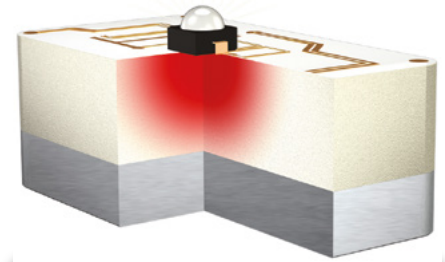


Chłodzenie LED średniej i dużej mocy: jak to się robi i dlaczego jest to ważne?

Systemy oświetlenia LED-owymi źródłami światła coraz podbijają rynek, co tworzy konstruktorom urządzeń elektronicznych nowe obszary aplikacyjne i – w konsekwencji – wiele wyzwań konstrukcyjnych i edukacyjnych, co jest skutkiem powszechnie ignorowanych wymogów stawianych elementom otoczenia LED. Dokładne ich zrozumienie nie jest prostym zadaniem, bo na tym rynku ciągle panuje „Dziki Zachód”, co prawda pozbawiony kowbojów w kapeluszach i butach z ostrogami, ale z ówczesnymi regułami...



Redakcja Elektroniki Praktycznej dziękuje firmie Tespol (www.tespol.com.pl) za udostępnienie kamery termowizyjnej Ti200 firmy Fluke.

Porównanie podstawowych cech i parametrów różnych źródeł światła (na podstawie danych opublikowanych przez amerykański Departament Energetyki) pokazano na **ryśunku 1**. Jak widać, szacowany łączny roczny koszt eksploatacji LED-owego źródła światła jest znacznie niższy niż rozwiązań konkurencyjnych, co wynika z założonej podczas szacunkowych obliczeń ogromnej trwałości LED – sięgającej jak widać 50000 h pracy. Jak osiągnąć tak dobry wynik?

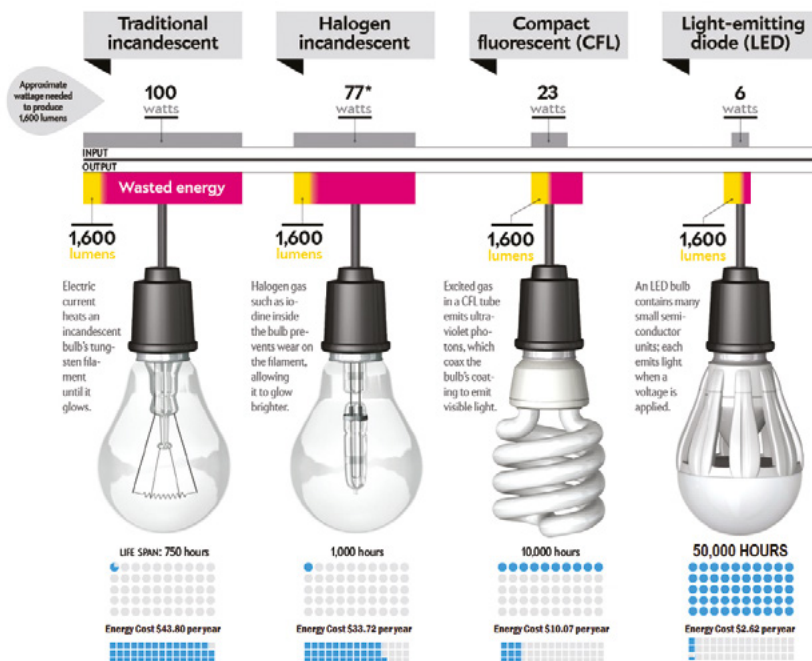
W powszechnym mniemaniu LED-y są energooszczędnymi, wysokosprawnymi, trwałymi, niezawodnymi, odpornymi

na udary mechaniczne, do tego szybko taniejącymi źródłami światła dobrej jakości. Tak w rzeczywistości jest w większości przypadków, ale uzyskanie w realnej eksploatacji tak dobrych wyników jest możliwe pod kilkoma warunkami, z których jeden – zapewnienie dobrych warunków do odprowadzania ciepła z obudowy LED – omówimy w artykule.

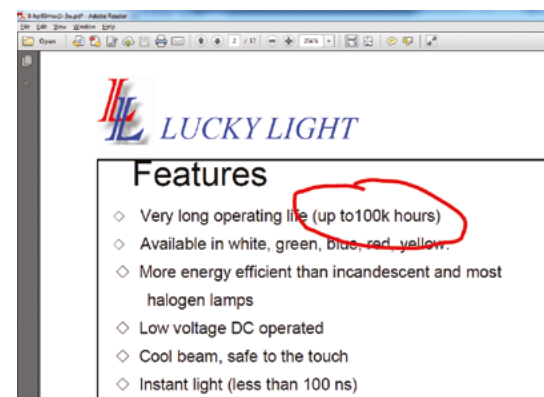
Wielu konstruktorów planujących aplikowanie LED średniej i dużej mocy w swoich opracowaniach z wiarą bazuje na propagowanych przez producentów komunikatach sygnalizujących, że LED-y są elementami „energooszczędnymi”, „wysokosprawnymi”

i „niezwykle trwałe” (tu się zazwyczaj pojawia liczba 50000 czy nawet 100000 godzin ciągłej pracy). Te popularne przekazy są w znacznym stopniu prawdziwe, ale nie oznaczają, że wszystkie LED osiągają tak dobre wyniki, do tego w każdych warunkach.

Niestety w praktyce tak dobrze nie jest. Jednym z czynników najbardziej szkodliwych dla trwałości LED i utrzymania przez nie wartości strumienia świetlnego jest temperatura struktury półprzewodnikowej emitującej światło. Struktury LED grzeją się zdecydowanie mniej niż ma to miejsce w przypadku źródeł żarowych czy nawet CFL, ale ilość wytwarzanego ciepła jest na tyle duża, że konstruktorzy, którzy problem bagatelizują szybko przekonują się, że źle chłodzone LED są elementami o niskiej trwałości, małej niezawodności, do tego emitującymi światło o szybko malejącym strumieniu.



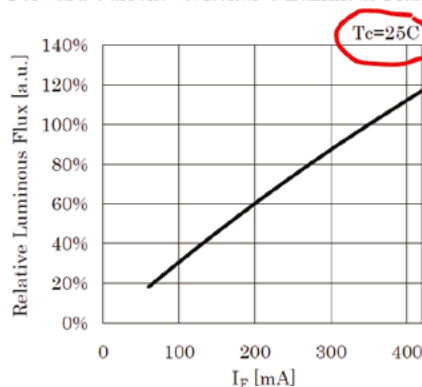
Rysunek 1. Porównanie cech i parametrów różnych źródeł światła (dane amerykańskiego Departament Energetyki)



Rysunek 2. Przykład „optymistycznej” deklaracji producenta: z danych opublikowanych w nocie katalogowej nie wynika co trzeba zrobić, żeby LED rzeczywiście poświecił 100000 h



Forward Current vs. Relative Luminous Flux



Rysunek 3. Przykład nierealnych założeń termicznych, które utrudniają oszacowanie prawdziwej trwałości LED

Producenci LED zazwyczaj manipulują oficjalnie podawanymi danymi katalogowymi w taki sposób, żeby wykazać wyższość oferowanych wyrobów nad opracowaniami konkurencji (rysunek 2), w związku z czym dotarcie do konkretnych informacji – typu „jak wysoka może być temperatura struktury, nie wpływająca destrukcyjnie na żywotność lub trwałość LED?” – wymaga uważnego studiowania wykresów i danych podawanych w tabelach not katalogowych.

Co wynika z zazwyczaj podawanych danych? W notach katalogowych mniej znanych producentów uwaga użytkownika jest zazwyczaj zwracana na duży strumień świetlny i długotrwałość funkcjonowania, przy czym producenci bardzo chętnie zakładają optymistyczne warunki pracy LED, jak na przykład temperatura obudowy wynosząca +25°C (rysunek 3) czy też przyjęcie +25°C jako temperatury referencyjnej, ale nie wiadomo do czego ta wartość się odnosi (rysunek 4).

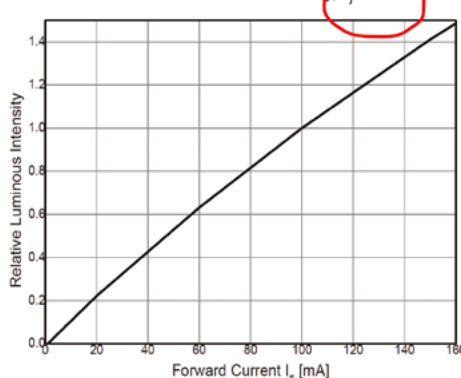
Podobnych przykładów można mnożyć bez końca, przy czym warto zwrócić uwagę

ELECTRIC-OPTICAL CHARACTERISTICS FOR LUMINOUS INTENSITY

ITEM	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNIT
HPR40E-19K50BW	IV	IF=1750mA		3250		lm
HPR40E-19K50W				3250		
HPR40E-19K50NW				3175		
HPR40E-19K50YW				2925		

Rysunek 4. „Błąd” w notce katalogowej jednego z producentów LED, znacznie zwiększający możliwość popełnienia błędu podczas dobierania LED do aplikacji

Forward Current vs. Relative Luminous Intensity, $T_j = 25^\circ\text{C}$



Rysunek 5. Inny przykład manipulacji danymi katalogowymi (założona nierealnie niska temperatura złącza LED)

Product Selection for LUXEON Z Emitters
Junction Temperature = 85°C

Table 3. LUXEON Z

Part Number	Nominal CCT	Min CRI	500mA				700mA		
			Min. Flux (lm)	Typical Flux (lm)	Typical Vf (V)	Typical Efficacy (lm/W)	Typical Flux (lm)	Typical Vf (V)	Typical Efficacy (lm/W)
LXZ1-2780-y	2700K	80	100	115	2.80	82	147	2.85	74
LXZ1-3080-y	3000K	80	110	124	2.80	89	159	2.85	80
LXZ1-3580-y	3500K	80	110	124	2.80	89	159	2.85	80
LXZ1-4080-y	4000K	80	120	130	2.80	93	166	2.85	83
LXZ1-4070	4000K	70	120	134	2.80	96	172	2.85	86
LXZ1-5070	5000K	70	130	148	2.80	106	189	2.85	95
LXZ1-5770	5700K	70	140	152	2.80	109	195	2.85	98
LXZ1-6565	6500K	65	140	154	2.80	110	197	2.85	99

Notes for Table 3:

- All LUXEON Z emitters above are tested and binned at 500mA/85°C.
- Philips Lumileds maintains a tolerance of +6.5% on luminous flux and +2 on CRI measurements.
- In the part number the -y is the designation for the color requirement. On 80 CRI versions -3 designates 3 SDCM and -5 designates 5 SDCM. 7i designation and all parts are binned within a 5 step SDCM.

Rysunek 6. Po tym można poznać wysoką jakość oferowanych LED: wartości parametrów są definiowane dla realnej temperatury pracy złącza LED (LUXEON Z firmy Philips Lumileds)

na to, że marketing manipulacyjny jest narzędziem stosowanym głównie przez firmy o małej renomie, renomowani producenci LED nie pozwalają sobie na tego typu wybiegi. Przykładem definicji parametrów pozornie podobnej do przedstawionej na rys. 4, ale bliższej rzeczywistości, jest wykres pokazany na rysunku 5. Niektórzy producenci – jest to jednak niezwykle rzadkie zjawisko – podają parametry dla realnych warunków pracy LED (np. przy założeniu temperatury struktury wynoszącej +85°C – rysunek 6 (Philips Lumileds) a nawet +100°C (Osram) – rysunek 7), co jest dowodem nie tylko wysokiej kultury technicznej ale i zaawansowania technologicznego producenta.

Producenci dbający o przekazanie kompletnych merytorycznie danych technicznych

należą na rynku – niestety – do mniejszości, co wynika zarówno z bardzo wysokich wymogów technologicznych stawianych nowoczesnym LED dużej i średniej mocy, jak i heroicznej walki o minimalizację cen podzespołów.

Standaryzacja parametrów LED zależnych od temperatury (czyli niemal wszystkich)

Minimalizację bałaganu i możliwości manipulowania publikowanymi parametrami LED średniej i dużej mocy podjęło kilka



organizacji, ale obecnie najpopularniejszym standardem oceny trwałości LED jest przyjęty przez Illuminating Engineering Society of North America zestaw reguł oznaczony

symbolem LM-80. Został on dokładnie zdefiniowany i – co ważne z punktu widzenia rzeczywistych aplikacji – bazuje na pomiarach w realnych warunkach. LM-80 określa

trwałość wartości strumienia świetlnego emitowanego przez LED w zadanych warunkach, niezależnie od przyczyny jego degradacji. Ponieważ jego wartość jest zależna od temperatury struktury (choć nie tylko – rysunek 8), zestaw testów LM-80 jest dobrym wskaźnikiem oceny także termicznych warunków pracy struktury. Zgodnie z wymogami LM-80 6-krotnie, co 1000 h ciągłej pracy, wykonywany jest pomiar wartości strumienia świetlnego co pozwala uzyskać zstandardyzowane wyniki, jakich przykład pokazano na rysunku 9. Widoczna na rysunku czerwona linia jest ekstrapolacją uzyskanych wyników pomiarów zgromadzonych w ciągu 6000 h testów, która pozwala statystycznie oszacować kolejny parametr powiązany z chłodzeniem LED – L70. Wartością tego parametru jest szacowana liczba godzin świecenia LED do chwili osiągnięcia strumienia świetlnego o wartości 70% początkowej.

Version 1.0

GW P9LR31.CM

Ordering Information
Bestellinformation

Type:	Color Temperature	Luminous Flux	Ordering Code
Typ:	Farbtemperatur	Lichtstrom	Bestellnummer
GW P9LR31.CM-NSNU-40S5	4000	359 ... 450	Q65111A7160
GW P9LR31.CM-NRNT-35S5	3500	330 ... 419	Q65111A7161
GW P9LR31.CM-NRNT-30S5	3000	330 ... 419	Q65111A7162
GW P9LR31.CM-NQNS-27S5	2700	304 ... 390	Q65111A7163

Rysunek 7. Kolejny przykład poważnego podejścia do odbiorców: producent nie boi się weryfikacji swoich LED w realnej temperaturze pracy (DURIS S8 firmy Osram)

REKLAMA

MATERIAŁY TERMOPRZEWODZĄCE

Wentylatory AC / DC

Wentylatory AC:

- 115V, 230V
- 60x60 mm- 280x280 mm

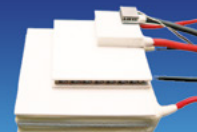
Wentylatory DC:

- 5V, 12V, 24V, 48V
- 25x25 mm - 120x120 mm
- bryzgoszczelne i olejoodporne



Moduły Peltiera

- mikromoduły
- moduły 1 stopniowe
- moduły 2 stopniowe
- moduły generacyjne
- moduły uszczelniane silikonem



Materiały termoprzewodzące

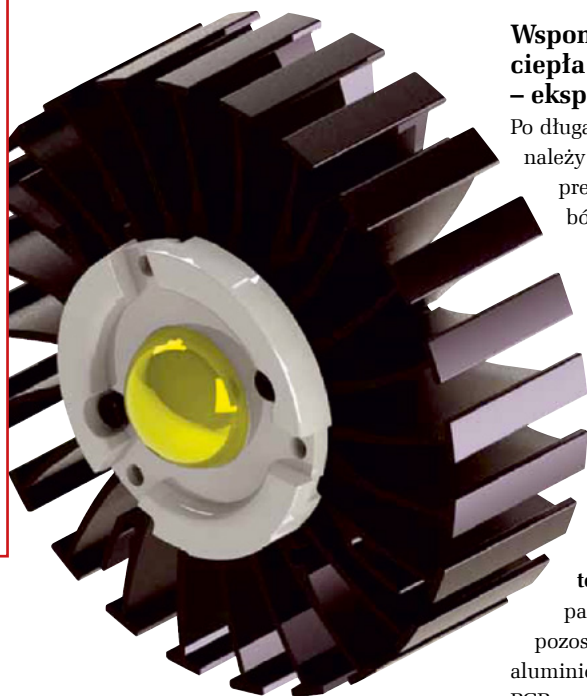
- pasty, kleje i zalewy termoprzewodzące
- podkładki grafitowe
- podkładki Al2O3
- podkładki żelowe
- materiały kompozytowe

Zapraszamy za targi AUTOMATICON
w dniach 17 - 20 marca 2015, Hala 3, Stoisko F14



www.semicon.com.pl

SEMICON SP. Z O.O., Warszawa, ul. Zwolerska 43/43A, tel. 22/615 73 71, info@semicon.com.pl
ZAKŁAD PRODUKCYJNY: ul. Ezopa 71a, tel. 22/612 67 92, SZABLONY: tel. 22/615 27 05



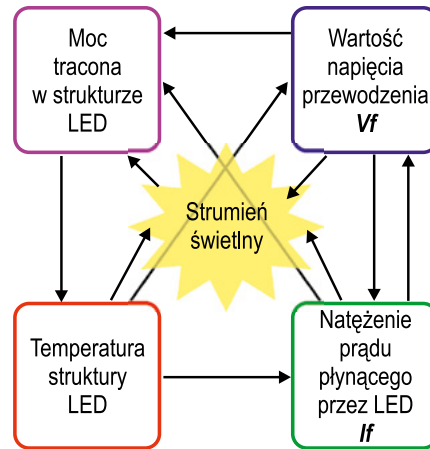
Metoda ekstrapolacji także została zestandaryzowana, nosi oznaczenie TM-21 i bazuje na równaniu Arrheniusa, które wiąże ze sobą częstość drgań cieplnych z energią aktywacji cząsteczek testowanego materiału oraz temperaturą, w której obserwujemy próbkę.

Pomiary wartości strumienia świetlnego są wykonywane dla trzech temperatur obudów: 55°C, 85°C oraz dowolnej wyższej, wybranej przez producenta. Na **rysunku 10** pokazano fragment raportu z pomiarów diod mocy firmy Edison, w którym wyraźnie zaznaczono temperatury pracy testowanych egzemplarzy, przy czym podano zarówno temperatury punktów kontrolnych LED (zazwyczaj jedno, wyróżnione wprowadzenie), jak i otoczenia.

Wspomaganie odprowadzenie ciepła ze struktur LED – eksperymenty

Po długawym wstępie, którego znaczenia nie należy jednak lekceważyć, zajmiemy się prezentacją najpopularniejszych sposobów wspomaganie chłodzenia LED.

Zacniemy od przykładu analizowanego w redakcyjnym laboratorium: przygotowaliśmy trzy testowe paski laminatu, na każdym zamontowano 12 LED w obudowach 5630, produkowane przez firmę Seoul Semiconductor (STW9Q14C, charakteryzujące się emisją światła o dużej wierności reprodukcji kolorów i prądzie przewodzenia 100 mA) – **fotografia 11**. Jeden z przygotowanych pasków wykonano na laminacie FR4, pozostałe dwa na laminacie z rdzeniem aluminiowym (AIPCB). Pola montażowe PCB wszystkich LED zaprojektowano w taki sposób, że pocynowane pola miedzi spełniają rolę niewielkich, płaskich radiatorów (**rysunek 12**), które mają za zadanie ułatwić odprowadzanie ciepła z obudowy LED. Diody zostały połączone w cztery równoległe sekcje,

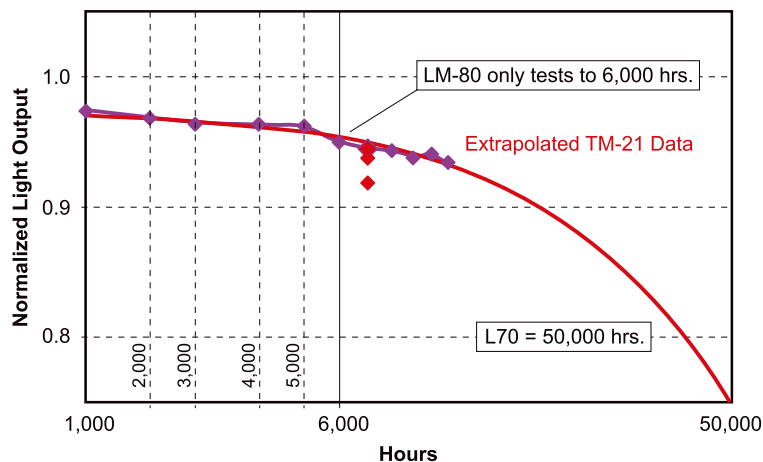


Rysunek 8. Uproszczone zależności pomiędzy parametrami LED, mającymi wpływ na emitowany strumień świetlny (temperatura złącza – pośrednio lub bezpośrednio – ma znaczenie zawsze)

każda składająca się z trzech szeregowo połączonych LED z rezystorami ograniczającymi prąd do wartości 80 mA (ważne: diody podczas testów pracują na zaledwie 80% swoich możliwości!).

Bezstykowe pomiary temperatury obudowy LED (w bezpośredniej okolicy struktury) wykazały, że obudowy diod montowanych na laminacie FR4 (z lewej strony **rysunku 13**) osiągają temperaturę blisko +100°C! Temperatura obudów LED pracujących w takich samych warunkach, ale montowanych na laminacie z rdzeniem aluminiowym nie przekracza +66°C (**rysunek 14**). Wynik zdecydowanie lepszy, ale trudny do poprawienia bez dodatkowych zabiegów, bowiem niewielka szerokość paska laminatu, duża gęstość upakowania LED (co 1 cm) oraz grzejące się rezystory ograniczające natężenie prądu płynącego przez LED (rozmessezone co 3 cm), powodują łącznie trudne warunki termiczne.

Wstępne wyniki z pomiarów pokazują, że stosowanie jako podłoża do montażu LED laminatów epoksydowych nie jest dobrym rozwiązaniem, oczywiście przy założeniu, że zależy nam na wysokiej trwałości budowanego systemu oświetleniowego. Dlatego



Rysunek 9. Przykładowe wyniki pomiarów zgodne ze standardem LM-80

dalszym testom poddamy wyłącznie paski LED montowanych na ALPCB. Będą one polegały na zastosowaniu dodatkowego radiatora, mocowanego – za pomocą specjalnych, dwustronnych taśm klejących, przewodzących ciepło – do spodniej (aluminiowej) części płytki z zamontowanymi LED.

Na **rysunku 15** przedstawiamy zdjęcie wykonane za pomocą kamery termowizyjnej, na którym widać, że temperatura złącza LED wynosi ok. +40°C. Jest to zdjęcie paska wykonanego ALPCB wklejonego za pomocą dwustronnej, termoprzewodzącej taśmy klejącej w walcowany profil aluminiowy (polskiej

produkcji, z oferty firmy Kluś, typu LIPOD, ref. B5554). Profile tego typu są często stosowane jako elementy konstrukcyjne lamp w różnego rodzaju rozwiązaniach architektonicznych. W prezentowanym przykładzie użyto taśmy klejącej AGT-153 (AG Termopasty) z klejem umieszczonym po obydwu jej stronach (**fotografia 16**). Deklarowana przez producenta przewodność cieplna tej taśmy wynosi 1,5 W/mK, która to wartość jest zbliżona do przewodności cieplnej żelbetonu (1,6-1,8 W/mK). Pomimo tego udało się uzyskać znaczne obniżenie temperatury LED (z +65,6°C do ok. +40°C). Alternatywnym, ale droższym, rozwiązaniem bazującym na ofercie firmy AG Termopasty jest użycie taśm lepiej przewodzących ciepło, jak na przykład AGT-159 (6 W/mK).

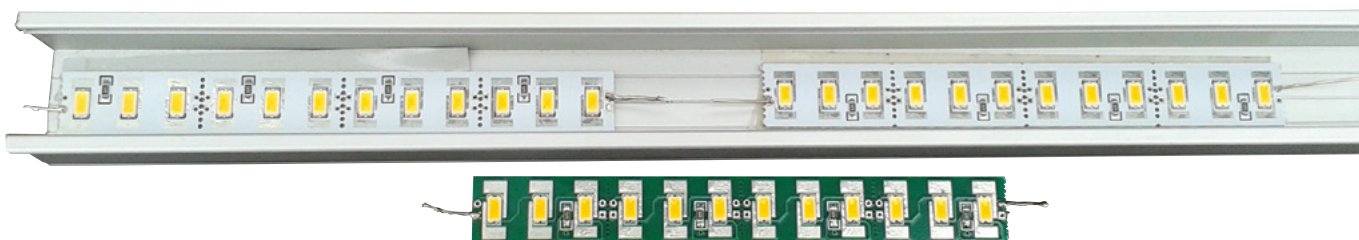
Wynik kolejnego eksperymentu jest jeszcze bardziej – jak widać na **rysunku 17** – zachęcający. W tym przypadku pasek z LED zamontowanymi na ALPCB wklejono w profil LIPOD za pomocą dwustronnie pokrytej klejem taśmy termoprzewodzącej 8940 firmy 3M, która ma co prawda nie najlepszą przewodność cieplną (0,4 W/mK), ale jest

EDISON OPTO Laboratory Test Report

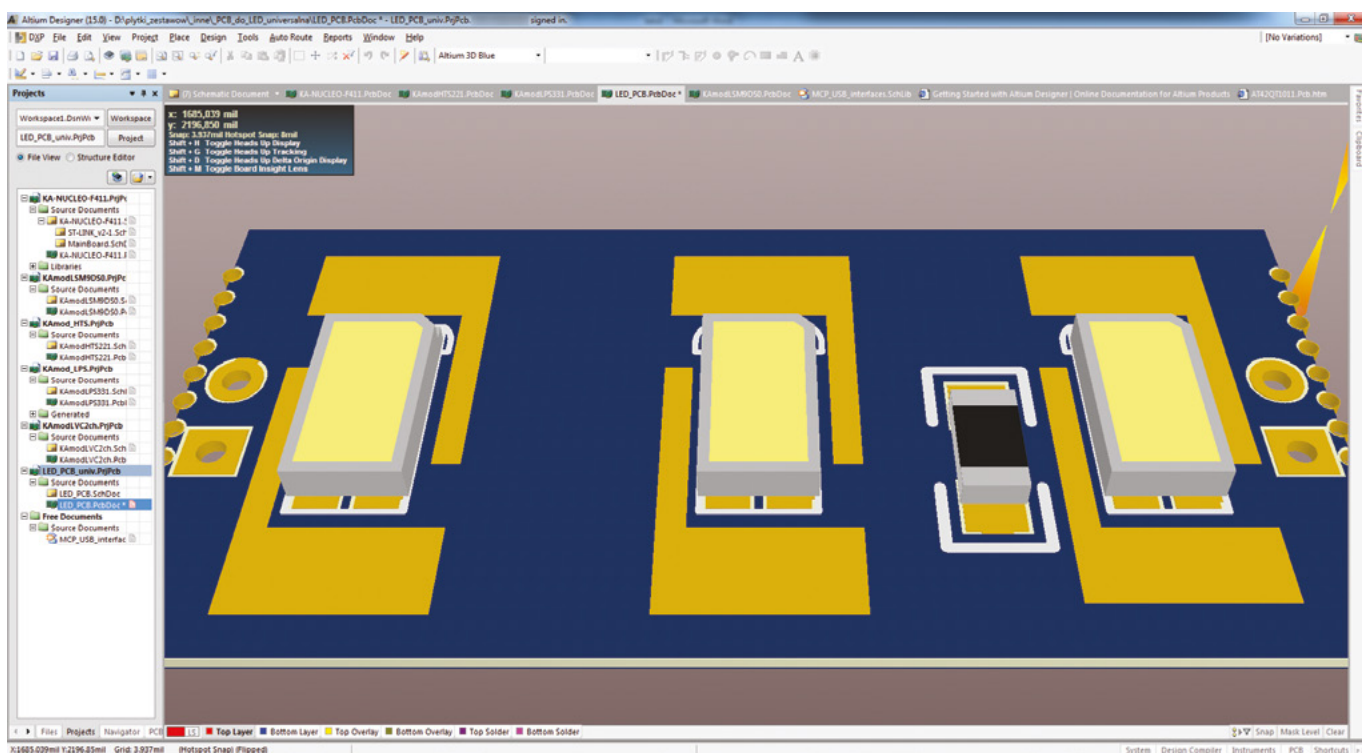
1. Test Summary

Case temperature (Ts)	53°C ≤ Ts	68°C ≤ Ts	83°C ≤ Ts	103°C ≤ Ts
Ambient conditions (T _A)	50°C ≤ T _A R.H. < 65 % Minimized airflow	65°C ≤ T _A R.H. < 65 % Minimized airflow	80°C ≤ T _A R.H. < 65 % Minimized airflow	100°C ≤ T _A R.H. < 65 % Minimized airflow
Sample Size	10	10	10	10
Drive current of the LED	720mA	720mA	720mA	720mA
Initial flux (lm) / V _i (V)	2641.9 / 36.9	2637.2 / 36.9	2629.1 / 36.9	2649.7 / 37.5
Lumen maintenance at 7000 hrs	98.33% Page 5	96.36% Page 7	96.01% Page 9	98.17% Page 11
LED failure	0	0	0	0
Monitoring interval (hrs)	0,1000,2000,3000,4000,5000,6000,7000			0,1000,2000,3000
Chromaticity shift	Page 6	Page 8	Page 10	Page 12

Rysunek 10. Fragment raportu z pomiarów diod mocy firmy Edison, w którym wyraźnie zaznaczono temperatury pracy testowanych egzemplarzy



Fotografia 11. Testom poddaliśmy trzy paski LED z 12 diodami Seoul Semiconductor STW9Q14C każdy. Zielona płytka jest wykonana z laminatu FR4, widoczne białe płytki mają rdzeń aluminiowy



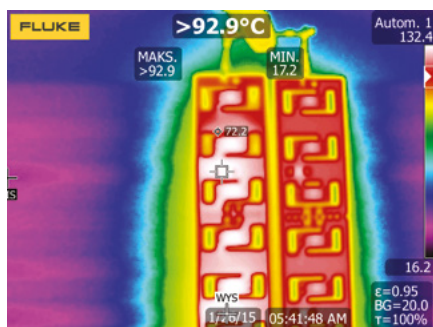
Rysunek 12. Render 3D projektu jednej sekcji testowanych PCB – footprinty LED mają niewielkie radiatory pokryte stopem lutowniczym, dołączone termicznie do radiatorów LED (ułożonych w dolnej częściach obudów)

WYBÓR KONSTRUKTORA

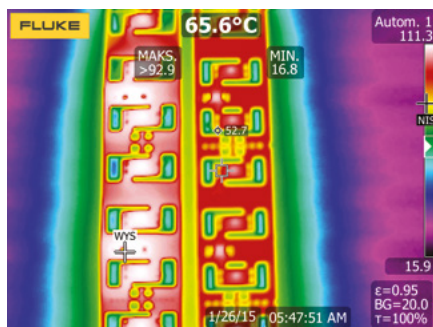
mechanicznie bardzo odporna, dzięki czemu jej grubość wynosi zaledwie 0,19 mm. Przy tak małej grubości ciepło jest odprowadzane do profilu aluminiowego nie tylko przez taśmę klejącą, ale także przez podgrzane powietrze opływające LED, co zwiększa wypadkową skuteczność odprowadzenia ciepła.

Podstawowe zasady dobrego projektowania

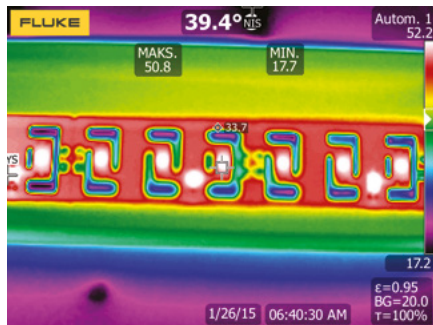
Eksperymenty przeprowadzone w naszym laboratorium potwierdziły, że podczas



Rysunek 13. Wynik bezstykowego pomiaru temperatury LED STW9Q14C zasilanej prądem 80 mA, zamontowanej na PCB wykonanej z laminatu FR4 (ok. +93°C)



Rysunek 14. Wynik bezstykowego pomiaru temperatury LED STW9Q14C zasilanej prądem 80 mA, zamontowanej na PCB wykonanej z rdzeniem aluminiowym (ok. +66°C)



Rysunek 15. Wynik bezstykowego pomiaru temperatury LED STW9Q14C zasilanej prądem 80 mA, zamontowanej na PCB wykonanej z rdzeniem aluminiowym (ok. +40°C). Pasek LED został przyklejony do profilu aluminiowego za pomocą dwustronnej taśmy samoprzylepnej (AGT-153 z oferty AG Termopasty)

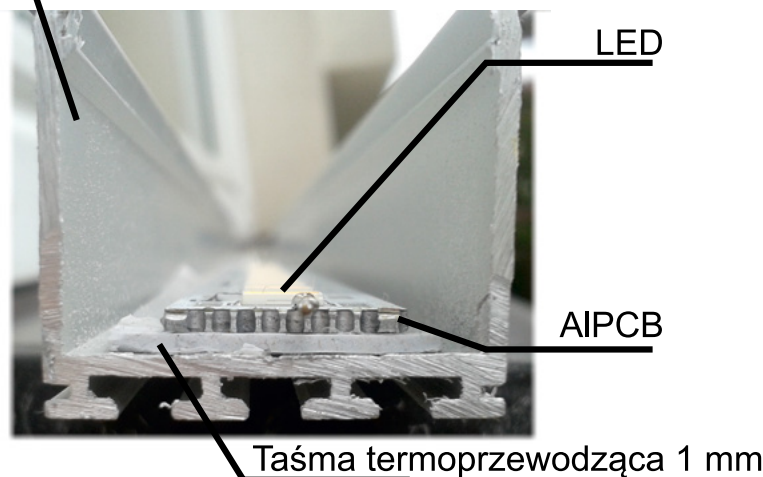
projektowania płytek dla LED mocy konieczne jest umożliwienie odprowadzenia ciepła ze struktur LED, z czego chętnie – ponieważ to kosztuje – rezygnują producenci takich rozwiązań. Doskonale to widać m.in. w cenach i budowie dostępnych na rynku fabrycznych retrofitów żarówek halogenowych lub świetlówek: tanie niemal zawsze są wykonywane na malowanym na biało laminacie epoksydowym, co na pewno odbije się na długości ich prawidłowego funkcjonowania.

Podstawą dobrze przygotowanych projektów z LED mocy jest użycie obwodów drukowanych z podłożem aluminiowym. Płytki wykonane w tej technologii są pokryte miedzią tylko z jednej strony, na której rozmieszczone są ścieżki i zamontowane elementy (fotografia 18). Tworzy to poważne ograniczenia konstrukcyjne, bo nie każdy projekt da się sensownie wykonać na 1-stronnej PCB, do tego bardzo trudne (czytaj: kosztowne) jest przeprowadzanie przez metalowy rdzeń płytki połączeń elektrycznych – zazwyczaj konieczne jest używanie

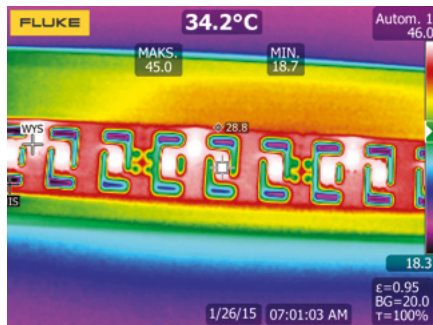
izolowanych przewodów elektrycznych. Niemniej jednak, tylko tak wykonane płytki umożliwiają stworzenie skutecznych mechanizmów odprowadzania ciepła ze struktur LED. Wielu producentów LED ma w swoich ofertach gotowe mini-moduły z jedną lub wieloma LED zamontowanymi na płytkach AIPCB (fotografia 19), które są wyposażone w otwory umożliwiające montaż mechaniczny takiego modułu.

Kolejnym krokiem, zazwyczaj niezbędny ze względu na gęstość upakowania mocy na jednostkę powierzchni płytki, jest montaż LED na radiatorze. Można w tym celu wykorzystać moduły LED montowane na AIPCB (jak na pokazano na fotografii 20), na radiatorze można także montować bezpośrednio coraz bardziej popularne emiterzy LED wykonane w technologii COB (*Chips-on-Board*), które w jednej obudowie zawierają wiele struktur LED i są przystosowane do bezpośredniego montażu na radiatorze (fotografia 21). Radiatory różnego typu, często projektowane specjalnie dla wybranych rodzin LED, oferuje na rynku wielu

Profil walcowany LIPOD



Fotografia 16. Przekrój ilustrujący sposób wklejenia paska z LED w profil aluminiowy

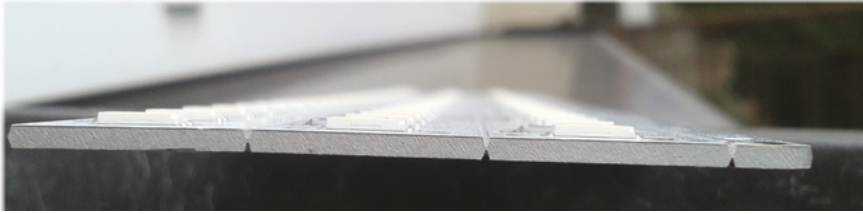


Rysunek 17. Wynik bezstykowego pomiaru temperatury LED STW9Q14C zasilanej prądem 80 mA, zamontowanej na PCB wykonanej z rdzeniem aluminiowym (ok. +35°C). Pasek LED został przyklejony do profilu aluminiowego za pomocą dwustronnej taśmy samoprzylepnej (8940 firmy 3M)

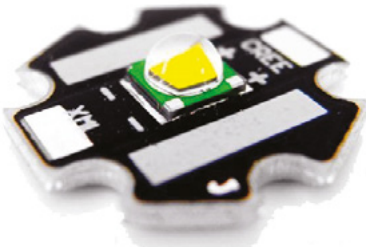
producentów (m.in. Mechatronik, Nuventix, Fischer Elektronik, Wakefield Solutions, Advanced Thermal Solutions), co ułatwia i przyspiesza prawidłowy dobór ich parametrów do wymogów LED.

Dodatkowym, dość rzadko stosowanym w praktyce, rozwiązaniem wspomagającym odprowadzanie ciepła z LED są radiatory montowane na radiatorach, co pozwala zmniejszyć objętość tych ostatnich, ale wiąże się ze sporymi niedogodnościami wywołanymi koniecznością zapewnienia otartego obiegu powietrza i hałasem wynikającym z pracy śmigła wentylatora. Z tego powodu jest to rozwiązanie stosowane głównie w aplikacjach profesjonalnych.

W skrajnych przypadkach – jeżeli standardowe radiatory konwekcyjne oraz wspomaganie ich pracy za pomocą wentylatorów



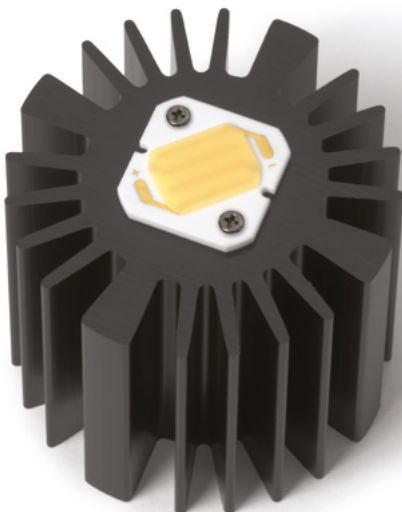
Fotografia 18. Płytkę drukowaną z rdzeniem aluminiowym – widok z boku (zamontowane LED w obudowach 5630)



Fotografia 19. Wygląd modułu z LED mocy, zamontowaną na płytce „star” z rdzeniem aluminiowym



Fotografia 20. Sposób montażu modułu „star” na radiatorze – przekładka zwiększa powierzchnię styku termicznego pomiędzy ALPCB i powierzchnia radiatora



Fotografia 21. Bezpośrednio na radiatorach mogą być montowane LED wykonane w technologii COB



Fotografia 22. Miniaturowy radiator z rurką dla płynu wspomagającego odprowadzanie ciepła

nie zapewniają odpowiedniego odprowadzenia ciepła lub ich wymiary są zbyt duże w stosunku do objętości obudowy projektowanego urządzenia – można stosować miniaturowe radiatory z chłodzeniem wspomaganym za pomocą cieczy (fotografia 22) lub miedzianymi ciepłowodami (fotografia 23). W każdym z tych przypadków systemy wspomaganie odprowadzania ciepła wymagają dodatkowej infrastruktury, co wiąże się z większymi kosztami, ale są one przeznaczone głównie do wyrafinowanych zadań specjalnych i są rzadko stosowane w typowych aplikacjach oświetleniowych. Podejmowane przez niektórych producentów próby chłodzenia LED za pomocą ogniw Peltiera nie zakończyły się spektakularnymi wdrożeniami, głównie z powodu bilansu energetycznego: moc wymagana do zasilania ogniwa Peltiera jest wyższa niż moc żarowego źródła światła zastępowanego przez LED...

Ostatnim elementem, jaki trzeba wziąć pod uwagę podczas projektowania systemów oświetleniowych LED, jest obudowa, której konstrukcja powinna uwzględniać kanały poboru i odprowadzania powietrza. Bez nich, nawet najbardziej wyrafinowany system chłodzenia zamknięty w obudowie, prędzej czy później straci efektywność, co odbije się negatywnie na trwałości oświetlacza. Alternatywnym rozwiązaniem jest stosowanie obudów z materiałów przewodzących ciepło, które będzie odprowadzane przez ścianki obudowy.

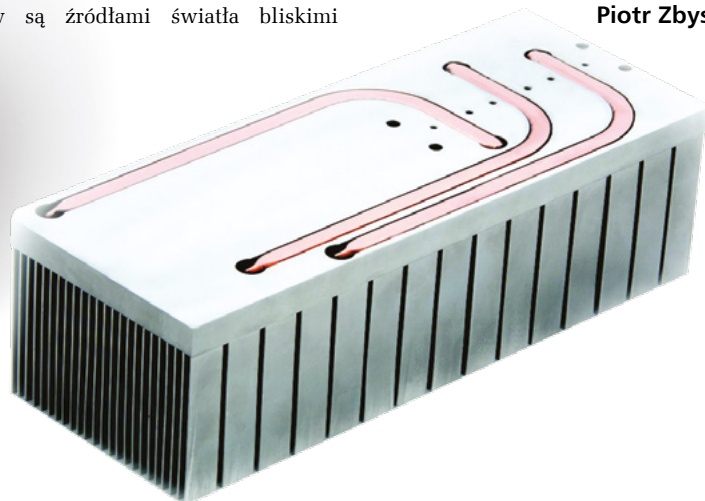
Podsumowanie

Współczesne LED renomowanych producentów są źródłami światła bliskimi

doskonałości, ich najpoważniejszą – od strony konstrukcyjnej - wadą jest wydzielanie (względnie) dużych ilości ciepła. Pomimo tego wypadkowa sprawność energetyczna LED-owych źródeł światła jest bardzo dobra, co otwiera im szerokie perspektywy na coraz bardziej „zielonym” rynku, zwracającym uwagę na aspekty ekologiczne.

Przedstawione w artykule wymogi LED związane z odprowadzaniem ciepła warto brać pod uwagę, ponieważ zarówno ich niezawodność jak i czas pracy zdecydowanie rosną wraz ze zmniejszaniem temperatury pracy. W podstawowych aplikacjach nakłady, jakie trzeba ponieść na osprzęt wspomagający odprowadzanie ciepła, nie są duże, aczkolwiek trzeba je brać pod uwagę na naszym rynku, na którym podstawowym kryterium jest cena zakupu. Obserwowany obecnie zalew tandetnych (bardzo tanich) rozwiązań oświetleniowych będzie stopniowo wyhamowywał, głównie w aplikacjach, w których istotna jest jakość emitowanego światła, a nie tylko jego ilość. Wymaga to jednak edukowania użytkowników, którzy nie zawsze są pewni subiektywnych – nie zawsze pozytywnych – odczuć po zastąpieniu żarówek wkładami LED. Zainteresowanie rozwiązaniami wyższej jakości na pewno będzie rosło, wraz z rosnącą liczbą szybko się psujących retrofitów, których jasność po kilku miesiącach eksploatacji będzie wyraźnie mniejsza niż przy pierwszym włączeniu.

Piotr Zbysiński, EP



Fotografia 23. Radiator dla LED firmy Cree wyposażony w miedziane ciepłowody