高出力LEDアプリケーション用熱モデリング



ホワイトペーパー

By: Oon Siang Ling Solid-State Illumination Division, Avago Technologies, Penang, Malaysia

## 概要

I. はじめに

発光ダイオード(LED)コンポーネントの計算流体力学 (CFD)モデリングは、CFDが設計プロセスに普及するに つれてますます重要になってきています。この文書で は、ヒートシンク付きMCPCBおよび2層FR4基板上のア バゴ高出力LEDパッケージ(ASMT-MX00)のモデリング 結果を実験データと比較します。比較後に、ヒートシン ク付きLEDパッケージの熱モデリングについて説明しま す。結果はきわめて良好で、この手法をLEDシステムレ ベルに使用できることを示しています。

# 用語

- R<sub>JA</sub> 接合部周囲間熱抵抗(℃/W)
- R<sub>JB</sub> 接合部はんだ位置間熱抵抗(℃/W)
- R<sub>BA</sub> はんだ位置周囲間熱抵抗(℃/W)
- T」 接合部温度(℃)
- T<sub>B</sub> はんだ位置温度(℃)
- MCPCB メタルコア・プリント回路基板
- CFD 数值流体力学

製品を市場に投入する時間を短縮するために、LEDの 熱的性能の予測が必要になってきています。一方、熱流 束と実装密度の高まりにより、LEDパッケージ・モジュー ルの放熱が問題になってきており、モジュールの熱解析 と設計がますます重要になっています。CFDシミュレー ションは、エレクトロニクス製品の初期設計段階で熱解 析に広く使用されている手法です。CFDは、流体の流れ プロセス、熱伝達プロセス、放射等の他の関連プロセス の数値シミュレーションと共に考慮されます。

この文書では、ヒートシンク付きMCPCBとヒートシンク 付き2層FR4上に高出力LEDパッケージを実装するため に行われる処理を紹介します。まず、基板上LEDパッケー ジの詳細モデルを作成し、次にLEDパッケージの下面に ヒートシンクを作成します。最後に、シミュレーション・デ ータを実験データと比較します。

## Ⅱ.熱モデリング手法

Flotherm(Flomeric社によるCFDツール)を用いてLEDパ ッケージ、MCPCB、2層FR4、およびヒートシンクのモデリ ングを行いました。

## A. モデルについて

ヒートシンクのモデルは、詳細モデルとコンパクト・モデ ルの2つのモデルが開発されており、目的は、これらの2 つのモデル間の誤差比率を求めることです。表1に、LED パッケージの詳細な形状パラメータとパッケージ材料 の熱伝導率を示します。 LEDパッケージの概略的な正面図とレイアウトを図1aと 図1bに示します。パッケージと基板の間にはんだペース トが充填されます。パッケージが最大出力1.3Wに達す ると、通常の空気による自然冷却と強制対流冷却では接 合部温度を許容範囲内に維持することができません。要 件を満たすには補助ヒートシンクが有効です。LEDにヒ ートシンクを取り付けるには、ヒートシンクの裏面に粘 着サーマルテープを貼り付け、ヒートシンクをLED基板 の裏面に取り付けます。



図1a.アバゴ高出力LEDパッケージの正面図と側面図(ASMT-MX00)



図1b. ヒートシンク付き基板上のLEDパッケージ

### 表1. ヒートシンク付きLEDパッケージの構成詳細とパッケージ材料の熱伝導率

			熱伝導率	寸法
番号	部品	材料	(W/m.K)	
1	リードフレーム	Cu	364.25	上図を参照
2	反射板	PA9T	0.2	8.5 mm x 8.5 mm x 3.3 mm
3	チップ	サファイヤ	23.1	接合部が底面から約0.11mm
4	封止材	シリコーン	0.2	
5	PCB基板	アルミニウム2層FR4	2000.3	37 mm x 26 mm, 厚さ1.6 mm
6	メタライゼーション	Cu	385	厚さ35µm
7	絶縁層	Alox	8	厚さ75µm
8	はんだペースト	SnPb37	50.9	厚さ25µm
9	サーマルテープ		2	厚さ0.125mm
10	ヒートシンク	アルミニウム	200	フィン110枚、ベース23 mm x 23 mm x 1.5 mm、 フィン高さ8 mm、厚さ0.8 mm、フィンピッチサイズ 1 mm

# B. グリッドおよび境界条件

CFD解析用に次のような特性を仮定します。

- 三次元
- 定常状態
- 気流速度:0.2m/s
- 空気特性:一定
- 周囲温度:25℃
- 計算領域:305mm x 305mm x 305mm
- 自然対流と伝導による放熱
- 放射の影響は約2~3%なので放射効果は無視

詳細ヒートシンク・モデルとコンパクト・ヒートシンク・モデルの基板上LEDパッケージの全グリッドセル数はそれ ぞれ、約600,000個と150,000個です。グリッドセルの設定には、ヒートシンクのフィン間に少なくとも3個のセル を使用することが推奨されます(これはFlothermのデフォルト設定です)。

## Ⅲ. 結果

#### A. サンプル・パッケージの構成

LEDパッケージは、MCPCBおよび2層FR4に取り付けられます。基板寸法は32mm x 27mm x 1.6mmです。ヒートシンクは、押出アルミニウムで作成された110枚のフィンとベースを持つ標準のフィン付きタイプで、サーマルテープによってMCPCBと2層FR4の裏面に取り付けられます。パッケージは1.2Wで駆動され、パッケージのヒートスラグにおけるはんだ位置(TP)の温度を測定します。このデータに基づき、はんだ位置から周囲への熱抵抗RBAを計算することができます。

#### B. 数値と実験

詳細モデル・ヒートシンクとコンパクト・モデル・ヒートシンクの測定データの比較を表2に示します。図2aと図2bは、シミュレーション結果を視覚化したものです。近似が粗くなるほど実データとの一致が低下ます。ただし、この誤差比率は産業用途には許容範囲です。シミュレート温度が測定温度より高いことは、数値モデルではいくつかの冷却現象を説明できないことを表しています。無視された1つの冷却要因は放射でした。この差は、測定精度によるものである可能性もあります。

表2.シミュレ-	ート結果と測定結果
----------	-----------

	測定 RBA (℃/W)	シミュレート RBA (℃/W)	比率差 (%)
詳細モデル・ヒートシンク付きMCPCB上LEDパッケージ	25	23	8
コンパクト・モデル・ヒートシンク付きMCPCB上LEDパッケージ	25	27	8
詳細モデル・ヒートシンク付きFR4上LEDパッケージ	37	35	8
コンパクト・モデル・ヒートシンク付きFR4上LEDパッケージ	37	32	13.5



図2a. 詳細ヒートシンク・モデルによるMCPCB上LEDパッケージ の視覚化結果



図2b.コンパクト・ヒートシンク・モデルによるFR4上LEDパッケ ージの視覚化結果

# IV. 熱設計の検討

LEDパッケージの熱的性能を改善する際にLEDパッケー ジに設計上の制約がある場合は、以下の手法を用いて 基板上の温度とLEDの接合部温度を下げることができ ます。

- 裏面にアルミニウム板またはヒートシンクを取り付 ける
- ドライバ回路とLEDに別々のPCBを使用する
- 誘電体層に熱伝導率の高い材料を使用する
- ファンを用いて加熱空気を除去し対流冷却を強化 する

## V.まとめ

この研究から、ヒートシンク付き基板上LEDパッケージ のシミュレーションにCFDモデリングを使用できること が分かりました。また、詳細ヒートシンク・モデルとコン パクト・ヒートシンク・モデルが実際の測定精度を高め る一方で、詳細ヒートシンク・モデルの方が時間がかか ることが分かりました。コンパクト・ヒートシンク・モデル は、高速解析を行うのに適し、誤差比率は産業用途では 許容範囲で、時間を節約します。CFDは、高出力LEDを実 際のアプリケーションに合わせて設計するのに役立つ 優れたツールです。

# 謝辞

Pang Siew It氏の援助と情報の提供に対して感謝し、 Hwang Yi Feng氏の測定データの提供に対して感謝し ます。

## 参考文献

- [1] Aizar Abdul Karim, "Thermal Modeling of Light Emitting Diode - Simulation and Verification", SID R&D, Avago Technologies.
- [2] Sridhar Narasimhan, Rajesh Nair and Avram Bar-Cohen, "Thermal Compact Modeling of Parallel Plate Heat Sinks", IEEE Trans. Comp, Vol.26, No.1, March 2003.
- [3] Ronald L. Linton and Dereje Agonafer, "Coarse and Detailed CFD Modeling of a Finned Heat Sink", IEEE Trans. on Comp, Packaging and Manufacturing Tech - Part A, Vol.18, No.3, September 1995.
- [4] Yingjun Cheng, Gaowei Xu, Dapeng Zhu, Wenjie Zhu, and Le Luo, "Thermal Analysis for Indirect Liquid Cooled MultiChip Module Using Computational Fluid Dynamic Simulation and Response Surface Methodology", IEEE Trans. on Comp. and Packaging Tech, Vol.29, No 1, March 2006.
- [5] Avago Technologies enters high-power LED market with first series of low-profile LED packages, http:// www.ledsmagazine.com/press/13301

For product information and a complete list of distributors, please go to our web site: www.avagotech.com

Avago, Avago Technologies, and the A logo are trademarks of Avago Technologies in the United States and other countries. Data subject to change. Copyright © 2005-2010 Avago Technologies. All rights reserved. Obsoletes AV01-0615JP AV02-2391JP - April 1, 2010

