

Przegląd aktualnych technologii LED mocy

Od kilku lat utrzymuje się bardzo szybki postęp w technologiach diod LED dużej mocy. Dzięki temu, mimo że już jakiś czas temu wkroczyły one do wielu ciekawych obszarów zastosowań, teraz przestają być nowinkami technologicznymi, a stają się rozwiązaniami standardowymi. Dzieje się tak, gdyż parametry nowoczesnych diod LED stale się polepszają, a na rynku pojawiają się coraz to nowsze układy do precyzyjnego sterowania ich pracą.

Nowoczesne diody LED mocy są nie tylko jasne, małe i energooszczędne, ale też mają precyzyjnie określone barwy, cechujące się odpowiednim spektrum falowym, przystosowanym do różnych rodzajów aplikacji. Są też coraz bardziej odporne na wysokie temperatury, czy też po prostu bardziej niezawodne. A dzięki wysokiemu stopniowi wyrafinowania stosowanych technologii produkcji, dostawcy LEDów są w stanie zagwarantować dużą powtarzalność parametrów nabywanych diod.

Skuteczność świetlna

Skuteczność świetlna nowoczesnych, dostępnych na rynku i niezawodnych diod LED mocy przekracza już granicę 130 lm/W. Ten podstawowy parametr decyduje o efektywności energetycznej wszelkich urządzeń, w których LED-y odgrywają ważną rolę. Co więcej, największa skuteczność wcale nie idzie w parze z największą mocą – to diody średniej mocy są właśnie najbardziej efektywne energetycznie, choć obecnie na-

wet w przypadku bardzo mocnych LEDów można już znaleźć modele o skuteczności przekraczającej 100 lm/W. Niemniej najtańsze pod względem kosztu eksploatacji będą urządzenia z większą liczbą diod o mocy ok 0,2-0,5 W zamiast z pojedynczymi, bardzo mocnymi diodami.

Temperatura barwowa

Skuteczność świetlna to nie jedyny parametr, określający jakość LED-ów. Dotyczy to szczególnie białych diod LED, które stosowane są często w systemach oświetlenia i jako zamienniki żarówek czy świetlówek kompaktowych. W ogólności barwa światła określana jest najczęściej w układzie współrzędnych trójchromatycznych XYZ, opracowanym przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową CIE, lub w pochodnych systemach, takich jak Yxy lub Luv, albo też przez temperaturę barwową CCT (Color Correlated Temperature). Ta ostatnia jest powszechnie używana w przypadku białych LED-ów. Kolor monochromatycznych diod

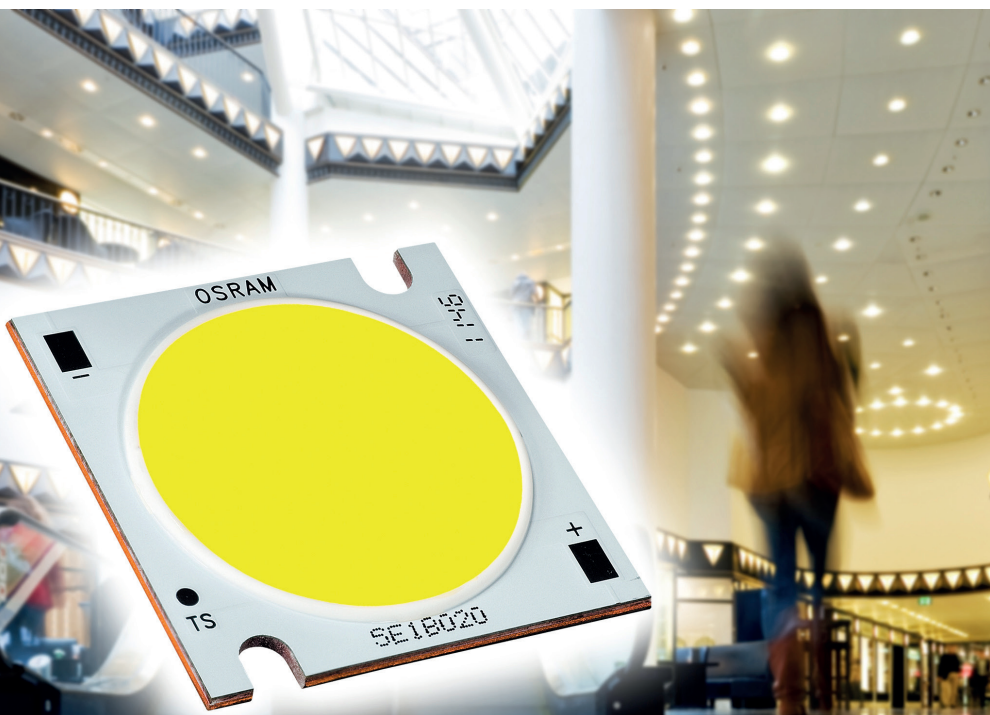
LED charakteryzowany jest natomiast jedynie za pomocą ich długości emitowanej fali światła.

Na rynku dostępne są białe diody LED o temperaturze barwowej od ok. 2500 K do 7000 K. Do coraz popularniejszych zastosowań w mieszkaniach polecane są jednak diody o temperaturze barwowej 2700 K i 3000 K. Im wartość ta jest większa, tym emitowane światło jest bardziej niebieskie a im mniejsza – tym bardziej czerwone.

Współczynnik odwzorowania barw

Temperatura barwowa nie określa jednoznacznie zdolności oddawania barw, co wynika z różnego rozkładu promieniowania nawet w diodach o tej samej barwie światła. Można się o tym przekonać, porównując subiektywne odczucia podczas oglądania różnych obiektów w świetle słonecznym i sztucznym. Na przykład obiekt, który w świetle słonecznym ma barwę żółtą, po oświetleniu źródłem światła o kolorze czerwonym jest postrzegany jako pomarańczowy, a nawet czerwony. Każda zmiana charakterystyki widmowej źródła światła będzie więc przyczyniała się do różnego oddawania barw. W celu umożliwienia dokładniejszego porównywania różnych źródeł światła pod kątem oddawania barw, w katalogach jest podawany parametr CRI (*Color Rendering Index*), oznaczany niekiedy symbolem Ra. Jeśli ma on wartość równą zeru, oznacza to, że mamy do czynienia ze źródłem światła monochromatycznego, natomiast dla idealnego światła białego parametr ten uzyskuje wartość równą 100. Generalna zasada mówi więc, że im wyższy jest współczynnik CRI, tym lepiej są oddawane barwy przez źródło światła. Są nawet normy określające minimalne wartości CRI dla źródeł światła stosowanych w różnych instytucjach, takich jak np. biura, gabinety lekarskie, szkoły, biblioteki itp. W praktyce, w nowoczesnych białych diodach LED współczynnik CRI przekracza 65, a jego dokładna wartość zależy od wybranego modelu.

Niestety, tak jak i największą skuteczność świetlną uzyskuje się ze struktur o średniej mocy, tak i największą wartość współczynnika odwzorowania barw białych LED-ów uzyskuje się w przypadku struktur o średniej skuteczności świetlnej. Ze względu na uwarunkowania technologiczne, diody



o największej jasności lub największej skuteczności świetlnej są bowiem najczęściej diodami o wysokiej temperaturze barwowej, których światło jest dosyć niebieskie.

Natomiast wysoki wskaźnik Ra gwarantuje, że kolory i odcienie skóry wyglądają tak naturalnie, jak przy świetle dziennym, ale w niektórych zastosowaniach warto sprawdzić jak dana dioda odwzorowuje konkretne barwy. Przykładowo, barwy testowe R9 (nasycony czerwony) i R13 (kolory skóry) mają istotne znaczenie dla naturalnego oddawania odcieni czerwieni i skóry. Ogólny wskaźnik barwowy CRI obliczany jest bowiem poprzez uśrednienie wyników pomiarów dla barw testowych od R1 do R8).

Żywotność

Ważnym parametrem LEDów jest też ich żywotność. Do jej określenia stosuje się standard IES LM-80, który pozwala oszacować czas życia diod, mierzony w dziesiątkach tysięcy godzin. Za czas życia uznaje się bowiem okres pracy, po którym następuje spadek jasności diody do poziomu 70% jasności nowej diody. Bezpośrednie zmierzenie tego czasu na partii diod nie jest jednak możliwe w praktyce, gdyż uzyskane wyniki pomiarów można byłoby podać gdy dany model diod został już wycofany ze sprzedaży. Podawany przez producentów czas życia diod LED rzadko spada obecnie poniżej 50 tysięcy godzin, czyli w praktyce przekracza zazwyczaj 6 lat. Dlatego konieczne jest stosowanie procedury pomiarowej, która umożliwi oszacowanie tego czasu w znacznie szybszy sposób. Metoda IES LM-80 pozwala przybliżyć czas życia diody poprzez ustanowienie progów spadku jasności, których przekroczenie bada się po 6000 godzin, tj. po 250 dniach pracy. Trzeba jednak pamiętać, że podawany czas życia diody LED jest jedynie szacunkowy i wynika z ekstrapolacji charakterystyki spadku jasności w ciągu monitorowanych godzin pracy na czas nieobjęty testami.

Temperatura pracy

W katalogach wielu producentów żywotność diod LED jest podawano dla temperatury złącza 25 °C, co zupełnie nie znajduje odbicia w praktycznych zastosowaniach. Struktura elementu zawsze ulega podgrzaniu do znacznie wyższej temperatury, a to znacząco wpływa na skrócenie jej żywotności. Dlatego niektórzy producenci, badają żywotność dla większych temperatur – np. dla 85°C, mierzonych na obudowie. Wartość ta oznacza, że sama struktura diody jest rozgrzana do około 125°C.

Bywają też sytuacje, że dioda nie tylko stopniowo traci na jasności ale też zupełnie przepala się. Sytuację tę nazywa się uszkodzeniem pełnym i warto ją również wziąć pod uwagę przy projektowaniu urządzeń wyposażonych w LED-y. Co więcej, w sy-



stemach oświetleniowych zbudowanych z wielu diod, których strumienie świetlne się sumują, uszkodzenie jednej diody powoduje tylko zmniejszenie wynikowej jasności całej lampy. Jednakże możliwe jest to tylko i wyłącznie wtedy, gdy diody zostaną odpowiednio połączone – tak, by przepalenie jednej struktury nie powodowało uszkodzenia lub wyłączenia innych.

Rozrzut produkcyjny

Duże znaczenie ma też powtarzalność cech dostarczanych diod. Problem rozrzutu parametrów oferowanych diod jest bowiem dosyć uciążliwy, szczególnie dla integratorów oraz firm, które pośredniczą w dostawach lub po prostu zamawiają duże ilości produktów. Wynika to z faktu, że oferowane diody sprzedawane są z podziałem na tzw. biny (Brightness Index Number), które niejednokrotnie zawierają diody z różnych subbinów. Niektórzy producenci starają się ułatwić pracę konstruktorów i dostawców, oferując dobrze przebadane diody, pogrupowane na biny o bardzo wąskiej specyfikacji. Coraz częściej powstają też konstrukcje diod tak dopracowane, aby rozrzut produkcyjny był praktycznie niezauważalny. Niemniej, wybierając białe diody trzeba się liczyć z tym, że natrafi się na problem „binowania”. Co więcej, może on dotyczyć nie tylko temperatury barwowej, ale przykładowo i jasności, czyli de facto skuteczności świetlnej w ramach jednej rodziny diod. Generalnie – im biny i subbiny mniejsze i ściślej określone, tym lepiej dla użytkownika, gdyż ma on większą pewność, że otrzyma produkty faktycznie podobne do siebie.

Diody do systemów oświetleniowych

Opisane powyżej cechy nowoczesnych diod LED pozwalają osiągnąć najbardziej spektakularne rezultaty w zastosowaniach oświetleniowych. To co jest w nich interesujące, to m.in. różnorodność aplikacji, w których diody LED dużej mocy mogą być użyte.

Wynika to po pierwsze z odmiennych obszarów zastosowań systemów oświetleniowych, jak i z bogactwa technik planowania oświetlenia w poszczególnych z tych pól.

Diody LED mocy są obecnie używane nie tylko jako zamienniki żarówek, lamp fluorescencyjnych i halogenowych wewnątrz budynków, ale też na zewnątrz, do oświetlenia elewacji, ulic i mostów. Ostatnio bardzo rozwijają się zastosowania w motoryzacji, gdzie diody LED zastępują nie tylko oświetlenie kabin pojazdów, ale również żarówki stosowane w reflektorach samochodowych. W każdym z tych zastosowań, inne cechy użytkowe źródeł światła stają się najważniejsze, a mimo to właśnie diody LED w ostatnim czasie okazują się optymalnymi elementami świecącymi do wszystkich tych aplikacji.

Przykładem nowoczesnych diod LED, które dobrze zastępują stosowane wcześniej żarówki halogenowe są układy XLAMP XM-L2 EasyWhite firmy Cree. Diody te mają wymiary 5× mm, płaskie podłoże i silnie wypukłą soczewkę. Mogą być zasilane napięciem 6 lub 12 V i pobierają nie więcej niż 13 W mocy, przy czym pozwalają wtedy na uzyskanie strumienia świetlnego w wysokości 1116 lm, czyli zbliżonego, jak w przypadku 50-watowych żarówek halogenowych. Przekłada się to na skuteczność świetlną na poziomie 85 lm/W, co jest bardzo dobrym rezultatem, jak na tak małe, ale mocne struktury. Co więcej, są one oferowane również w bardzo wąskich binach, również takich, w których współczynnik CRI przekracza 90 i dlatego mogą stanowić podstawę do tworzenia bardzo atrakcyjnych lamp LED-owych.

Bardzo dobrymi parametrami swoich produktów może też pochwalić się firma Citizen, która wprowadziła niedawno do oferty diody serii CITELED COB v2, cechujące się istotnie lepszą skutecznością świetlną niż układy poprzedniej generacji. Diody te składają się z dużych struktur, o rozmiarach nawet do 38 mm×38 mm i są przeznaczone właśnie do systemów oświetleniowych. Oferowane są w wielu odmianach,

NOTATNIK KONSTRUKTORA

różniących się nie tylko wielkością, ale też temperaturą barwową i współczynnikami odwzorowania barw, przy czym do najnowszych należą układy, które zapewniają wartość współczynnika Ra na poziomie 97.

Duże osiągnięcia w tej dziedzinie ma również firma Philips Lumileds, oferująca diody Luxeon, takie jak np., nowe produkty serii COB. Cechują się one skutecznością świetlną nawet przekraczającą 130 lm/W, przy napięciu zasilającym na poziomie 35,5 V. Diody te oferowane są w różnych wielkościach, w efekcie czego ich strumień świetlny wynosi od 1000 do ponad 7000 lm. Warto podkreślić, że nawet struktury o temperaturze barwowej równej 2700 K i współczynniku odwzorowania barw na poziomie 80, cechują się skutecznością świetlną równą 106 lm/W. To bardzo dobry wynik, jak na diody o tak ciepłej barwie.

Świetne rezultaty można też uzyskać stosując nowe diody firmy Seoul Semiconductor serii Acrich MJT. Przy niskich prądach ich skuteczność świetlna wynosi około 134 lm/W, a temperatura barwowa mieści się w zakresie od 2600 K do 3700 K, co odpowiada ciepłemu światłu. Diody te polecane są przede wszystkim do oświetlenia elementów architektonicznych, chodników oraz do budowy zamienników żarówek.

Do budowy tablic LEDowych

Zupełnie innym zastosowaniem LEDów jest budowa wielkoformatowych tablic informacyjnych. W tym przypadku kluczowe są wymiary diod, które muszą być jak najmniejsze, a zarazem powierzchnia emitująca światło musi pokrywać jak największą część powierzchni obudowy diody. Ważne staje się też, jaki kolor ma obudowa diody, gdy ta nie przewodzi prądu, dlatego produkty te są oferowane m.in. w wersjach z czarnymi, jak i z białymi obudowami.

Przykładem takich produktów są nowe diody DISPLIX firmy Osram, oferowane w ramach serii LRTB. Dostępne są w dwóch wersjach: GRIG z białą obudową i GRUG z obudową czarną. Są to kolorowe diody RGB z 6 wyprowadzeniami (obudowy PLCC-6), przystosowane do montażu SMT. Wymiary tych diod to 4,5 mm×4,5 mm×2,1 mm, a kąt emitowanego światła wynosi 120°. Co ważne, zostały one przystosowane nawet do pracy w temperaturze do +100°C (i od -40°C), co umożliwia na konstruowanie z nich tablic przeznaczonych do pracy na zewnątrz budynków.

Zasilanie LEDów

Opisane diody LED dużej mocy, pozwalają na uzyskanie znakomych rezultatów, czy to w zastosowaniach typowo oświetleniowych, czy w innych, o ile tylko zastosuje się odpowiednio wyrafinowane układy zasilające. Jasne diody LED dużej mocy, pomimo względnie wysokiej sprawności energetycz-



nej, wydzielają w trakcie pracy dużo ciepła, które trzeba jakoś odprowadzić. Ponieważ często się zdarza, że układ zasilania diod znajduje się zaraz przy samych strukturach LED, powstające ciepło wpływa też na temperaturę systemu zasilania. Ten natomiast musi być odpowiednio stabilny, by diody świeciły równomiernie i jednolicie.

Aby uzyskać taki efekt, diody LED mocy zasilają się stabilizując przepływający prąd, który bezpośrednio wpływa na jasność świecenia. Natężenie emitowanego światła, mierzone w lumenach, jest proporcjonalne do natężenia prądu, zatem producenci diod wiążą ich charakterystyki (natężenie, kształt wiązki, kolor) z określonym natężeniem prądu przewodzenia IF, a nie z napięciem przewodzenia VF. Większość scalonych zasilaczy dostarcza stałego napięcia, niezależnego od natężenia pobieranego prądu, a przystosowanie stabilizatora napięcia do dostarczania prądu o stałym natężeniu nie zawsze jest bezproblemowe. W przypadku zestawów więcej niż jednej LED zapewnienie każdej diodzie właściwego prądu jest trudne. Łączy się je zatem w szereg, uzyskując jednakowe zasilanie.

Ze względu na wydzielane ciepło, do zasilania LEDów dużej mocy praktycznie nie

nadają się stabilizatory liniowe. Weźmy za przykład liniowy stabilizator w obudowie TO-220, zasilający pojedynczą 1-watową diodę w samochodzie osobowym. Układ musi działać poprawnie w zakresie od 9 V do 17 V, a napięcie wyjściowe ma wynosić około 3,5 V. Przy stałym natężeniu 350 mA, w tranzystorze szeregowym wydziela się około 4 W mocy. Przyjmując typową rezystancję termiczną pomiędzy złączem a otoczeniem wynoszącą 50 K/W i mnożąc tę wielkość przez traconą moc, otrzymujemy temperaturę struktury półprzewodnikowej przekraczającą 200°C. Nawet przy temperaturze otoczenia 25°C, stabilizator liniowy wymagałby dużego i kosztownego radiatora. W rozważanej aplikacji przestrzeń jest ograniczona, a układ musi działać w temperaturze do 85°C, a ponadto na tej samej płytce drukowanej powinny znaleźć się również diody LED.

W związku z tym, ponieważ do zasilania omawianych LED-ów jest potrzebne źródło prądowe o wysokiej sprawności i małej mocy traconej, najlepszym wyborem będzie stabilizator impulsowy. A gdy napięcie wyjściowe jest niższe od wyjściowego, staje się on niezbędny.

Marcin Karbowniczek, EP

