

Diody świecące jako źródła światła

W artykule przedstawiono przykładowe zastosowania diod świecących małej mocy, ich historię rozwoju oraz ogólną zasadę działania, a także omówiono sposoby wytwarzania światła białego w tych diodach.

Lighting emission diodes as a new lighting source

This paper presents the evolution of lighting emission diodes (LED) and general rules of their operation. There is also a description of how white light is created in those LEDs.

Wstęp

Diody świecące popularnie nazywane ledami (LED – Light Emitting Diode) należą obecnie do najnowocześniejszych i najszybciej rozwijających się źródeł światła. Z tymi źródłami mamy w praktyce do czynienia na co dzień, używając np. diodowych latarek różnej wielkości (fot. 1.), ponieważ znacznie dłużej świecą od tych z żarówkami. Przykładowa latarka pokazana na fot. 1a świeci około 100 godzin przy zasilaniu czterema bateriami typu G3. Latarka pokazana na fot. 1b świeci około 15 godzin przy zasilaniu trzema bateriami typu AA, ale za to znacznie jaśniej jest w niej 14 diod. Przy takim zasilaniu klasyczna latarka z żarówką halogenową świeciłaby około 4-5 godzin, a trwałość takiej żarówki wynosi przeciętnie 20 godzin. Natomiast trwałość diod świecących sięga nawet stu tysięcy godzin. Kolejną ich zaletą w stosunku do żarówek halogenowych jest duża odporność na wstrząsy, co jest bardzo istotne przy stosowaniu różnego rodzaju latarek. Inny przykład zastosowania ledów to np. latarka czołowa (fot. 2.) czy oświetlenie rowerowe (fot. 3.). W zależności od liczby diod świecących latarka czołowa może świecić od 8 godzin – przy 16 ledach, 60 godzin – przy 6 ledach, do 200 godzin – przy 1 ledzie. Natomiast latarka rowerowa może świecić w sposób ciągły około 20 godzin, a impulsowo – nawet 150 godzin.

Wśród wielu innych nymych zastosowań diod świecących można wymienić:

- tablice informacyjne (fot. 4.)
- sygnalizację świetlną (fot. 5.)



Fot. 1. Przykładowe latarki z białymi ledami [1]: a) 1 szt. LED, b) 14 szt. LED

Photo. 1. Sample torches with white LEDs [1]: a. 1 pc of LED b. 14 pcs of LEDs

- oświetlenie miejscowe w środkach komunikacji (samochody, autobusy, samoloty)
- oświetlenie bezpieczeństwa, wyjść ewakuacyjnych i znaków ułatwiających orientację
- ogrodowe oprawy akcentujące lub dekoracyjne



Fot. 2. Przykład latarki czołowej z 16 ledami [1]
Photo. 2. An example of a headlamp with 16 LEDs [1]



Fot. 3. Przykładowy zestaw oświetlenia rowerowego [1]: lampa przednia – 5 szt. białych LED, lampa tylna – 5 szt. czerwonych LED

Photo. 3. A sample set for bicycle lighting [1]: head lamp – 5 white LEDs, rear light – 5 red LEDs

- oprawy montowane w chodnikach, jezdniach (tzw. najazdowe) wytyczające odpowiednie drogi (fot. 6.)
- oprawy przeznaczone do montażu w ścianach lub w podłodze oraz akcentujące stopnie schodów (np. dyskoteki, teatry, telewizja, restauracje, bary, kasyna,



Fot. 4. Przykład tablicy informacyjnej z diodami świecącymi [2]

Photo. 4. An example of a notice board with lighting diodes [2]

kościoty), oprawy te mogą być również wykorzystywane jako oprawy oświetlenia awaryjnego (fot. 7.).

Natomiast diody świecące zamontowane w modułach liniowych, np. po 12 czy 24 sztuki (fot. 8.) znalazły doskonałe zastosowanie w:

- reklamach świetlnych – znaki świetlne, litery przestrzenne wykonane jako trójwymiarowe bryły podświetlane od wewnątrz
- oświetleniu dekoracyjnym
- systemach konturowego podświetlenia i dekorowania budynków oraz innych obiektów (np. pojazdów, statków, jachtów)
- iluminacji obiektów (fot. 9.).

Również w przemyśle motoryzacyjnym diody świecące znalazły zastosowanie, jako źródła światła w kierunkowskazach, w światłach stopu – podstawowego lub dodatkowego, a także jako przednie światła samochodowe (fot. 10.).

Poza bardzo dużą trwałością, niskim bezpiecznym napięciem zasilania, diody barwne nie potrzebują żadnych dodatkowych filtrów w celu otrzymania określonej barwy. Dzięki temu nie występują straty strumienia świetlnego na filtrach, co ma istotny wpływ na ich energooszczędność, a określona barwa światła jest bardzo wyrazista.

Natomiast diody wytwarzające światło o barwie białej i wskaźniku oddawania barw większym od 80 mogą być stosowane w oświetleniu niewielkich powierzchni, np. jako zamienniki żarówek halogenowych. Przemawia za tym ich większa skuteczność świetlna (sięgająca 38 lm/W) niż żarówek halogenowych (która wynosi 26 lm/W) oraz znacznie dłuższa trwałość od żarówek halogenowych. Na fot. 11. przedstawione zostały przykłady zamienników żarówek halogenowych złożone z 12 i 20 ledów o mocy 150 mW każdy, zamontowanych w typowym odbłyśniku przewidzianym dla żarówki halogenowej – tzw. zimnym lustrze. Są one dostępne w barwie białej, niebieskiej, zielonej, czerwonej oraz różnokolorowe.

Interesujące są wyroby w dużym stopniu przypominające opalizowane żarówki



Fot. 5. Zastosowanie diod świecących w sygnalizatorach ulicznych [1]

Photo. 5. The use of LEDs in traffic lights [1]



Fot. 6. Przykład oprawy najazdowej o mocy 4,5 W [2]

Photo. 6. An example of a 4.5-W luminaire mounted in the background [2]



a)



b)



c)

Fot. 7. Przykłady zastosowania opraw z ledami o mocy 0,8 – 1,6 W do podświetlenia schodów, korytarza, przejścia obok rzędu ławek [3]

Photo. 7. Examples of the use of 0.8 – 1.6-W LED luminaires for lighting stairs, corridors and aisles [3]



Fot. 8. Przykład modułu liniowego złożonego z 12 ledów [2]

Photo. 8. An example of a line module made of 12 LEDs [2]



Fot. 9. Przykładowe zastosowania diod świecących do iluminacji budynków (La Roche-sur-Yo, Francja [4])

Photo. 9. Sample LED applications – illumination of a building (La Roche-sur- o, France [4])



Fot. 10. Przykładowe tylne i przednie światła samochodowe [4]

Photo. 10. Sample rear and front vehicle lights [4]



Fot. 11. Przykładowe zamienniki żarówki halogenowej w wersji LED [3]: a) 1 W, 12 V, b) 1 W, 12 V c) 1,5 W, 230 V

Fig. 11. Sample LED lamps as replacements of halogen lamps with a cold mirror [3]: a) 1 W, 12 V, b) 1 W, 12 V c) 1,5 W, 230 V



Fot. 12. Przykładowe diodowe zamienniki żarówek [3]: a) o mocy 3 W i b) o mocy 3,5 W

Photo. 12. Sample LED lamps as replacements of: a) 3 W and b) o 3.5 W bulbs [3]

głównego szeregu lub świecowe, w których zamontowanych jest 21 (fot. 12a) i 30 (fot. 12b) diod świecących.

Rozwój budowy diod

Pierwsza dioda świecąca powstała w 1962 r. (fot. 13.) i od tego czasu następuje ich nieustający rozwój.

W 1970 r. powstały stosowane do dzisiaj diody wskaźnikowe o mocy 100 mW i średnicy 5 mm. Na rysunku 1. przedstawiono takie diody wraz ze szkicem prezentującym poszczególne elementy ich budowy.

Początkowo były to diody emitujące światło o barwie czerwonej, a potem także inne barwy. Skonstruowanie diod świecących emitujących białe światło umożliwiło zastosowanie ich w oświetleniu. Następnym etapem w rozwoju diod świecących było wyprodukowanie w 1994 r. przez firmę Lumileds diody o mocy 0,4 W (rys. 2.), które zapoczątkowały całą serię diod o mocach od 0,8 do 6 W, czyli tzw. diod dużej mocy (fot. 14.).

Diody te są jednak nadal bardzo innowacyjnymi źródłami światła, ale należy spodziewać się coraz szerszego ich zastosowania w różnych dziedzinach techniki świetlnej. Związane jest to z takimi ich zaletami, jak: duża trwałość (od

15 000 do 50 000 godz.), coraz większa skuteczność świetlna, duża wartość wskaźnika oddawania barw, brak promieniowania nadfioletowego i podczerwonego, duża odporność na drgania i wstrząsy.

Ogólna zasada działania diod świecących

Budowa chipu diody świecącej przedstawiona została na rysunku 3. Składa się on z warstwy półprzewodnika typu n, obszaru aktywnego (złącza p-n), warstwy półprzewodnika typu p oraz z pary metalowych kontaktów – elektrody dodatniej i ujemnej.

W obszarze aktywnym wzbudzone elektrony rekombinują z dziurami i pozbywają się nadwyżki energii emitując foton (kwant światła). Dzięki wytwarzaniu związków półprzewodnikowych o precyzyjnie regulowanym udziale poszczególnych pierwiastków składowych, możliwe jest produkowanie materiałów półprzewodnikowych wytwarzających fale świetlne w zakresie od nadfioletu aż po głęboką podczerwień. Daje to możliwość budowy diod świecących o praktycznie dowolnej barwie świecenia (długości fali świetlnej) [6]. W praktyce najczęściej wytwarza się jednak diody o barwach, które przedstawiono na rys. 4.

Jednak pomimo pozornej prostoty budowy, w produkcji diod świecących korzysta się z najbardziej zaawansowanych technologii. Uzyskiwane zjawisko elektroluminescencji jest bardzo obiecujące dla branży oświetleniowej, gdyż jego sprawność na poziomie złącza p-n diody (tzw. chipu) może być bliska 100%. Natomiast wielkim wyzwaniem jest wyprowadzenie światła powstałego w wyniku elektroluminescencji z wnętrza chipu do otoczenia z możliwie jak największą sprawnością [6].

Sposoby wytwarzania białego światła w diodach świecących

Diody świecące wytwarzają promieniowanie w bardzo wąskim zakresie widma o szerokości nie przekraczającej kilkunastu nanometrów, są więc w praktyce źródłami światła monochromatycznego. Natomiast światło białe jest wrażeniem wzrokowym, które odczuwa człowiek w wyniku pobudzenia siatkówki oka światłem zawierającym fale świetlne z całego zakresu promieniowania widzialnego (od około 400 nm do 780 nm). Nie jest więc możliwe bezpośrednio uzyskanie światła białego z pojedynczego złącza półprzewodnikowego p-n, mimo to wytwarza się białe diody świecące i są one niewątpliwie przyszłością w technice świetlnej.



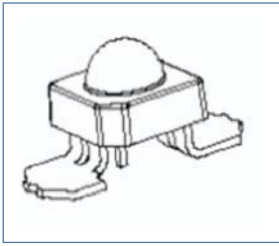
Fot. 13. Pierwsza dioda świecąca [4]

Photo. 13. The first LED [4]

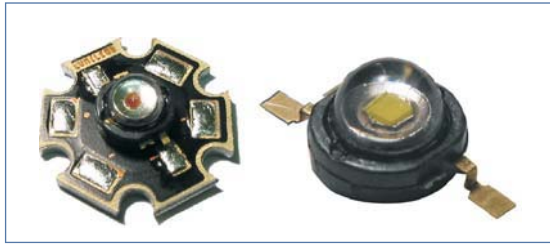


Rys. 1. Świecące diody wskaźnikowe o mocy 100 mW

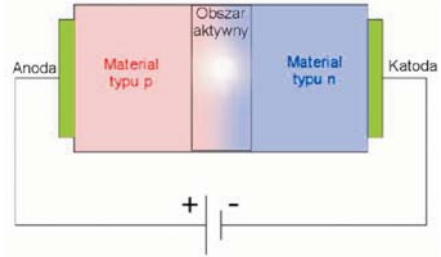
Fig. 1. 100-mW signal LEDs



Rys. 2. Dioda SnapLED o mocy 0,4 W [4]
Fig. 2. 0.4-W SnapLED [4]



Fot. 14. Przykładowe diody świecące dużej mocy [5]
Photo. 14. Sample high-power LED [5]



Rys. 3. Ogólny schemat budowy półprzewodnikowej diody świecącej [6]
Fig. 3. A general diagram of the structure of a semiconductor LED [6]

Są dwa sposoby wytwarzania światła białego przez diody świecące. Pierwszy polega na mieszaniu trzech podstawowych barw światła: czerwonej, zielonej i niebieskiej (tzw. RGB – Red Green Blue). Światło z tych diod dodaje się tak, by uzyskać białą barwę (rys. 5.). Jest to rozwiązanie o największej wydajności, gdyż nie występują tu straty w luminoforze. Rozwiązanie to daje duże możliwości w zakresie uzyskiwania różnych wartości temperatury barwowej oraz wskaźnika oddawania barw rzędu 90. Natomiast zasadniczą wadą tej metody jest wysoki koszt i skomplikowana konstrukcja układu zasilająco-sterującego, gdyż każda z diod wymaga osobnego obwodu zasilającego ustalającego odpowiedni punkt pracy [6]. Najistotniejsze w tym jest to, że poszczególne diody emitują różną ilość strumienia świetlnego oraz mają odmienne charakterystyki termiczne i starzeniowe.

Drugi sposób wytwarzania światła białego w diodach świecących polega na wykorzystywaniu promieniowania nadfioletowego wytwarzanego przez diodę do wzbudzenia luminoforu, czyli procesu podobnego do tego jaki jest w świetłówkach. Jest on prostszy niż mieszanie barw z trzech różnych diod, ale jednocześnie mniej wydajny. W praktyce chip diody promieniujący w paśmie nadfioletu (UV LED) pokrywa się luminoforem składającym

się z trzech warstw, z których każda realizuje konwersję światła UV na jedną z trzech barw podstawowych. Potem następuje wymieszanie się barw i w efekcie otrzymuje się barwę białą (rys. 6.). Rozwiązanie to charakteryzuje się prostą technologią produkcji białej diody i nieskomplikowanym układem zasilania. Jednak ze względu na straty światła w luminoforze, jest ono mało efektywne energetycznie. Metoda ta nie daje możliwości dokładnego kontrolowania temperatury barwowej wskaźnika oraz oddawania barw produkowanych diod [3].

Pomimo pewnych wad i zalet, obie metody wytwarzania światła białego są wykorzystywane w różnych zastosowaniach.

Podsumowanie

Podstawowe zalety diod świecących, takie jak wysoka skuteczność świetlna oraz trwałość zapewniają energooszczędne i tanie w eksploatacji oświetlenie. Nieemitowanie promieniowania nadfioletowego i podczerwonego zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa eksploatacji. Duża odporność na wibracje i wstrząsy zapewnia niezawodność działania. Możliwość łatwej regulacji strumienia świetlnego daje dodatkowy komfort w eksploatacji.

Przedstawione w artykule przykłady zastosowań diod świecących do celów oświetleniowych dotyczą w większości przypadków diod małej mocy (100÷200 mW). Jednak

diody te w wersji dużej mocy mają szansę coraz szerszego zastosowania w oświetleniu. W najbliższej przyszłości należy spodziewać się wyprodukowania diod dużej mocy o coraz wyższej skuteczności świetlnej, przez co zastosowanie ich stanie się coraz bardziej powszechne, również jako źródeł światła przewidzianych do oświetlania pomieszczeń i stanowisk pracy.

PIŚMIENNICTWO

- [1] www.mactronic.com.pl
- [2] www.led.ekologia.com.pl
- [3] <http://domswiatla.pl>
- [4] M. Lorczyk *LEDline2 jako nowa propozycja oświetlenia dekoracyjnego*. Materiały z konferencji naukowo-technicznej „Sztuka oświetlania”, Kołobrzeg 2005
- [5] Katalogi oraz dane techniczne diod firmy LUMILEDS (www.lumileds.com)
- [6] A. Wilanowski *LED Know-How*. www.lighting.pl



Rys. 4. Najczęściej spotykane barwy emitowane przez diody świecące
Fig. 4. The most common colours emitted by lighting LEDs



Rys. 5. Uzyskiwanie światła białego przez mieszanie trzech barw podstawowych RGB w proporcjach: 1 : 4,59 : 0,06 [6]
Fig. 5. Obtaining white by mixing of three basic colours, RGB, in the ratio 1:4.59:0.06 [6]



Rys. 6. Uzyskiwanie światła białego przez konwersję promieni UV w luminoforze trójwarstwowym (InGaN) [6]
Fig. 6. Obtaining white by UV beam conversion in a three-level luminofores [6]