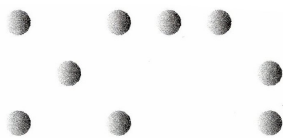
Rys. 5. Skuteczność świetlna promieniowania diod zbudowanych z różnych materiałów. Uwaga: brak diody o wysokiej skuteczności świetlnej w paśmie 550nm (2000 rok). (źródło: E. Fred Schubert: Light Emitting Diodes and).



Rys. 6. Położenie współrzędnych barwy na wykresie CIE XYZ. Barwy czerwone, pomarańczowe, barwa niebieska – duże nasycenie (barwy widmowe). Barwy niebiesko-zielone i zielone – mniejsze nasycenie. (źródło: E. F. Schubert).



Rys. 7. Typowe rozkłady widmowe diod LED (Toyoda Gosei Corp. 2000). Zielone diody posiadają większą szerokość widma pasmowego, brak diody dla długości fali 550nm (źródło: E. Fred Schubert).

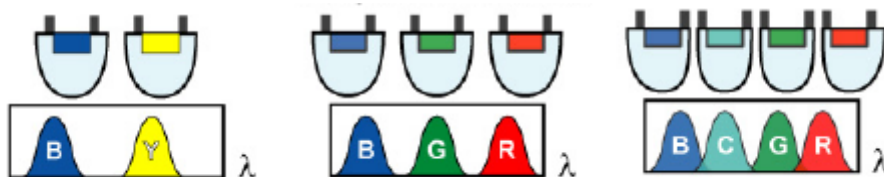


Diody światła białego:

Promieniowanie wytwarzane w złączu p-n jest promieniowaniem pasmowym o niewielkiej szerokości pasma. Istnieje kilka sposobów uzyskiwania światła białego w diodach świecących:

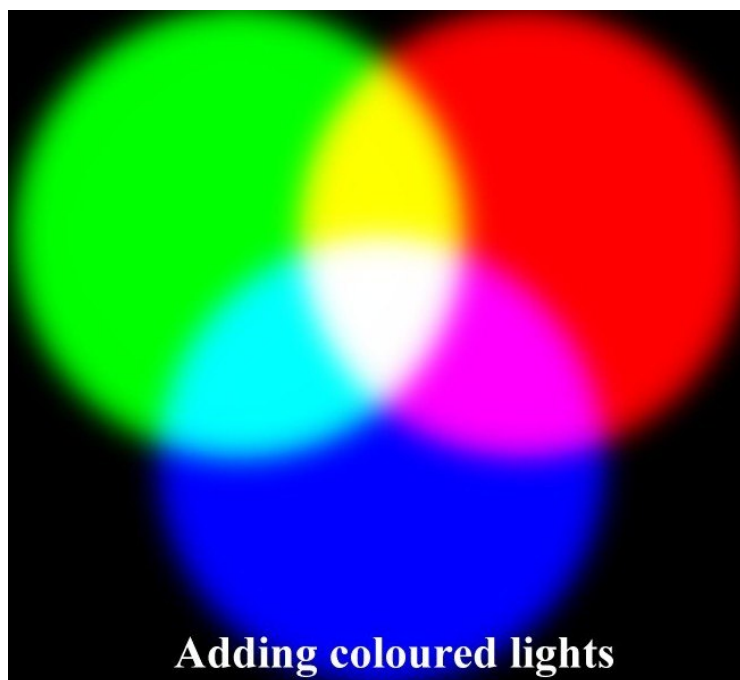
1) Mieszanie addytywne:

- w jednej obudowie umieszcza się dwie, trzy lub cztery chipy LED (złącza p-n zbudowane z różnych materiałów),
- światło wychodzące z obudowy jest mieszaniną kilku promieniowań.



Rys. 8. Mieszanie addytywne dwóch, trzech i czterech barw.
B – niebieski, Y – żółty, G – zielony, R – czerwony, C – niebiesko zielony.

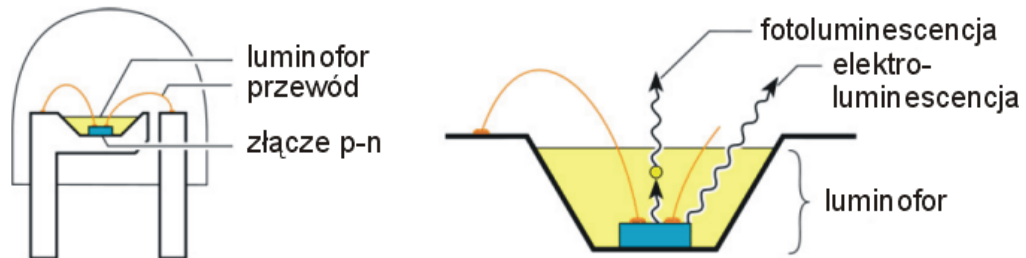
- zalety:
 - brak strat energii związanych z konwersją światła w luminoforze (reguła Stokes'a),
 - duże możliwości ustalenia pożądanej temperatury barwowej i wskaźnika oddania barw,
 - wysoki wskaźnik oddawania barw: RGB – Ra=90, RYGB – Ra=99,
- wady:
 - duży koszt i skomplikowany obwód zasilający, każda z diod wymaga osobnego obwodu zasilającego
 - należy uwzględnić różnice w wartościach strumieni świetlnych poszczególnych barw,
 - diody posiadają różne charakterystyki termiczne i starzeniowe, które wymagają kompensacji w trakcie eksploatacji.



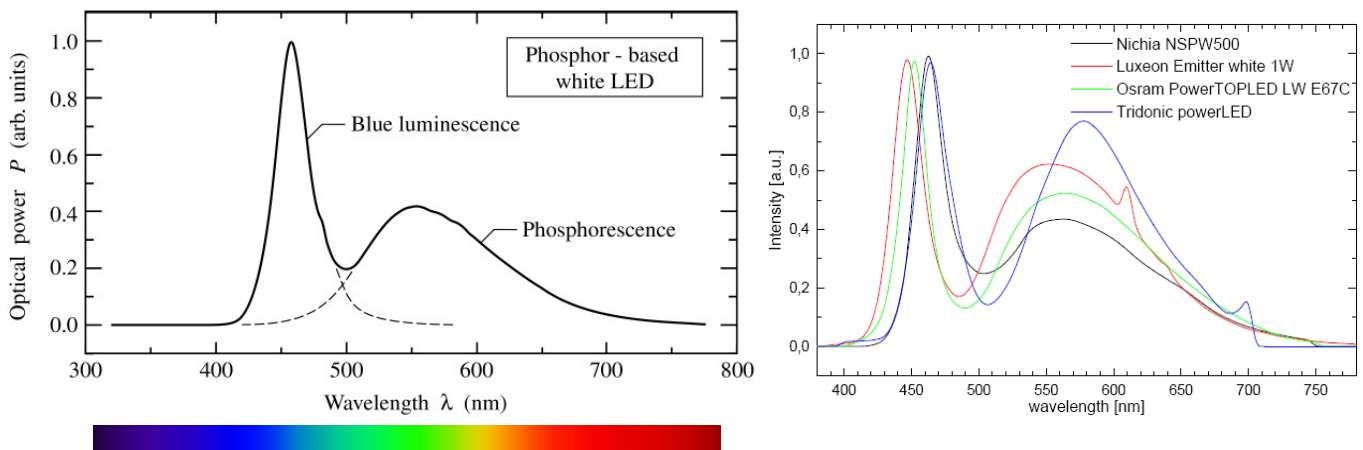


2) Metoda hybrydowa (z wykorzystaniem luminoforu):

- złącze p-n diody światła niebieskiego InGaN (460nm, 470nm) pokryte jest luminoforem,
- luminofor posiada pasmo emisji w zakresie barwy żółtej,
- luminofor częściowo przepuszcza promieniowanie niebieskie złącza p-n,
- w mieszaninie addytywnej światła niebieskiego i żółtego powstaje barwa biała.



Rys. 9. Dioda światła niebieskiego GaInN z luminoforem.



Rys. 10. Rozkład widmowy promieniowania diody niebieskiej z luminoforem.

- zalety:
 - prosta konstrukcja, wysoka skuteczność świetlna, stabilne parametry luminoforu, niezależne od temperatury,
- wady:
 - zimna barwa światła, niski wskaźnik oddawania barw (poniżej 80) ze względu na puste okna w okolicy 500nm i powyżej 650nm.

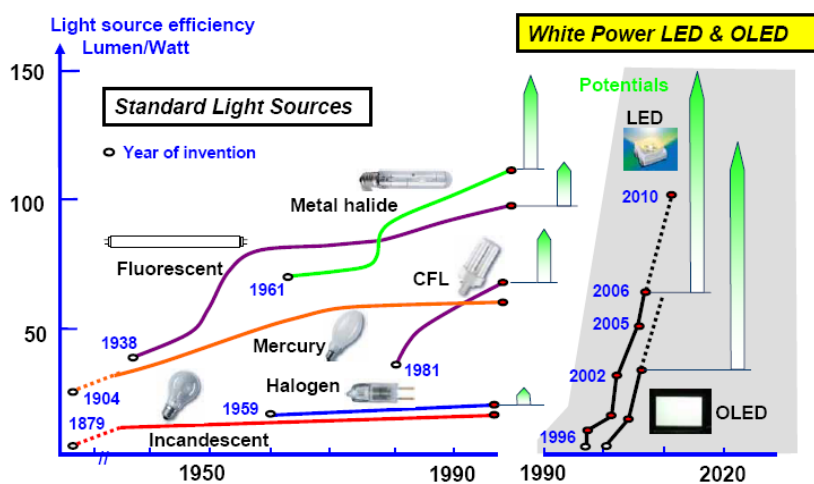
Właściwości diod świecących:

- skuteczność świetlna:
 - stale rośnie, (obecnie nawet powyżej 100 lm/W),
 - zazwyczaj im większa moc tym niższa skuteczność świetlna.
- trwałość:
 - początkowo podawano, że trwałość diod świecących wynosi 100.000 h,
 - obecnie podaje się, że diody wysokiej mocy (1÷5W) mają trwałość do 50.000 h,
 - jednak jest to trwałość użytkowa tzn., że po tym czasie przyjmuje się, że strumień świetlny diody spada do wartości 50% strumienia początkowego (niekiedy podaje się czas spadku do wart. 70% strumienia początkowego),
 - spadek strumienia w trakcie eksploatacji (trwałość użytkowa) związany jest z temperaturą złącza p-n,

- **strumień świetlny:**
 - diody świecące są obecnie źródłami światła o małej mocy (od kilku [mW] do kilku [W]),
 - z małej mocy nawet przy stosunkowo wysokiej skuteczności świetlnej nie można uzyskać wysokiej wartości strumienia,
 - prognozuje się wzrost strumienia diod świecących.

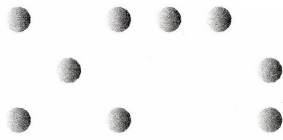
Tabela 2. Prognoza rozwoju LED (Optoelectronics Industry Development Association).

	SSL-LED 2002	SSL-LED 2007	SSL-LED 2012	SSL-LED 2020	Incan descent	Fluores cent	HID
LAMP TARGETS							
Luminous Efficacy (lm/W)	20	75	150	200	16	85	90
Lifetime (hr)	20,000	20,000	100,000	100,000	1,000	10,000	20,000
Flux (lm/lamp)	25	200	1,000	1,500	1,200	3,400	36,000
Input Power (W/lamp)	1.3	2.7	6.7	7.5	75.0	40.0	400.0
Lamp Cost (in \$/klm)	200.0	20.0	5.0	2.0	0.4	1.5	1.0
Lamp Cost (in \$/lamp)	5.0	4.0	5.0	3.0	0.5	5.0	35.0
Color Rendering Index (CRI)	70	80	80	80	100	75	80



Rys. 11. Prognoza rozwoju LED oraz OLED (źródło: Dr. W. Marchl).

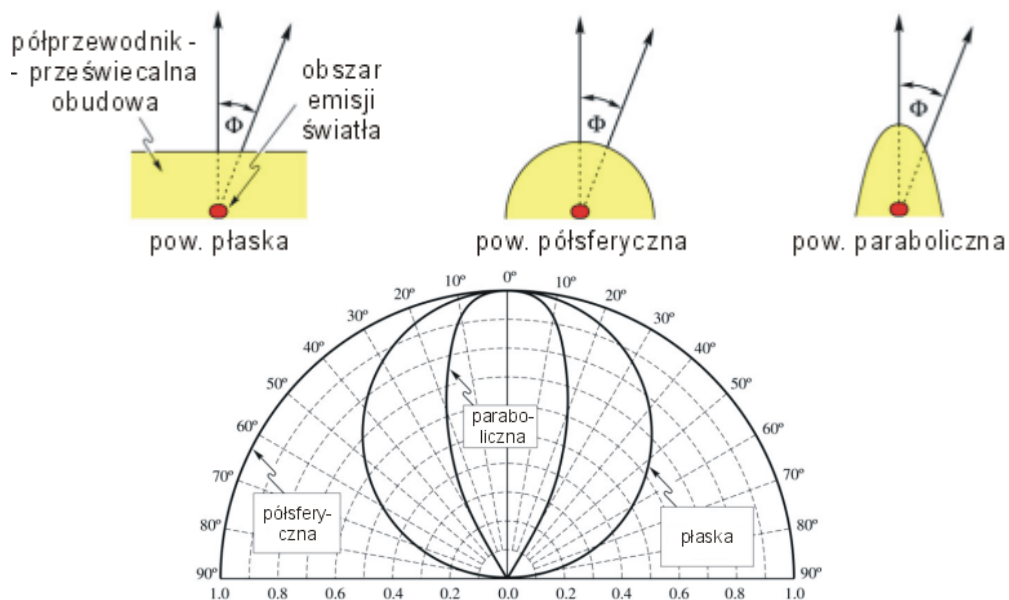
- **wskaźnik oddawania barw:**
 - diody niebieskie z luminoforem mają obecnie niezadowalający wskaźnik oddawania barw Ra (poniżej 80),
 - istnieją teoretyczne przesłanki osiągnięcia dużych wartości Ra przez diody RGB,
 - dobre oddawanie barw jest uzyskiwane przy obniżonej skuteczności świetlnej.
- **temperatura barwowa:**
 - istnieją teoretyczne przesłanki osiągnięcia dowolnych temperatur barwowych szczególnie przez diody RGB, gdzie temperatura barwowa może być zmieniana w trakcie pracy instalacji,
 - obecnie problemem jest uzyskanie barw ciepłych.
- **wytrzymałość mechaniczna:**
 - diody świecące charakteryzują się wysoką odpornością na wstrząsy i udary mechaniczne,
 - brak ruchomych elementów,
 - brak kruchych elementów,
 - zastosowanie: oświetlenie obiektów ruchomych (samochody).
- **promieniowanie optyczne:**
 - diody świecące zazwyczaj nie wysyłają promieniowanie w zakresie IR oraz UV
 - promieniowanie IR pojawia się przy wzroście temperatury złącza p-n szczególnie dla diod dużej mocy lecz jest ono rozpraszane na obudowie lub radiatorze,
 - zastosowanie: oświetlenie obiektów wrażliwych na promieniowanie IR, UV (muzea).



- rozruch:
 - krótki czas włączenia 100ns i wyłączenia 200ns,
 - możliwe jest zasilanie z wykorzystaniem sterowania szerokością wypełnienia impulsu co umożliwia regulowanie strumienia,
 - szybkość reakcji pozwala na zastosowanie diod świecących do budowy wielkoformatowych ekranów video
 - światła stopu w samochodach, sygnalizacja świetlna (szybsza reakcja).
- inne własności diod świecących:
 - są bezpieczne w użytkowaniu (zasilane najczęściej napięciem 12V),
 - brak iskrenia, które może być przyczyną wybuchu w środowiskach zagrożonych wybuchem,
 - nie zawierają trujących substancji oraz nie mają kruchych elementów szklanych, które mogą zostać stłuczone i grozić zranieniem,
 - są wykonywane z materiałów mniej szkodliwych dla środowiska.

Przestrzenny rozsył strumienia:

- diody świecące są często zintegrowane z układem optycznym w postaci odbłyśnika i soczewki.



Rys. 12. Budowa układu optycznego diody świecącej, krzywe światłości (źródło: E. Fred Schubert).

- układy optyczne nie zintegrowane z diodą:
 - stosowane są dla uzyskania wymaganego rozsyłu strumienia szczególnie w przypadku diod o nieukształtowanym (szerokim) rozsyśle (diody dużej mocy),
 - stosuje się soczewki i odbłyśniki,

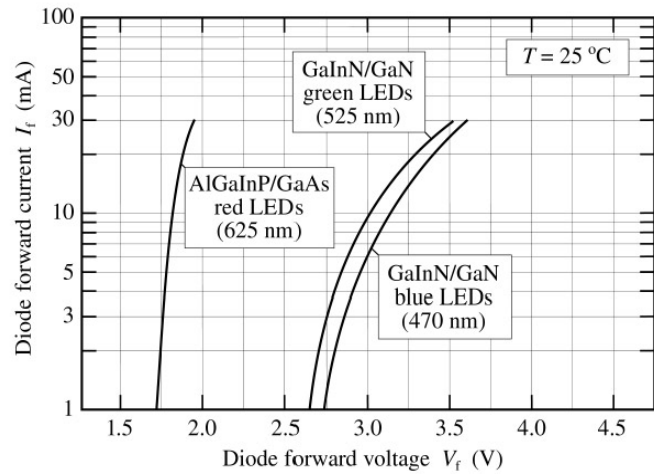


Rys. 13. Diody Luxeon i oferowane dla nich układy optyczne (soczewki i odbłyśniki).



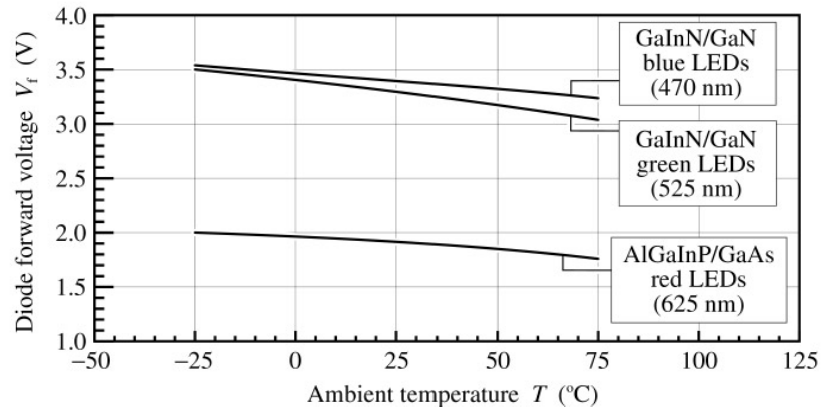
Zasilanie:

- diody świecące zasilane są napięciem stałym:
 - należy zachować właściwą polaryzację (+ anoda, - katoda),
 - wartość napięcia znamionowego jest różna i zmienia się wraz z rodzajem materiału diody,
 - im większa częstotliwość (energia) emitowanego promieniowania tym większe wymagane wartości napięcia zasilającego,



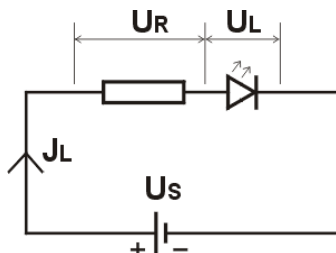
Rys. 14. Charakterystyki napięciowo-prądowe diod świecących.

- diody powinny być zasilane ze stabilizowanych zasilaczy prądowych:
 - ze względu na charakterystykę napięciowo-prądową gdzie niewielka zmiana napięcia powoduje dużą zmianę natężenia prądu,
 - ze wzrostem temperatury zmniejsza się wartość napięcia przewodzenia diody co przy zachowaniu stałego napięcia zasilania może prowadzić do wzrostu prądu przewodzenia i przegrzania diody,



Rys. 15. Napięcie przewodzenia V_f w funkcji temperatury otoczenia T (źródło: E. Fred Schubert)..

- przy zasilaniu ze źródła napięciowego w szereg z diodą powinien być włączony rezystor, którego rezystancję R można obliczyć ze wzoru,



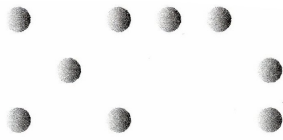
Rys. 16. Schemat układu zasilania diody ze źródła napięciowego.

$$R = \frac{U_S - U_L}{J_L}$$

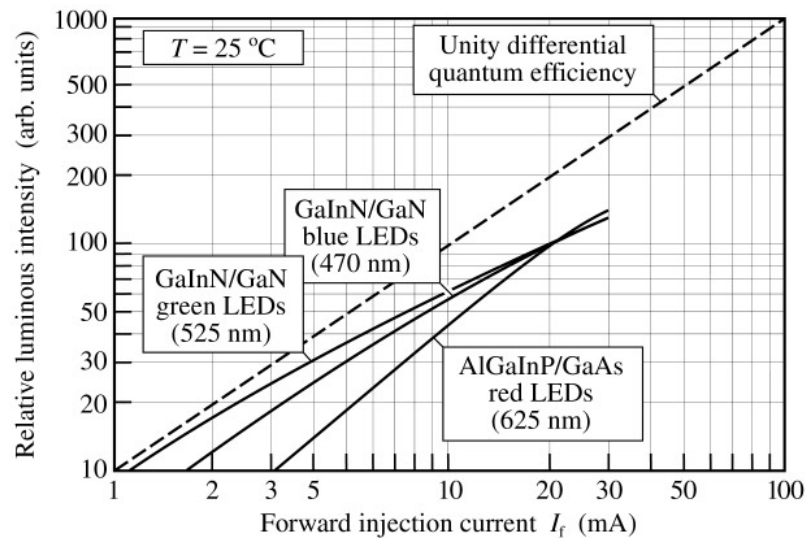
gdzie:

- R - rezystancja rezystora szeregowego,
- U_S - napięcie zasilające źródła napięciowego,
- U_L - napięcie przewodzenia diody (U_f),
- J_L - prąd przewodzenia (I_f),

- jest to rozwiązanie niekorzystne bowiem rezystor powoduje straty mocy co obniża skuteczność świetlną takiego układu.

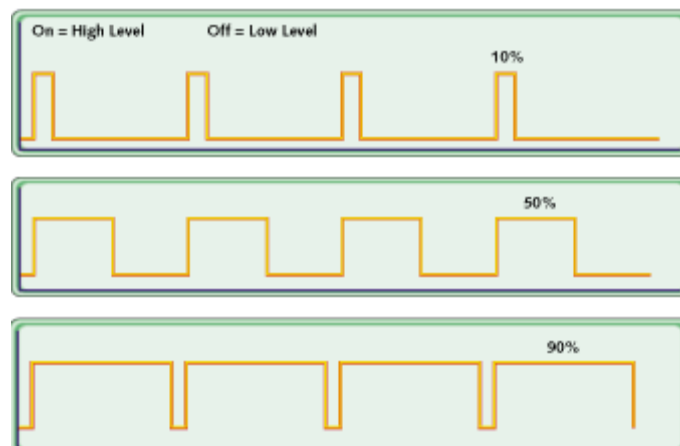


- regulacja strumienia diody może być realizowana w następujący sposób:
 - regulacja natężenia prądu przewodzenia diody,



Rys. 17. Względna zmiana światłości (strumienia) w funkcji prądu przewodzenia (źródło: E. Fred Schubert)..

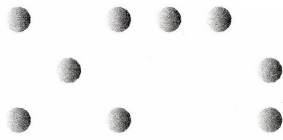
- regulacja współczynnika wypełnienia impulsu prostokątnego,



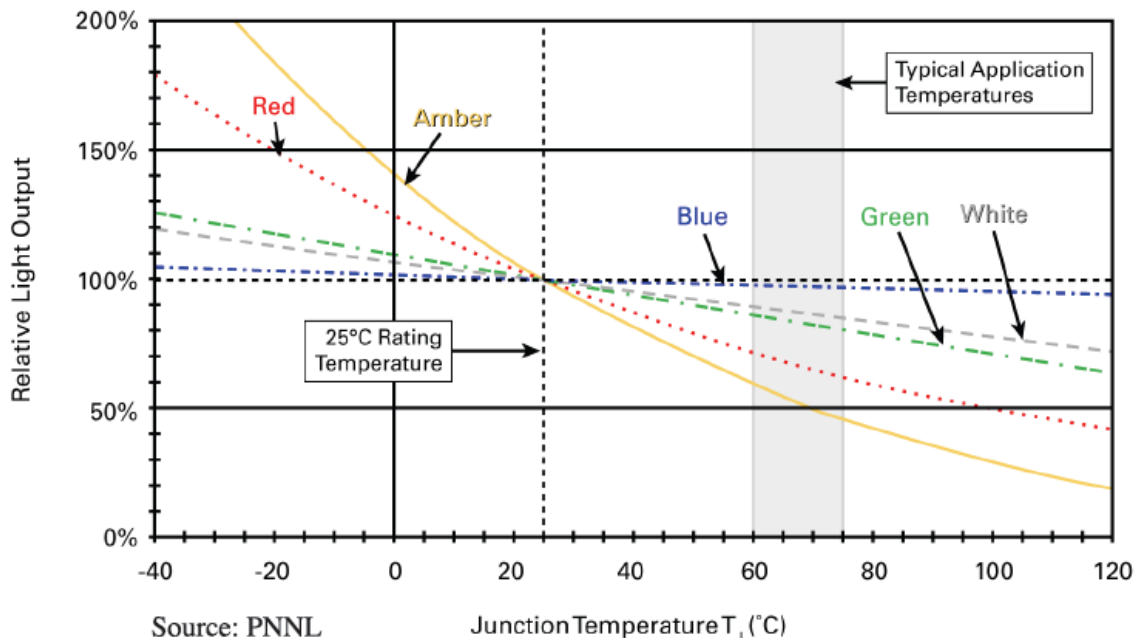
Rys. 18. Sterowanie za pomocą regulacji wypełnienia impulsu prostokątnego (PWM).

Odprowadzenie ciepła:

- diody świecące mają małą moc jednostkową:
 - diody wykonywane w technologii 3/5mm – moc rzędu 0.1 W,
 - diody nowej generacji (wysokiej mocy) – moc rzędu 1, 2, 3 do 5W (multichip, np. Ostar - 20W),
- złącze p-n ma duże obciążenie cieplne:
 - mała moc wydziela się w małej objętości,
 - strumień ciepły wypromieniowany jest z małej powierzchni (około 1mm²),
 - gęstości mocy jest rzędu 100W/cm².
- ciepło wydzielane w złączu p-n:
 - 75-85% ciepła jest odprowadzane poprzez przewodzenie i konwekcję,
 - należy stosować odpowiednie zabiegi związane z odprowadzeniem ciepła ze złącza p-n aby zmniejszyć temperaturę tego złącza,

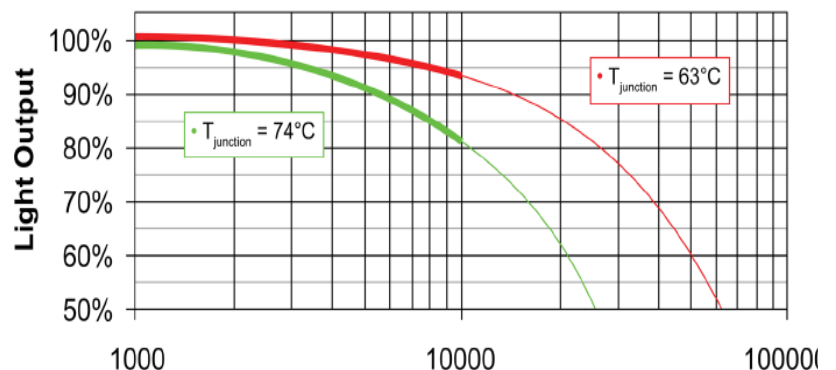


- wzrost temperatura złącza p-n powoduje:
 - **zmniejszenie strumienia świetlnego diody,**
 - **zmniejszenie trwałości diody** (szybszy spadek strumienia w trakcie eksploatacji),
 - niewielkie przesunięcie maksimum rozkładu widmowego w stronę fal dłuższych,
- zmiana strumienia w funkcji temperatury złącza p-n:
 - mały wpływ temperatury na strumień świetlny diody niebieskiej,
 - duży wpływ temperatury na strumień świetlny diody czerwonej,
 - diody różnych barw charakteryzują się różną zależnością strumienia od temperatury co w przypadku diody białej powstałej poprzez mieszaninę addytywną RGB prowadzi do zmiany barwy (temperatury barwowej) przy zmianie temperatury (wada mieszania addytywnego jako sposobu uzyskiwania światła białego diod świecących),
 - **producenci podają parametry fotometryczne diod świecących dla temperatury złącza p-n $T_j=25^{\circ}\text{C}$, podczas gdy temperatura pracy złącza jest wyższa i w związku z tym strumień diody w trakcie pracy będzie mniejszy.**



Rys. 19. Względna zmiana strumienia w funkcji temperatury złącza p-n.

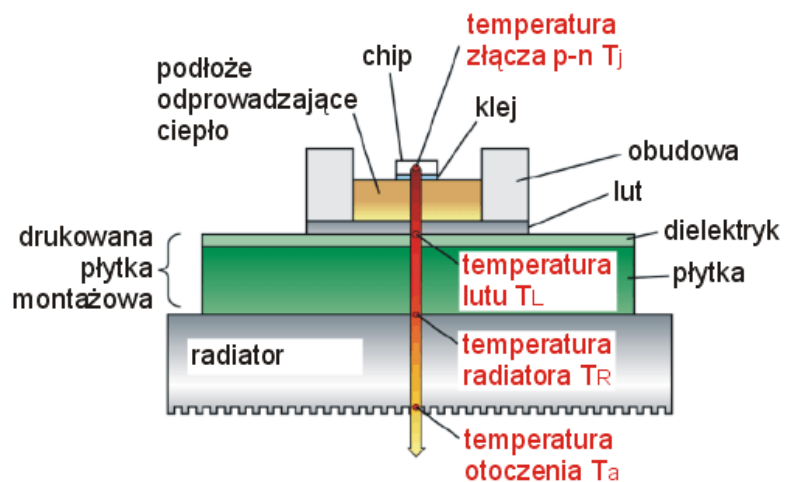
- zwiększenie temperatury złącza p-n powoduje szybszy spadek strumienia w trakcie eksploatacji:
 - np. wzrost temperatury złącza p-n o 11°C może spowodować spadek trwałości z 37.000h do 16.000 h (trwałość użytkowa związana ze spadkiem strumienia do poziomu 70% strumienia początkowego),
 - produkowane są już diody (np. Luxeon K2), których trwałość użytkowa wynosi 50.000 h pracujące przy natężeniu prądu 1000mA i temperaturze $T_j=120^{\circ}\text{C}$,



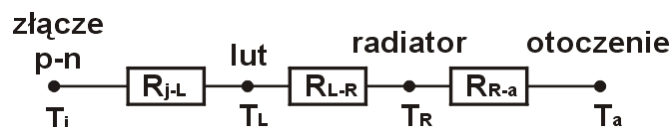
Rys. 20. Spadek strumienia w trakcie eksploatacji diody (czas pracy w godzinach) przy pracy złącza p-n w temperaturze 63°C i 74°C .



- temperatura T_j złącza p-n zależy od:
 - natężenia prądu przewodzenia I_F (mocy diody),
 - przewodności cieplnej pomiędzy złączem a otoczeniem,
 - temperatury otoczenia T_a ,
- sposoby ograniczenia temperatury T_j złącza p-n:
 - materiały, na których montowana jest dioda powinny posiadać dobrą przewodność cieplną:
 - klej, silikon łączący chip z podłożem oraz płytkę drukowaną z radiatorem,
 - podłoże (często metalowe – miedziane),
 - drukowana płytkę montażowa (lepsze właściwości przewodzenia posiadają płytki metalowo-ceramiczne MCPCB oraz metalowo-dielektryczne MDPCB z podłożami z metalu – zazwyczaj aluminium – standardowe płytki epoksydowo-szklane PCB posiadają gorsze właściwości odprowadzania ciepła),
 - stosować radiatory zewnętrzne o odpowiednim kształcie i rozmiarze.
 - należy odsunąć od diody źródła ciepła (np. zasilacz),
 - należy tak konstruować oprawy oświetleniowe aby minimalizować temperaturę w miejscu montażu diody (np. otwory wentylacyjne),
 - korzystniejsze od poziomego jest pionowe położenie diody wraz z płytką drukowaną i radiatorem.
- opór przewodzenia ciepła (wyrażony w $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ lub $[\text{K}/\text{W}]$):
 - R_{j-L} (R_{thJS}) - opór przewodzenia ciepła pomiędzy złączem p-n a punktem lutowania (**producent podaje w katalogu**),
 - R_{L-R} (R_{thSB}) - opór przewodzenia ciepła pomiędzy punktem lutowania a radiatorem,
 - R_{R-a} (R_{thBA}) - opór przewodzenia ciepła pomiędzy powierzchnią radiatora a otoczeniem,
 - Całkowity opór przewodzenia pomiędzy złączem p-n a otoczeniem
 $R_{j-a} = R_{j-L} + R_{L-R} + R_{R-a}$
 - większość diod świecących jest montowana na posiadających obwody drukowane płytkach metalowo-ceramiczne MCPCB, do których przyłączony jest radiator. Radiator oddaje ciepło do otoczenia poprzez konwekcję i promieniowanie.



Rys. 22. Schemat umieszczenia diody na materiałach odprowadzających ciepło (źródło: E. Fred Schubert, Dr. W. Marchl).



Rys. 23. Model oporu przewodzenia ciepła w diodzie świecącej.

Temperatura złącza p-n T_j jest sumą temperatury otoczenia T_a oraz iloczynu całkowitego oporu przewodzenia R_{j-a} i wydzielanej mocy P (moc diody $P=U_F \cdot I_F$):

$$T_j = T_a + (R_{j-a} \cdot P)$$

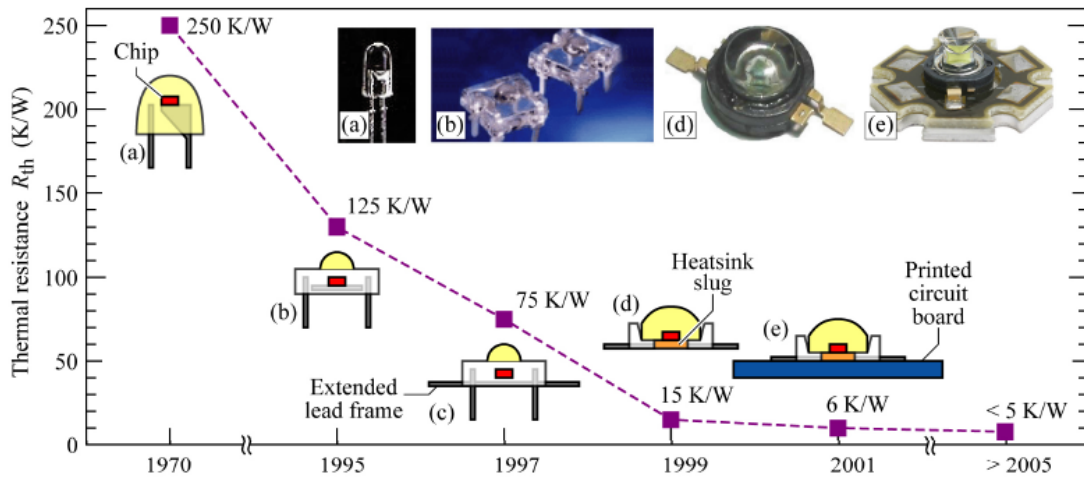
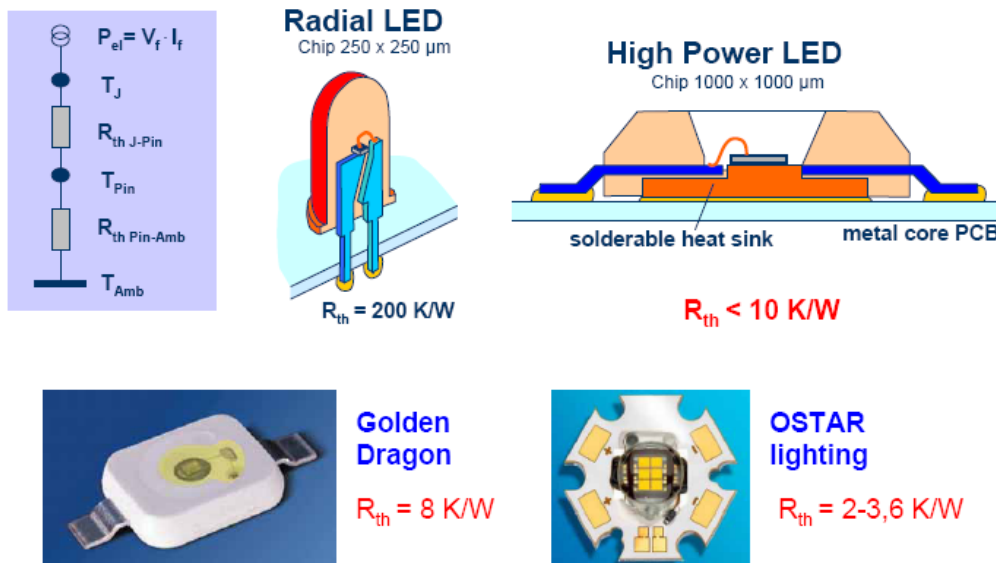


Fig. 11.7. Thermal resistance of LED packages: (a) 5mm (b) low-profile (c) low-profile with extended lead frame (d) heatsink slug (e) heatsink slug mounted on printed circuit board (PCB). Trade names for these packages are “Piranha” (b and c, Hewlett Packard Corp.), “Barracuda” (d and e, Lumileds Corp.), and “Dragon” (d and e, Osram Opto Semiconductors Corp.) (adopted from Arik *et al.*, 2002).



Rys. 24. Opór przewodzenia ciepła pomiędzy złączem p-n a punktem lutowania R_{j-L} (R_{thJS}) (źródło: E. Fred Schubert, Dr. W. Marchl).

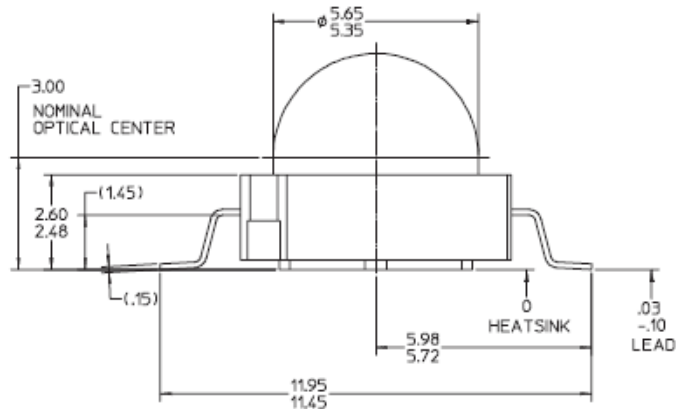
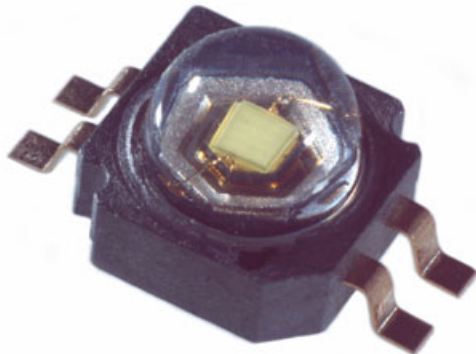
Rozrzut parametrów produkowanych diod (Binning and Labelling).

Diody świecące, wytwarzane na danej linii produkcyjnej posiadają niejednakowe parametry, rozrzucone wokół wartości średniej typowej dla danej serii. Producenci oznaczają diody cechując je według przedziałów wartości danych parametrów. Najczęściej cechowanie rozrzutu parametrów dotyczy wartości:

- strumienia świetlnego (lub światłości maksymalnej),
- współrzędnych chromatyczności (lub temperatury barwowej),
- napięcia przewodzenia.



Wybrane dane techniczne diody LUXEON K2 firmy Lumileds (Philips)



- wysoka wartość maksymalnej dopuszczalnej temperatury złącza p-n $T_j=185^{\circ}\text{C}$,
- wysoka wartość strumienia świetlnego 140lm/W dla światła białego przy temperaturze barwowej 6500K,
- wysoka wartość natężenia prądu przewodzenia 1500mA,
- niska wartość oporu przewodzenia $R_{j-L}=9\text{ [}^{\circ}\text{C/W]}$,
- trwałość użytkowa 50.000 h przy spadku strumienia do wartości 70% strumienia początkowego (dla natężenia prądu przewodzenia 1000mA i maksymalnej temperatury złącza $T_j=120^{\circ}\text{C}$),

Flux Characteristics for LUXEON K2 Junction Temperature, $T_j = 25^{\circ}\text{C}$

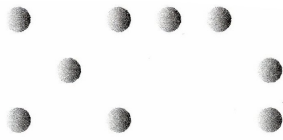
Table 1.

Performance at Test Currents					Typical Performance at Indicated Current	
Color	Part Number	Minimum Luminous Flux (lm) or Radiometric Power (mW) $\Phi_v^{[1][2]}$	Typical Luminous Flux (lm) or Radiometric Power (mW) $\Phi_v^{[2][3]}$	Test Current (mA)	Typical Luminous Flux (lm) or Radiometric Power (mW) $\Phi_v^{[2][3]}$	Drive Current (mA)
White	LXK2-PW12-R00	39.8	45	350	75	700
	LXK2-PW12-S00	51.7	60	350	100	700
	LXK2-PW14-T00	80.0	85	1000	110	1500
	LXK2-PW14-U00	87.4	100	1000	130	1500
	LXK2-PW14-V00	113.6	120	1000	140	1500
Green	LXK2-PM12-R00	39.8	45	350	75	700
	LXK2-PM12-S00	51.7	60	350	100	700
	LXK2-PM14-U00	87.4	100	1000	130	1500
Cyan	LXK2-PE12-Q00	30.6	35	350	60	700
	LXK2-PE12-R00	39.8	45	350	75	700
	LXK2-PE12-S00	51.7	60	350	100	700
	LXK2-PE14-T00	67.2	80	1000	105	1500
	LXK2-PE14-U00	87.4	100	1000	130	1500

Uwaga:

- wzrost mocy przy zmianie zasilania z 1000mA na 1500mA wynosi około 50%
- wzrost strumienia od 120 lm do 140 lm wynosi 17%
- skuteczność świetlna zmniejsza się z 32 lm/W do 24 lm/W (spadek o 25%)





Lambertian LUXEON K2 at Test Current^[1] Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$

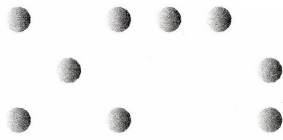
Table 2.

Color	Dominant Wavelength ^[2] λ_D , Peak Wavelength ^[3] λ_P , or Color Temperature ^[4] CCT			Spectral Half-width ^[6] (nm) $\Delta\lambda_{1/2}$	Temperature Coefficient of Dominant Wavelength (nm/ $^\circ\text{C}$) $\Delta\lambda_D / \Delta T_J$	Total Included Angle ^[7] (degrees) $\theta_{0.90V}$	Viewing Angle ^[8] (degrees) $2\theta_{1/2}$
	Min.	Typ.	Max.				
White ^[4]	4500 K	6500 K	10000 K	-	-	160	140
Green	520 nm	530 nm	550 nm	35	0.04	160	140
Cyan	490 nm	505 nm	520 nm	30	0.04	160	140
Blue	460 nm	470 nm	490 nm	25	0.04	160	140
Royal Blue ^[9]	440 nm	455 nm	460 nm	20	0.04	160	140
Red	620.5 nm	627 nm	645 nm	20	0.05	160	140
Red-Orange	613.5 nm	617 nm	620.5 nm	20	0.06	160	140
Amber	584.5 nm	590 nm	597 nm	14	0.09	160	140

Electrical Characteristics at 1000mA for LUXEON K2, Part Numbers L XK2-xx14-xxx, Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$

Table 5.

Color	Forward Voltage V_f ^[1] (V)			Typical Dynamic Resistance ^[2] (Ω) R_D	Typical Temperature Coefficient of Forward Voltage ^[3] (mV/ $^\circ\text{C}$) $\Delta V_F / \Delta T_J$	Typical Thermal Resistance Junction to Case ($^\circ\text{C}/\text{W}$) $R_{\theta_{J-C}}$
	Min.	Typ.	Max.			
White ^[4]	3.03	3.72	4.95	0.6	-2.0	9
Green ^[4]	3.03	3.72	4.95	0.6	-2.0	9
Cyan ^[4]	3.03	3.72	4.95	0.6	-2.0	9
Blue ^[4]	3.03	3.72	4.95	0.6	-2.0	9
Royal Blue ^[4]	3.03	3.72	4.95	0.6	-2.0	9



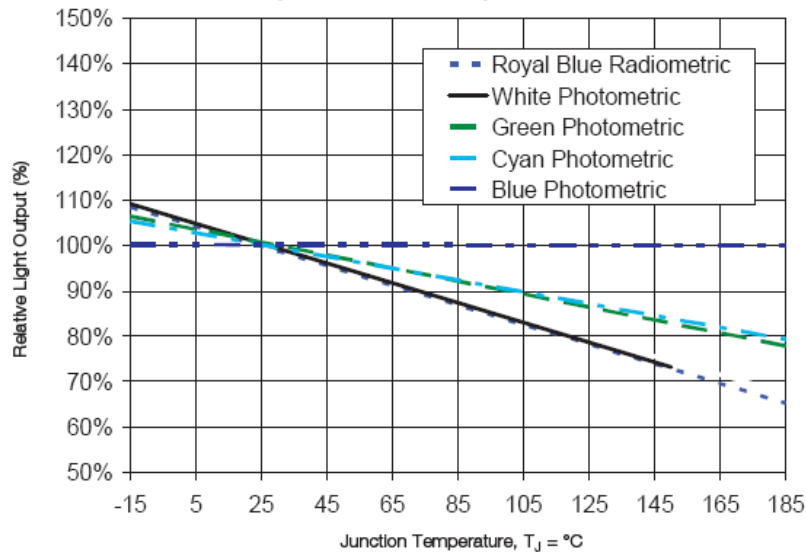
Absolute Maximum Ratings

Table 7.

Parameter	White Value	Green/Cyan Blue/Royal Blue Value	Red/Red-Orange /Amber Value
DC Forward Current (mA)	1500	1500	700
Peak Pulsed Forward Current (mA)	1500	1500	700
Average Forward Current (mA)	1500	1500	700
ESD Sensitivity	> 2,000 V HBM Class 2 JESD22-A114-B	> 2,000 V HBM Class 2 JESD22-A114-B	> 2,000 V HBM Class 2 JESD22-A114-B
LED Junction Temperature	150°C	185°C	150°C
Storage Temperature	185°C	185°C	185°C
Soldering Temperature	JEDEC 020c 260°C	JEDEC 020c 260°C	JEDEC 020c 260°C
Allowable Reflow Cycles	3	3	3
Autoclave Conditions	121°C at 2 ATM, 100% RH for 72 hours max	121°C at 2 ATM, 100% RH for 72 hours max	121°C at 2 ATM, 100% RH for 72 hours max
Reverse Voltage (Vr)	See Note 2	See Note 2	See Note 2

Typical Light Output Characteristics over Temperature

White, Green, Cyan, Blue and Royal Blue at Test Current



Typical Polar Radiation Pattern for White Lambertian

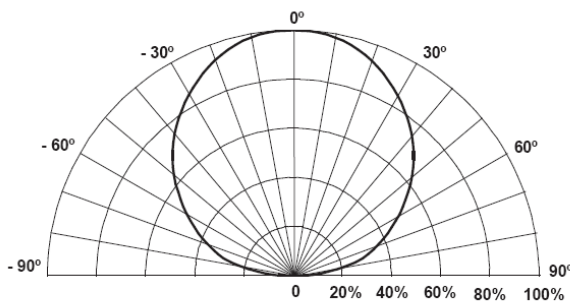
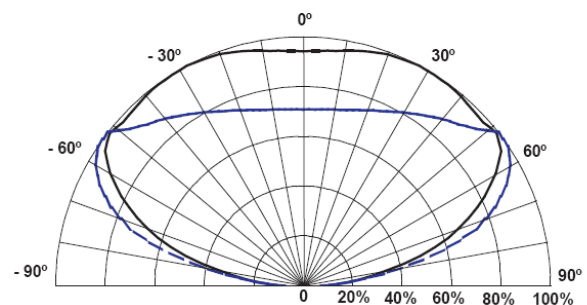
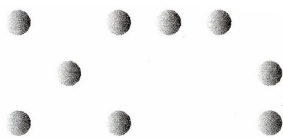


Figure 23: Typical Polar Radiation Pattern for White Lambertian.

Typical Polar Radiation Pattern for Green, Cyan, Blue and Royal Blue Lambertian





Różne, niestandardowane grupy produktów:

- chipy,
- komponenty (chipy w obudowach),
- moduły, półprodukty (np. kilka diod na jednej płytce, czasami z układem zasilania),
- lampy (gotowe do zastosowania jako alternatywa do tradycyjnych lamp).

English | 简体 | Contact Us

Search:

CREE

Products | Support | About Cree | Investor Relations | Press Room | Careers

LED Chips
LED Components
LED Modules
LED Lighting
Power
RF
Materials

Overview +
Documentation +
Sales +

News
Cree revolutionizes high-efficiency switching with new Z-Rec™ 1700-V junction barrier Schottky diode series - [Read more](#)
[More news](#)

Featured Product
Cree announces revolutionary new LED platform delivering 160 lumens per watt - [Read more](#)
[Learn where to buy Cree products](#)

Events
See Cree Power products at [PCIM Europe](#) in Nuremberg, May 4-6, booth #12-422.
[Learn about more opportunities to see Cree products](#)

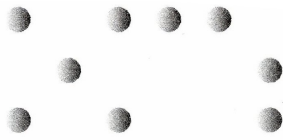


Tabela 3. Zestawienie parametrów diod firmy CREE.

Lp	Nazwa	I _F [mA]	U _F [V]	P [W]	Φ [lm] (T _j =25°C)	η [lm/W]	Uwagi
1	CREE XM-L	700	2.9	2.0	280 (cool white, Ra 65) 220 (warm white, Ra 80)	138 108	-
2	CREE XM-L Easy White	700	6.0	4.2	340 (cool white, Ra 80) 300 (warm white, Ra 82) 240 (warm white, Ra 90)	81 71	multichip, strumień dla T _j =85°C
3	CREE MT-G Easy White	1100	6.0	6.6	560 (cool white, Ra 80) 480 (warm white, Ra 80)	85 73	multichip, strumień dla T _j =85°C
4	CREE MP-L Easy White	150	25 x 3	11.3	1000 (cool white, Ra 80) 800 (warm white, Ra 80)	88 71	multichip
5	CREE XP-G	350	3.0	1.0	139 (cool white, Ra 75) 107 (warm white, Ra 80) 87 (warm white, Ra 90)	132 102 83	-
6	CREE XP-G	700	3.2	2.2	260 (cool white, Ra 75) 200 (warm white, Ra 80) 163 (warm white, Ra 90)	118 91 74	-
7	CREE XP-G	1000	3.3	3.3	348 (cool white, Ra 75) 268 (warm white, Ra 80) 219 (warm white, Ra 90)	105 81 66	-
8	CREE XP-E HE	350	3.0	1.0	130 (cool white, Ra 68) 100 (warm white, Ra 80) 81 (warm white, Ra 90)	123 95 77	-

Tabela 4. Zestawienie parametrów modułów Fortimo.

Lp	Nazwa	Φ [lm]	Moduł		System (moduł + zasilacz)		Ra
			P [W]	η [lm/W]	P [W]	η [lm/W]	
1	PHILIPS Fortimo LED DLM 1100 12W/830 Gen3	1100	12	91	14.7	77	80
2	PHILIPS Fortimo LED DLM 1100 11W/835 Gen3	1100	11	96	13.6	81	80
3	PHILIPS Fortimo LED DLM 1100 11W/840 Gen3	1100	11	100	13.1	84	80
4	PHILIPS Fortimo LED DLM 3000 44W/830 Gen3	3000	44	70	50	62	80
5	PHILIPS Fortimo LED DLM 3000 44W/835 Gen3	3000	44	73	49	64	80
6	PHILIPS Fortimo LED DLM 3000 41W/840 Gen3	3000	41	77	46	68	80