

ChromaLit firmy Intematix

Rewolucyjna technologia białych lamp LED

Klasyczne technologie budowy lamp LED napotykać wiele trudności, które uniemożliwiają ciągle zwiększanie skuteczności świetlnej lamp diodowych oraz strumienia światła uzyskiwanego z jednostki powierzchni. Problemy te wynikają głównie, choć nie tylko, z ograniczonej zdolności rozpraszania ciepła ze struktury diody. Technologia ChromaLit opracowana przez kalifornijską firmę pozwala pokonać wiele z tych trudności i dzięki temu tworzyć białe lampy diodowe o niezrównanych dotąd parametrach.

W większości klasycznych białych diod LED, światło obserwowane powstaje na warstwie luminoforu napyłonego na strukturę (soczewkę) lub obudowę diody. Fotony o długości fali odpowiadającej barwie niebieskiej lub ultrafioletowi powodują wzbudzenie luminoforu, z którego emitowane jest światło białe. Technologia ChromaLit opiera się o wykorzystanie tej samej metody generacji światła, z tą różnicą że warstwa luminoforu fosforyzującego nie jest napyłona bezpośrednio na strukturę diody, ale oddalona od niej o pewną, niemalą odległość. Okazuje się, że podejście to cechuje się licznymi zaletami.

Idea ChromaLit

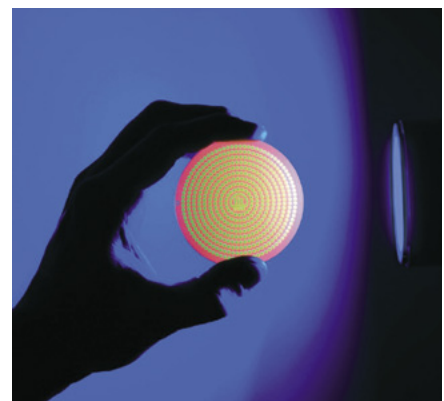
Konstrukcja białych lamp LED wykonanych w technologii ChromaLit różni się od klasycznych LED-ów głównie elementami mechanicznymi. Jako zasilane prądem elektrycznym źródło światła „pierwotnego” stosowane są niebieskie diody LED. Stanowią one swoiste źródło zasilania odseparowanej warstwy luminoforu, potocznie nazywanej fosforem. Ponieważ luminofor ChromaLit znajduje się w pewnej odległości od samej struktury, konieczne jest odpowiednie poprowadzenie niebieskiego światła od złącza diody do płytki z fosforem. W tym celu stosuje się tzw. komorę mieszania wykonaną z materiału odbijającego światło. Ma ona najczęściej kształt ściętego stożka, którego podstawę stanowi płytka z luminoforem. Ten natomiast wykonany jest z materiałów fosforyzujących, które pod wpływem niebieskiego światła powodują świecenie jednolitą, białą barwą we wszystkie strony. Fale skierowane w stronę obserwatora przechodzą jeszcze przez opcjonalne dodatkowe układy optyczne, które mogą nadawać im określoną barwę lub odpowiednio je kierować. Promienie powstające w kierunku struk-

tury są odbijane od lustrzanej powierzchni komory mieszania i również trafiają w kierunku obserwatora poprzez te same dodatkowe układy optyczne. Proces ten został przedstawiony na **rysunku 1**.

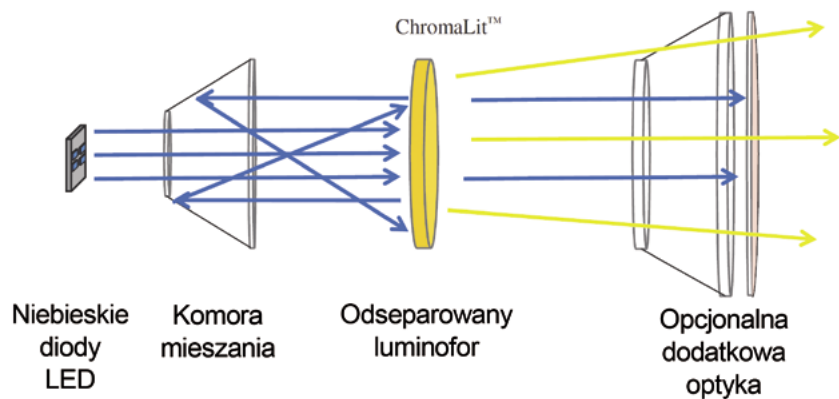
Szczegóły przemiany

W celu zapewnienia dużej skuteczności świetlnej omawianych diod LED, konieczny jest odpowiedni dobór parametrów struktury diody oraz warstwy fosforyzującej, a nawet dopasowanie elementów mechanicznych. Aby opisać szczegóły tego procesu, warto posłużyć się przykładem. Niebieska dio-

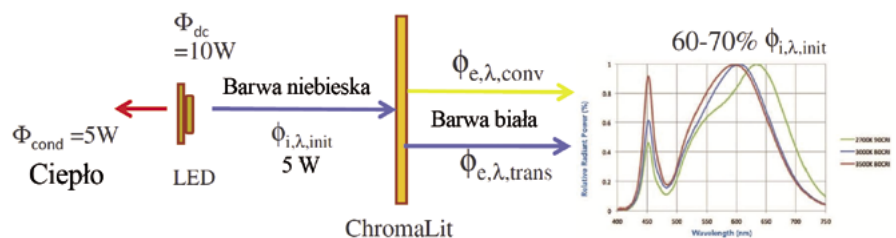
Dodatkowe informacje:
 Future Electronics Polska Sp. z o.o.,
 ul. Panieńska 9, 03-704 Warszawa,
 tel. 22 618 92 02, faks 22 618 80 50,
www.futureelectronics.com,
info-PL-future@futureelectronics.com



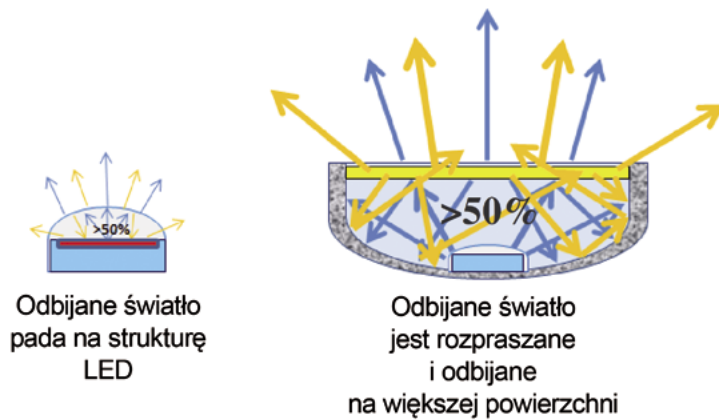
da LED zasilana jest prądem elektrycznym ze źródła, które dostarcza moc 10 W. Mniej więcej połowa z tej mocy zamieniana jest na ciepło i rozpraszana na strukturze diody. Pozostałe 5 W zamieniane jest na niebieskie



Rys. 1. Budowa lampy LED w technologii ChromaLit



Rys. 2. Straty mocy w trakcie pracy lampy LED w technologii ChromaLit



Odbijane światło pada na strukturę LED

Odbijane światło jest rozpraszane i odbijane na większej powierzchni

Rys. 3. Rozproszenie światła odbitego od warstwy fosforyzującej na większą powierzchnię powoduje wzrost skuteczności świetlnej lampy LED



Zbyt niska komora mieszania



Komora mieszania o odpowiednich rozmiarach

Rys. 4. Optymalna wysokość komory mieszającej powinna być dobrana z uwzględnieniem kąta świecenia zastosowanej struktury LED. Warstwa luminoforu ChromaLit umieszczana jest u zamknięcia komory

światło o ściśle określonej barwie. Światło to pada na warstwę luminoforu i w około 60-70% zamieniane jest na światło białe. Pozostała moc rozpraszana jest głównie w postaci ciepła generowanego na warstwie ChromaLit, a część niebieskiego światła przechodzi przez nią niezmienną. Zostało to zilustrowane na **rysunku 2**. Skuteczność konwersji światła niebieskiego na białe na luminoforze zależy zarówno od długości fali padającej na luminofor, jak i od jego temperatury oraz

oczywiście od samego rodzaju luminoforu. W praktyce technologia ta pozwala uzyskać do ok. 240 lumenów na cal kwadratowy.

Zalety technologii ChromaLit

Duża skuteczność świetlna białych lamp LED wykonanych w technologii ChromaLit wynika przede wszystkim ze zdecydowanie polepszonych chłodzenia struktury i warstwy luminoforu. Rozdzielenie ich od siebie sprawia, że wszystkie straty mocy, które objawiają się nagrzewaniem się lampy nie powstają w jednym miejscu, ale rozkładają się na kilka odseparowanych elementów. Przykładowo, gdyby napylić identyczną warstwę fosforyzującą bezpośrednio na strukturę LED, ok. 70% mocy dostarczanej z zasilacza rozpraszane byłoby na niej w postaci ciepła. W przypadku ChromaLit, tylko połowa mocy powoduje nagrzewanie się struktury. Pozostałe 20% oddawane jest w postaci ciepła na luminoforze. Tymczasem fakt, że luminofor ten jest napyłony na znacznie większą powierzchnię sprawia, że on sam również jest zdecydowanie lepiej chłodzony i nie nagrzewa się tak bardzo. Tymczasem sprawność zachodzącej w nim przemiany spada właśnie ze wzrostem temperatury, a więc możliwość utrzymania go w temperaturze pokojowej zwiększa sumaryczną skuteczność świetl-

ną lampy LED-owej. Oczywiście, obniżenie temperatur pracy struktury i warstwy luminoforu znacząco wydłużają ich żywotność, a więc też pozytywnie wpływają na niezawodność.

Korzystne okazuje się również zastosowanie dużej komory mieszania. Im jest ona większa, tym światło odbijane od warstwy fosforu pada na większą powierzchnię, mniej ją nagrzewając. W przypadku klasycznych diod LED, światło odbite od napyłonego na diodę luminoforu trafia z powrotem w strukturę, która nie jest przystosowana do odbijania go, a więc prowadzi do większych strat i dodatkowego wzrostu temperatury (**rysunek 3**). Oczywiście, zbyt duża komora mieszania też byłaby niepożądana – szczególnie gdyby była zbyt głęboka. Powodowałaby ona nadmierną liczbę odbić światła od ścianek (**rysunek 4**).

Idealne struktury

Liczne badania przeprowadzone przez firmę Intematix dowodzą, że długość fali niebieskiego światła generowanego przez strukturę LED będącą podstawą lamp LED-owych wykonanych w technologii ChromaLit powinna mieścić się w zakresie od 450 do 460 nm. Diody o tej barwie często są określane mianem „Royal Blue”. Długością dominującą powinno być 455 nm, dla której to wynikowa skuteczność świetlna jest największa. Precyzyjny dobór struktur do diod LED ChromaLit możliwy jest poprzez selekcję odpowiedniego kosza (bin) diod oferowanego przez producenta. Przykładowo, firma Intematix dostarcza projekty referencyjne, w których używane są struktury Philips Lumiled Luxeon Rebel ES z koszy barw 4 i 5 i kosza strumienia K (od 900 do 1000 mW mocy świetlnej).

Warto zauważyć, że sprawność przemiany zachodzącej na luminoforze jest wprost proporcjonalna do długości fali w zakresie od 450 nm do 463 nm i różni się o ok. 7% pomiędzy wartościami skrajnymi (**rysunek 5**). Mimo to, zaleca się używanie diod o domi-

REKLAMA

RK-SYSTEM®
www.rk-system.com.pl

Profesjonalne narzędzia dla elektroników i programistów

- uniwersalne programatory układów scalonych
- analizatory stanów logicznych
- oscyloskopy cyfrowe
- systemy do wyważania i pomiaru drgań
- oprogramowanie CAD, CAM, CAE
- emulatory, symulatory, debugery dla różnych rodzin procesorów
- kompilatory C/C++ dla różnych rodzin procesorów
- szkolenia w zakresie FPGA, VHDL
- narzędzia na procesory sygnałowe DSP
- projektujemy, produkujemy, szkolimy, dystrybuujemy

05-825 Grodzisk Maz., ul. Chełmońskiego 30, tel. (022) 724 30 39, 792 05 18, fax (022) 724 30 37

RAISONANCE Innovative Development Tools | IAR SYSTEMS | SPECTRUM DIGITAL

Tabela 1. Charakterystyka wybranych luminoforów ChromaLit

Oznaczenie barwy	CCT [K]	Spójność kolorów		CRI	Kąt obserwacji	Sprawność konwersji [lm/Wrad] przy 25°C		Sprawność konwersji [lm/Wrad] przy 80°C	
		SDCM	CCT [K]			Minimalna	Typowa	Minimalna	Typowa
CL-827	2700	3	±70	80	115°	165	180	160	175
CL-927	2700	3	±70	90	115°	145	160	140	155
CL-830	3000	3	±90	80	115°	185	200	180	195
CL-930	3000	3	±90	90	115°	155	165	150	160
CL-835	3500	3	±110	80	115°	190	205	186	200
CL-840	4000	3	±120	80	115°	195	210	190	205
CL-750	5000	4	±170	70	115°	215	230	221	225

Legenda: CCT (Colerated Color Temperature) – temperatura barwowa
 SDCM (Standard Deviation of Color Matching) – odchylenie standardowe dopasowania koloru
 CRI (Color Rendering Index) – współczynnik odwzorowania barw

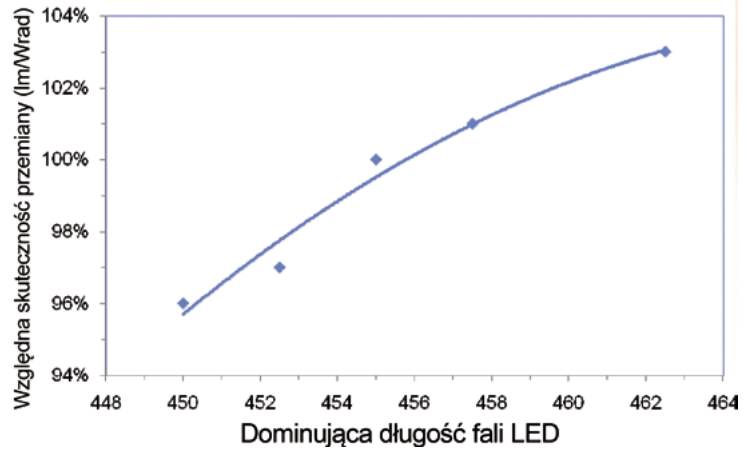
nującej długości fali na poziomie 455 nm, gdyż cechują się one największą wydajnością i w związku z powyższym, pozwalają uzyskać większą skuteczność świetlną całej lampy, niż gdyby użyć diod o długości fali 463 nm.

Wybierając konkretny kolor, warto też wziąć pod uwagę przewidywane temperatury pracy. W przypadku diod Lumiled Luxeon Rebel ES, dominująca długość fali wzrasta o 0,04 nm/°C, w efekcie czego, jeśli złącze diody ma się nagrzewać do temperatury 60°C, jej długość dominującej fali wzrośnie o 2,4 nm w stosunku do wartości nominalnej. Dlatego dla lamp które mają pracować z wyższymi temperaturami, warto korzystać z kosza 4, a dla lamp pracujących w chłodniejszych warunkach, optymalnym wyborem będą diody z kosza 5 wymienionej serii Luxeona.

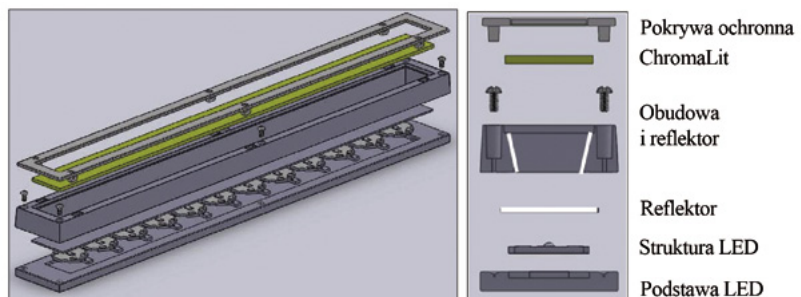
Luminofory ChromaLit

Firma Intematix oferuje luminofory w postaci płytek, które mogą być umieszczone, zgodnie z rysunkiem 1 i w ten sposób posłużyć do samodzielnego stworzenia gotowych lamp LED. W rzeczywistości płytki są dostępne w rozmiarach od 4 do około 6000 cm kwadratowych (pełna ramka) i kształtach (koła, kwadraty, linie, prostokąty, a nawet trójwymiarowe stożki i kopuły o różnej krzywiznie), a ponadto różnią się parametrami fizykochemicznymi. Wybór konkretnego luminoforu decyduje o temperaturze barwowej i odwzorowaniu kolorów całego modułu lampy. Ponadto, różnią się one sprawnością konwersji. Należy przy tym zaznaczyć, że producent podaje sprawność w jednostkach lm/Wrad. Wynika to z faktu, że firma Philips Lumileds deklaruje strumień diod Royal Blue w jednostkach radiometrycznych. Aby uzyskać wynikową skuteczność świetlną lampy LED konieczne jest uwzględnienie sprawności diody, która w tym przypadku wynosi najczęściej od 45% do 50%. Oznacza to, że wyrażona w lumenach na Wat skuteczność lamp z wymienionymi w tabeli 1 luminoforami wynosi mniej więcej połowę wartości podanych w ostatnich czterech kolumnach tej tabeli.

Luminofory ChromaLit są przystosowane do pracy w zakresie temperatur od -40



Rys. 5. Znormalizowana skuteczność pracy luminoforu w zależności od długości fali zasilającej go



Rys. 6. Sposób montażu luminoforu ChromaLit

do +95°C, ale producent zaleca by przechowywać je w temperaturze nie wyższej niż +85°C. Lampy zbudowane w oparciu o te luminofory mogą pracować przez 50 tysięcy godzin w temperaturze 85°C, bez istotnego spadku jasności. Zmiana barwy w tym okresie nie powinna przekroczyć 7 SDCM.

Płytki z luminoforem wykonywane są z poliwęglanu o grubości 2,1 mm. Ich błyszcząca powierzchnia powinna być skierowana w stronę obserwatora, w matowa – w kierunku struktury LED. Zasady stosowania luminoforów ChromaLit są niezależne od ich kształtu (rysunek 6).

Producent zaleca też wykonywanie komór mieszania z materiałów takich jak mikrokomórkowy politereftalan polietylenu, który jest łatwy w obróbce. W odmianie MC-PET produkowanej przez firmę Furukawa Electric, wytrzymuje temperaturę

177°C i odbija 99% światła. Alternatywnie, gdy przewidywane są wyższe temperatury pracy, zalecane jest użycie ceramicznego materiału CerFlex TECH, który wytrzymuje niemal 1000°C i odbija 99,2% światła.

Podsumowanie

Zastosowanie technologii ChromaLit pozwala tworzyć bardzo wydajne i nieznacznie nagrzewające się białe lampy LED w oparciu o niebieskie diody. Sprawność tego typu konstrukcji jest nawet o 30% wyższa niż ich odpowiedników wykonywanych w tradycyjny sposób, a szeroki wybór płytek z luminoforem, umożliwia ich precyzyjny dobór do aplikacji. Świetnie nadają się do oświetlenia punktowego oraz do tworzenia świecących listew, a także tzw. żarówek LED.

Marcin Karbowniczek, EP