

OPTIMIZATION OF THE PCB FOR POWER LED

David Schenk

Master Degree Programme (5), FEEC BUT

E-mail: xschen01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Josef Vochyán, Boleslav Psota

E-mail: Josef.Vochyan@al-lighting.com, xpsota03@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with the heat propagation of the power LED diode. The advantages of the program ANSYS® Workbench™ and finite element method are discussed. Furthermore, the practical results are compared to the thermal design of the PCB recommended by the manufacturer, with suggestions of the PCB improvements.

Keywords: LED, PCB, ANSYS, THERMAL MANAGEMENT

1. ÚVOD

Problematika odvodu ztrátového tepla je v dnešní době velice významná a se zvyšujícím se příko- nem používaných prvků neustále nabývá na významu. Nastává tak problém vzrůstajících nároků na materiály desek plošných spojů (dále jen DPS). Z hlediska ceny je vhodné se orientovat na nejčas- těji používaný FR4, který má však špatné tepelné parametry. Proto je potřeba dostatečně dimenzovat odvod ztrátového tepla, například pomocí prokovů. Pro simulace byl FR4 substrát modifikován v zapojení s diodou LED Philips Lumileds LUXEON Rebel (dále jen LUXEON Rebel) [3]. Z obecných rovnic pro přenos tepla, ať už vedením, prouděním, či zářením pak vyplývají různé možnosti zvýšení odvodu tepla[1].

2. TEPELNÝ ODPOR

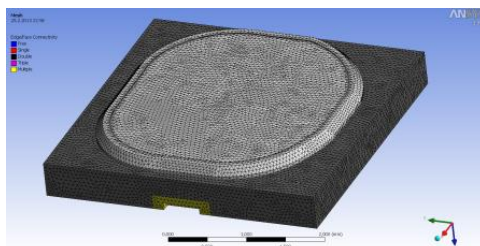
Vyjadřuje schopnost materiálu klást odpor tepelnému toku. Pokud známe geometrické rozměry systému, lze tepelný odpor vypočítat podle (1).

$$R_T = \frac{L}{\lambda \cdot S} \quad [K/W], \quad (1)$$

kde λ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$] je tepelná vodivost materiálu, L [m] značí délku materiálu ve směru šíření tepla, které prostupuje plochou S [m^2]. Na základě této rovnice jsme schopni vyhodnotit nejlepší cestu pro odvod tepla.

3. TEPLTNÍ SIMULACE SOUČÁSTEK

Pokud jde o tepelný návrh daného systému, hojně se v technické praxi využívá simulací. Výhoda je zejména v poměrně rychlých možnostech dodatečných úprav, bez potřeby neustálé výroby a ověřování vzorků. Díky tomu roste rychlost návrhu funkčních prototypů a klesají náklady na jejich vývoj. Simulační prostředí Ansys® Workbench™ využívá metodu konečných prvků. Požadovaná geometrie se pomocí aplikace Mesh rozdělí na uzlové body a v těchto singulárních bodech dochází k výpočtům. Pro dosažení co největší přesnosti je potřeba vytvořit co nejhustější síť zejména v místech, kde dochází ke strmým změnám. Příklad rozdělení uzlových bodů je uveden na obrázku 1.



Obrázek 1: Příklad rozdělení na uzlové body.

3.1. VÝSLEDKY SIMULACÍ

Výrobci produkují LED se 3. kontakty, umístěnými ze spodní strany. Dva slouží k napájení, poslední, umístěný v těsné blízkosti čipu, je určen pro odvod ztrátového tepla. Tepelný tok prostupuje majoritně touto ploškou. Dimenzování v okolí plošky pro odvod tepla přinese samozřejmě lepší chlazení, zjistil jsem však, že při užití mnoha řad prokovů dojde v důsledku dlouhé vzdálenosti od plošky pro odvod tepla ke zdatnému projevení sériového tepelného odporu díky poměrně tenké plátované mědi. To způsobí, že tepelný tok již DPS prochází jen omezeně.

Před samotnou simulací je přínosné provést teoretické výpočty. Detailní výpočty tepelných odporů jsou rozsáhlé, výsledky byly shrnuty v dřívější práci [1]. Tepelné odpory pro různé konfigurace jsou shrnuty v tabulce 1.

Tabulka 1: Shrnutí tepelných odporů

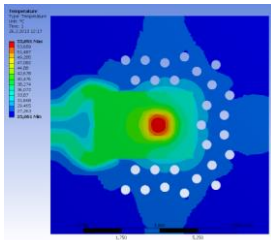
Modifikace	Tepelný odpor
Původní návrh	6,6 K/W
Prokovy vedle pájecích plošek	3,6 K/W
Sériový odpor plátované mědi	9,8 K/W
Tepelný odpor pouzdra	40 K/W
Vylepšení	6 K/W

Pro původní návrh výrobce dle vztahu (1) jsem vypočítal hodnotu tepelného odporu 6,6 K/W. Vylepšení původního návrhu spočívá v umístění 7. prokovů do těsné blízkosti každé pájecí plošky. Tepelný odpor prokovů vedle pájecích plošek má velikost 3,6 K/W. Při uvažování střední hodnoty sériového tepelného odporu plátované mědi 6,2 K/W je pak tepelný odpor prokovů ve směru od kontaktů ke spodní straně DPS 9,8 K/W. Do tohoto vztahu zasahuje ještě tepelný odpor samotného pouzdra LED. Celkový tepelný odpor DPS je paralelní kombinací tepelného odporu návrhu výrobce a vylepšení, výsledná hodnota je 6 K/W. Došlo tedy ke snížení tepelného odporu o 10 %.

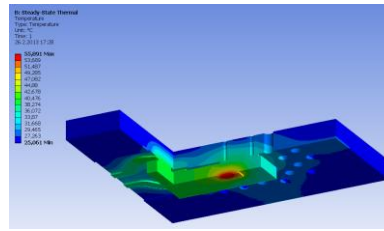
Pro ověření těchto dat jsem využil simulace. Okrajové podmínky byly nastaveny dle teoreticky vypočítaných hodnot [1]. V další části projektu je potřeba proměřit reálné tepelné parametry těchto návrhů. V současné době jsou návrhy DPS ve fázi výroby, po provedení měření lze naměřená data implementovat do simulačního prostředí, což povede k výraznému zvýšení přesnosti simulací. Výstupy simulací jsou zobrazeny na obrázku 2.

- A. V návrhu výrobce činí maximální teplota čipu 55,89 °C, teplota v oblasti kontaktů dosahuje přibližně 40 °C a v objemu pouzdra je teplota rozložena homogenně.
- B. Díky použití prokovů v oblasti kontaktů klesla v tomto místě teplota na 28 °C, nejvyšší teplota dosahuje hodnoty 55,49 °C, což je jen nepatrné snížení. Důvod tak malé změny teploty čipu je dáno značnou velikostí pouzdra ve směru od čipu ke kontaktům LED. Pouzdro klade velký tepelný odpor procházejícímu tepelnému toku. Z tohoto důvodu teplota čipu dále neklesá, avšak trend změny teploty je patrný i z jejího rozložení na povrchu DPS. Z těchto výsledků by bylo

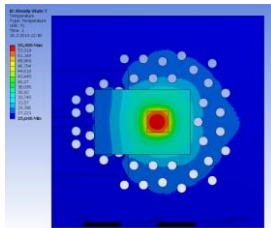
možno vyvodit závěry pro celkové vylepšení návrhu samotného pouzdra LUXEON Rebel s ohledem na problematiku šíření tepla.



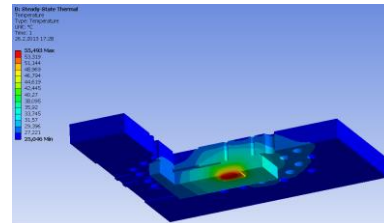
A) LUXEON Rebel (návrh výrobce)



Ukázka rozložení teploty LUXEON Rebel (návrh výrobce)



B) LUXEON Rebel (vylepšení)



Ukázka řezu rozložení teploty LUXEON Rebel (vylepšení)

Obrázek 2: Srovnání výsledků simulací [1].

4. ZÁVĚR

Podstata zvýšení odvodu tepla je ukrytá v nalezení všech možností, tedy i využití potenciálu napájecích plošek. Díky umístění 14. prokůvů do oblasti kontaktů došlo ke snížení celkového tepelného odporu o 10 %. Díky tomuto snížení došlo také k poklesu teploty v oblasti pájecích plošek o 12 °C. Další práce spočívá v získání reálně naměřených dat navržených DPS pomocí měření teploty infračervenou kamerou. Následná implementace naměřených dat do simulačního prostředí výrazně zvýší přesnost výsledků.

V rámci diplomové práce již byly provedeny simulace i jiných typů pouzder. Například LED Osram Oscon Black Flat disponuje výbornými tepelnými vlastnostmi. Při výběru LED je potřeba otestovat jejich teplotní chování na uvažovaném substrátu DPS. Z výsledků diplomové práce vyplynou obecná konstrukční doporučení pro návrh DPS. Díky vytvořeným simulacím v prostředí programu Ansys® Workbench™ lze snadno ověřovat stávající návrhy a optimalizovat technická řešení, a ty potom následně implementovat do technické praxe.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu FRVŠ 304/2013 „Implementace simulačního programu ANSYS do výukového procesu“.

REFERENCE

- [1] SCHENK, D. *Optimalizace desky plošného spoje pro výkonovou LED*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 51 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Josef Vochoyán, Ph.D., Automotive Lighting s.r.o., Jihlava.
- [2] Jamnia, A. *Practical guide to the packaging of the electronics*. Illinois: Marcel Dekker, Inc., 2002. ISBN 0-8247-0865-2.
- [3] Philips, *LUXEON Rebel White LEDs*, San Jose, USA [online] 2013, březen, dostupné na: <<http://www.philipslumileds.com/products/luxeon-rebel/luxeon-rebel-white>>.