

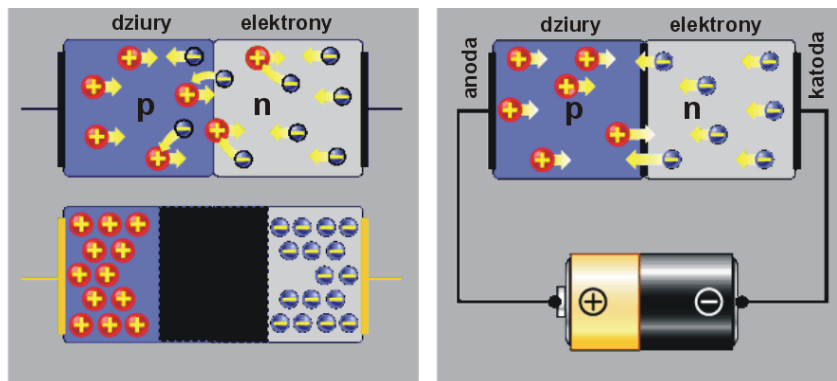


Wg PN-90/E-01005. Technika świetlna. Terminologia. (845-04-40)

Dioda elektroluminescencyjna; dioda świecąca; LED – element półprzewodnikowy zawierający złącze P-N, emitujący promieniowanie optyczne po wzbudzeniu złącza prądem elektrycznym.

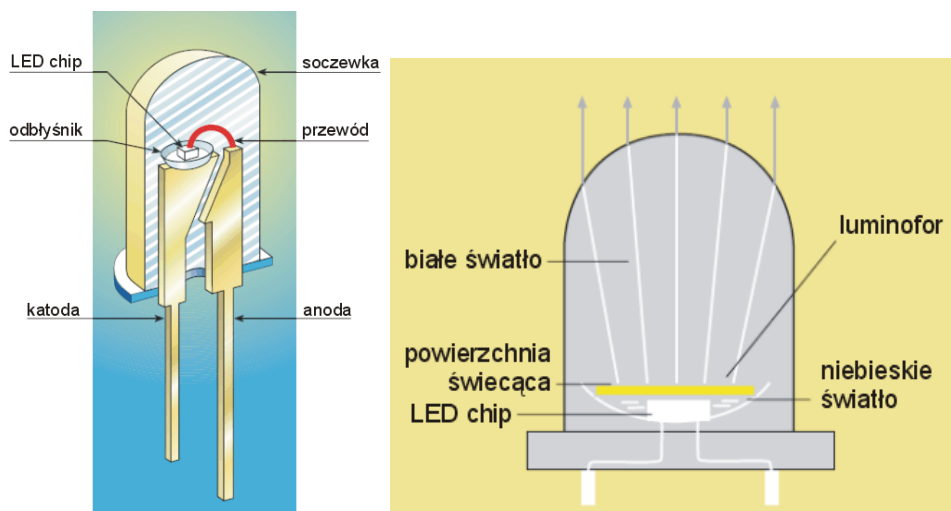
Światło w diodach świecących wytwarzane jest dzięki zjawisku elektroluminescencji:

- 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,

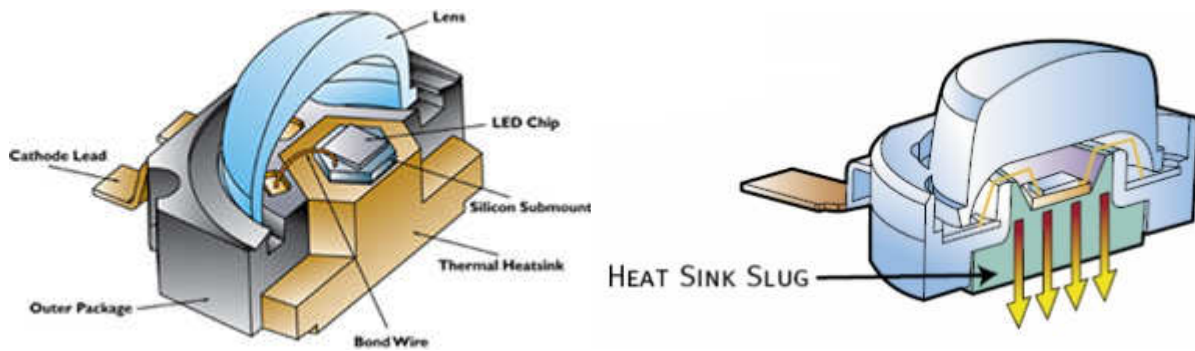


Rys. 1. Dziury i elektrony w półprzewodniku typu p i n. Złącze p-n spolaryzowane w kierunku przewodzenia.

- 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,



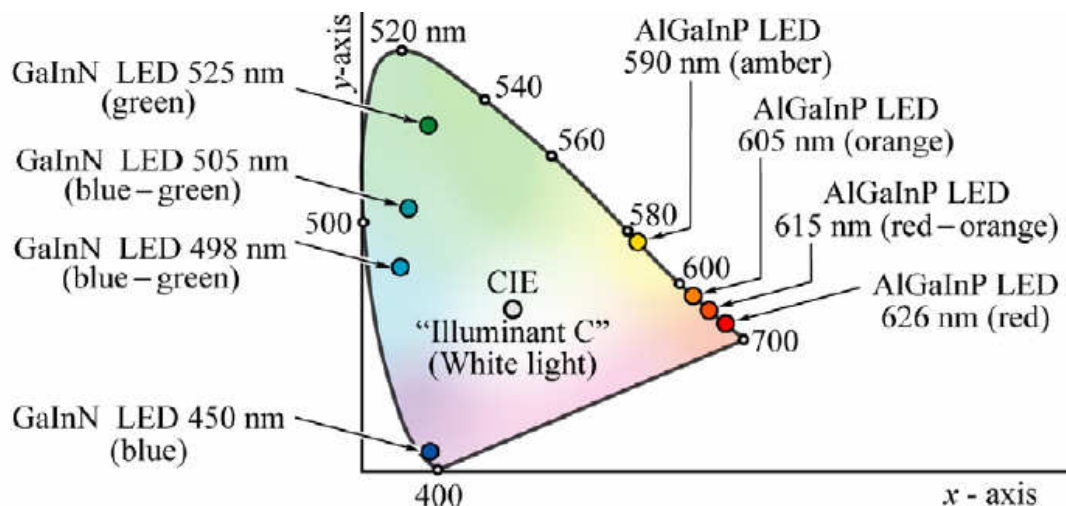
Rys. 2. Budowa diody małej mocy wykonanej w tzw. technologii 5mm z soczewką (montaż przewlekany). Dioda światła chromatycznego (z lewej) oraz dioda światła białego (z prawej).



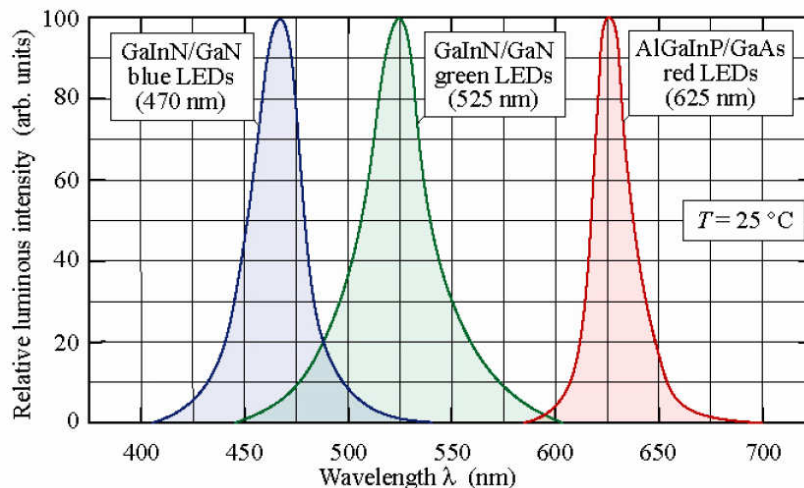
Rys. 3. Budowa diody dużej mocy (1 – 3 W) w technologii montażu powierzchniowego (SMD Surface Mounted Devices). Złącze p-n zamontowane na podstawie metalowej odprowadzającej ciepło (heatsink).

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. 4. Położenie współrzędnych barwy na wykresie CIE XYZ. Barwy czerwone, pomarańczowe, barwa niebieska – duże nasycenie (barwy widmowe). Barwy niebiesko-zielone i zielone – mniejsze nasycenie.

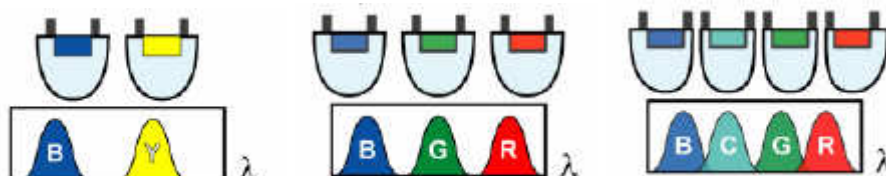


Rys. 5. Typowe rozkłady widmowe diod LED (Toyoda Gosei Corp. 2000). Zielone diody posiadają większą szerokość widma pasmowego, brak diody dla długości fali 550nm.

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.

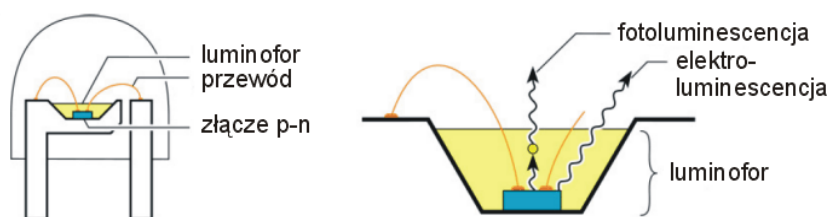


Rys. 6. Mieszanie addytywne dwóch, trzech i czterech barw.
 B – niebieski, Y – żółty, G – zielony, R – czerwony, C – niebiesko zielony.

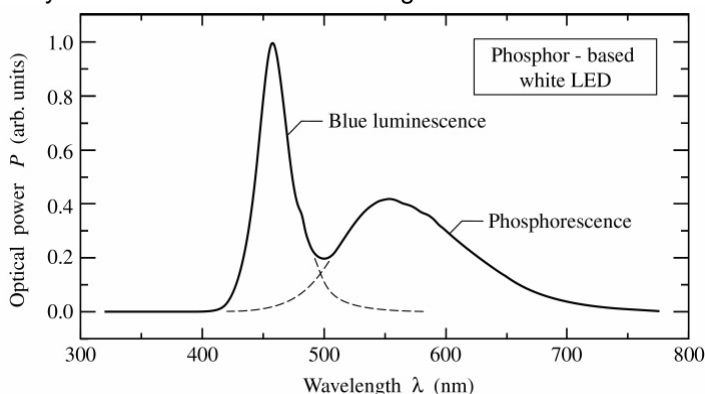
- zalety:
 - brak strat energii związanych z konwersją światła w luminoforze (reguła Stokes'a),
 - duże możliwości ustalenia pożądanej temperatury barwowej i wskaźnika oddania barw,
 - wysoki wskaźnik oddawania barw: RGB – Ra=90, RYGB – Ra=99,
- wady:
 - skomplikowany obwód zasilający, każda z diod wymaga osobnego zasilania,
 - 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. 7. Dioda światła niebieskiego GaInN z luminoforem.



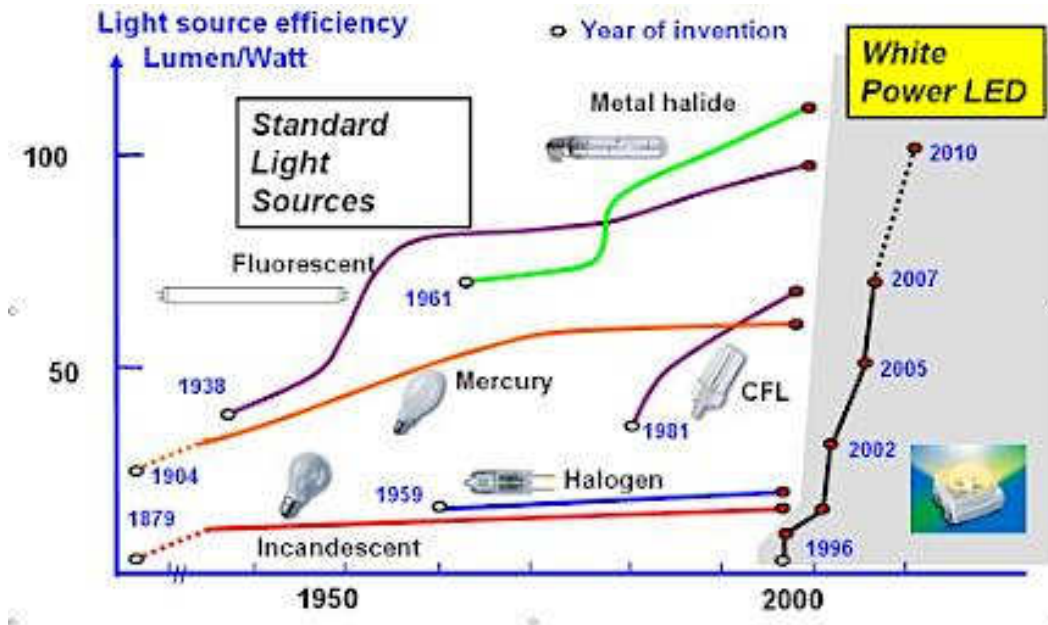
Rys. 8. Rozkład widmowy promieniowania diody niebieskiej z luminoforem.

- 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 pustą okna w okolicy 500nm i powyżej 650nm.

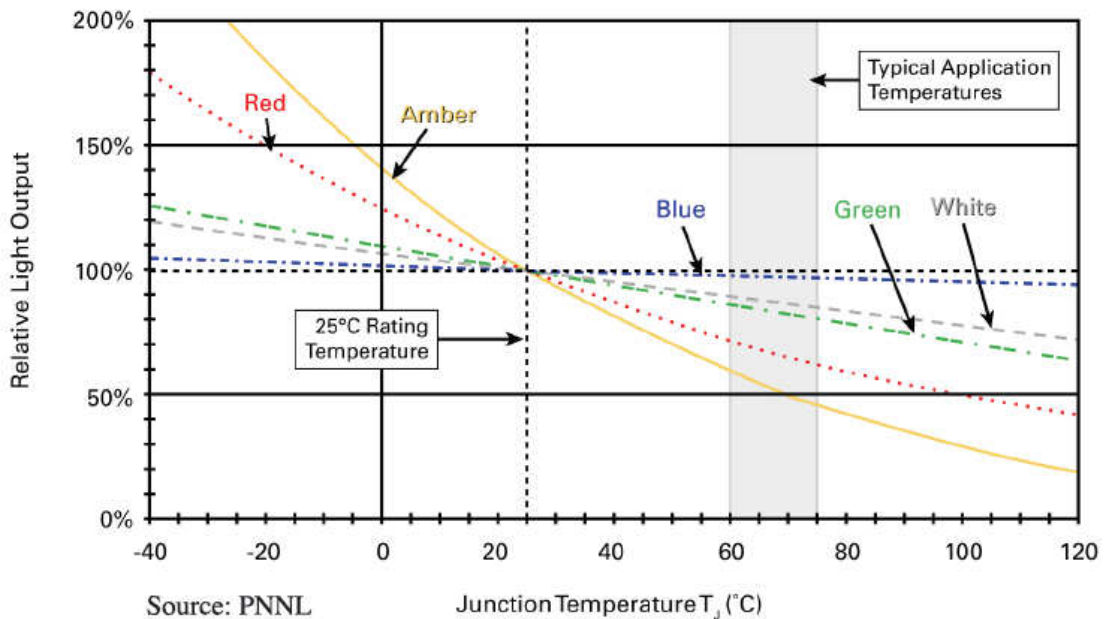


Własności diod świecących:

- skuteczność świetlna, strumień świetlny: diody światła białego - do ok. 60 lm/W,



Rys. 9. Prognoza rozwoju LED.

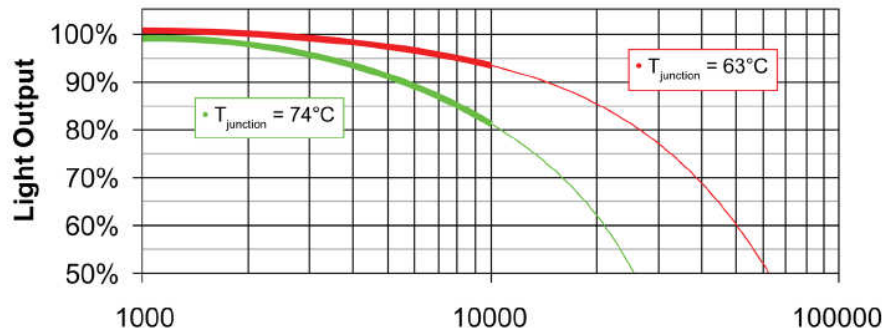


Rys. 10. Względna zmiana strumienia w funkcji temperatury złącza p-n.
UWAGA: katalogowa wartość strumienia świetlnego podawana jest dla temperatury złącza 25°C.



▪ 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,
- 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,



Rys. 11. Spadek strumienia w trakcie eksploatacji diody (czas pracy w godzinach) przy pracy złącza p-n w temperaturze 63°C i 74°C.

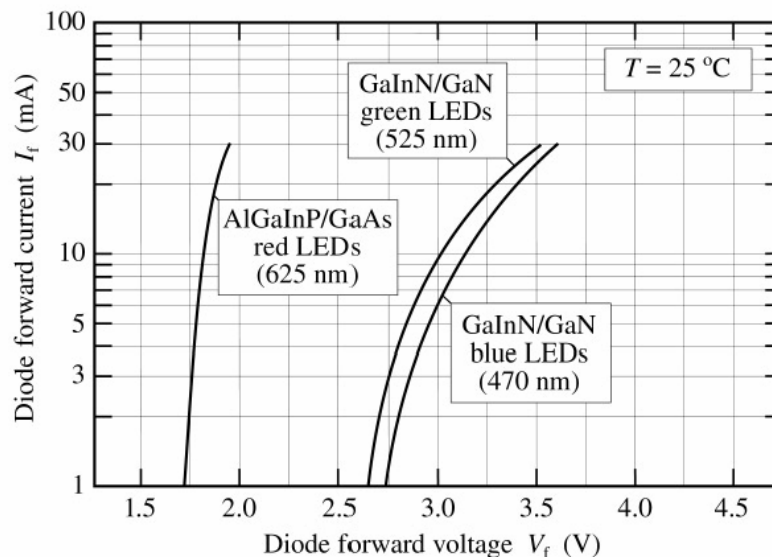
▪ wytrzymałość mechaniczna:

- diody świecące charakteryzują się wysoką odpornością na wstrząsy i udary mechaniczne,
- brak ruchomych elementów,
- brak kruchych elementów,
- zastosowanie: oświetlenie obiektów ruchomych (samochody).

Układy zasilania:

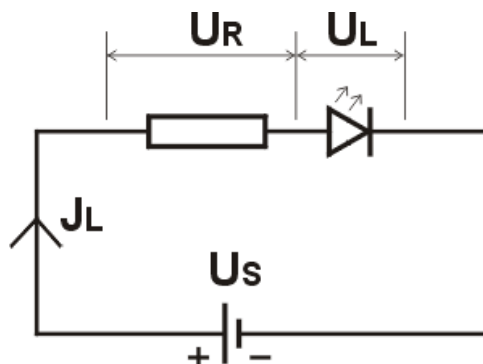
▪ diody świecące zasilane są napięciem stałym:

- należy zachować właściwą polaryzację (+ anoda, - katoda),
- wartość napięcia znamionowego jest różna i zmienia się wraz z rodzajem materiału diody,
- diody powinny być zasilane ze stabilizowanych zasilaczy prądowych ponieważ niewielka zmiana napięcia powoduje dużą zmianę natężenia prądu,



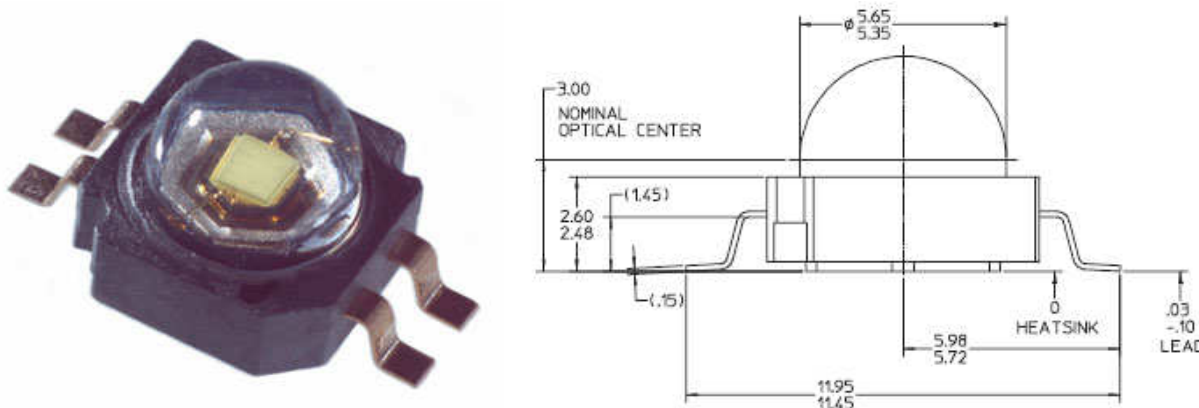
Rys. 12. Charakterystyki napięciowo-prądowe diod świecących.

- przy zasilaniu ze źródła napięciowego w szereg z diodą powinien być włączony rezystor,



Rys. 13. Schemat układu zasilania diody ze źródła napięciowego.

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,
- maksymalna wartość natężenia prądu przewodzenia 1500mA,
- niska wartość oporu przewodzenia $R_{j-L}=9 [^{\circ}\text{C/W}]$,
- 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) $\Phi_V^{[1][3]}$	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

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) $\theta_{0.00V}$	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