

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 1 日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：平成 21 年度 ～ 平成 24 年度

課題番号：21560221

研究課題名（和文）熱伝導率が場所ごとに異なるプリント基板の温度上昇予測に関する研究

研究課題名（英文） Study on temperature rise of printed circuit boards having different thermal conductivity values across a board

研究代表者 石塚 勝 工学部（教授）富山県立大学

研究者番号：60326072

研究成果の概要（和文）：

本研究では一次元熱伝導率計測手法を応用した新たな計測手法を提案し、PCB の面内方向有効熱伝導率を計測した。また、実験結果の妥当性を検証するため、配線が PCB の面内方向有効熱伝導率に与える影響を明らかにするために三次元熱流体解析を行った。また、実験結果と解析結果に基づき、支配因子が異なる 2 種類の熱抵抗を定義し、PCB の面内方向有効熱伝導率の定式化を提案した。その結果、以下の知見を得た。

提案した PCB の面内方向有効熱伝導計測手法を用いて、配線による基板面内方向の熱伝導を計測可能である。配線による基板面内方向の熱伝導は、配線パターンによらず配線面積比のみに依存する。PCB の多層化によって、内部に配置した配線もまた基板面内方向への熱伝導に影響をもたらす。しかし、同時に接触熱抵抗の影響が増大し、厚さ方向の有効熱伝導率は低下する。熱源に直接接する銅の厚さ、配線面積比が、特に PCB の面内方向有効熱伝導率に影響を及ぼす。配線の熱伝導率 $\lambda_{\text{wire}}$ 、ガラスエポキシの熱伝導率 $\lambda_{\text{board}}$ 、配線面積比 $\zeta$ 、厚さ方向有効熱伝導率 $\lambda_{\text{thickness}}$ を用いて、PCB の面内方向有効熱伝導率を算出できる。

研究成果の概要（英文）：

This paper describes an evaluation of effective thermal conductivities of Printed Circuit Boards (PCBs) for thermal design of electronic equipment. To formulate the in-plane effective thermal conductivity of the PCBs, we define two types of a thermal resistance by using spreading resistance equation. One is the thermal resistance as a function of the thermal conductivity of copper wire and of base material, and the other is that of effective thermal conductivities. The thermal resistance by using the thermal conductivity of copper wire and of base material is almost matched with experimental results when heat diffusion radius in in-plane direction by copper wire is about 26.5 mm. On the other hand, the thermal resistance by using effective thermal conductivities is in good agreement with experimental results when we multiply 1D thermal resistance term in the proposed equation by 0.45. Therefore, in-plane effective thermal conductivity of the PCBs can be evaluated by using proposed equations.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
H21 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
H22 年度	800,000	240,000	1,040,000
H23 年度	900,000	270,000	1,170,000
H24 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・熱工学

キーワード：対流、伝導、伝熱機器、輻射、エネルギー工学

1. 研究開始当初の背景

半導体パッケージを搭載しているプリント配線基板（以後は単に基板という）は電子機器の要であるが、電気絶縁部と電気伝導体である配線部が複雑に入り組んでいることと、熱を基板の表から裏に伝えるためにサーマル・ビアと称する銅メッキした細い管もあり、形状が複雑で、熱伝導率の値が場所ごとに異なることから、実際に基板内を熱解析して、その表面温度分布の計算値と実測値を比較すると大きく違うところがでてくる。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、導体の配線と絶縁体とが複雑なパターンの分類分けを行い、その分類分けからなる新パラメータを関数とした等価熱伝導率の新定義により、基板のより正確な温度上昇を行うとするものである

3. 研究の方法

本研究では一次元熱伝導率計測手法を応用した新たな計測手法を提案し、PCBの面内方向有効熱伝導率を計測した。また、実験結果の妥当性を検証するため、配線がPCBの面内方向有効熱伝導率に与える影響を明らかにするために三次元熱流体解析を行った。また、実験結果と解析結果に基づき、支配因子が異なる2種類の熱抵抗を定義し、PCBの面内方向有効熱伝導率の定式化を提案した。

4. 研究成果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 8 件)

[1] M. Ishizuka, and S. Nakagawa, Y. Nishino, T.

Fukue and K. Nakayama, Thermal Performance of a Forced Convection Air Cooled PBGA Package in a Compact Thin Casing, JP Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 2, No. 3(2009),pp259-277.

[2] 富村寿夫、石塚 勝、電子機器の熱解析への EXCEL 表計算機能の適用（日射を受ける筐体のビジュアルな熱回路網法解析例）、日本機械学会論文集（A 編）75 巻 755 号,(2009),pp.792-798.

[3] M. Ishizuka, and S. Nakagawa, Y. Funawatashi and T. Hatakeyama, Study on The Heat Sink Performance for LSI Packages Using A Thermo-Siphon Structure with PF-5060 Refrigerants, JP Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 3, No. 2(2009), pp117-129.

[4] Y. Funawatashi and M. Ishizuka, Effects of an Inner Object on Natural Convective Heat Transfer in an Enclosure with a Heat Source on the Bottom Wall, JP Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 4, No. 1(2010), pp1-15.

[5] T. Hatakeyama, M. Ishizuka, Y. Nakata, M. Kuji, Y. Hiok, S. Nakagawa and T. Tomimura, Reduction of Thermal Resistance for Chip Test Technology by using Super Thermal Conductivity Material and Mirror Finished Silicon, Transaction of The Institute of Electronic packaging, Vol.3, No.1,2010, pp.97-103.

[6] M. Ishizuka, T. Hatakeyama, Y. Funawatashi, and K. Koizumi, Application of Thermal Network Model to Transient Thermal Analysis of Power Electronic Package Substrate, Active and Passive Electronic Components, Volume 2011 (2011), Article ID 823654, 8 pages

[7] 畠山 友行, 木伏 理沙子, 石塚 勝,

“有効熱伝導率を用いたCFD解析によるPDBの熱設計”, 電子情報通信学会論文誌 C, Vol. J95-C, No. 11(2012), pp.427-433.

- [8] T. Hatakeyama, M. Ishizuka, R. Kibushi and S. Nakagawa, “A Test Bench for Validation of CFD Analysis for Air Flow in Thin Electronic Casing Model”, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 395, No. 1 (2012),012024

[学会発表] (計 13 件)

- [1] M. Ishizuka, S. Nakagawa, T. Yoshida and W. Nakayama, Synthesis of CFD Analyses And Experiments In Developing A Thermal Network Model of A Simulated Heat Spreader Panel, Proceedings of IMECE2008, International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Boston, Massachusetts, USA, October 31-November 6, IMECE2008-66091.
- [2] M. Ishizuka, S. Nakagawa, T. Hatakeyama, Yasushi Nishino, Comparison between Experimental Results and CFD Simulations for Air Flows in a Thin Electronics Casing Model, ITherm 2010, Las Vegas, Nevada, USA, June 2-5, 2010.
- [3] T. Hatakeyama, M. Ishizuka, S. Nakagawa, K. Watanabe, Development of Practical Thermal Design Technique of Printed Circuit Boards for Power Electronics, ITherm 2010, Las Vegas, Nevada, USA, June 2-5, 2010.
- [4] T. Hatakeyama, M. Ishizuka, S. Nakagawa, Y. Hioki, T. Tomimura, Cooling Chip Test Technology by Using Super Thermal Conductivity Material, ICEP 2010 Proceedings TD4-2, ICEP2010, Sapporo Convention Center, Hokkaido, Japan Center Hokkaido MAY 12 -14 Fri, 2010.
- [5] M. Ishizuka, T. Hatakeyama, S. Nakagawa, The Performance of Compact Finned Heat Sink for LSI Packages in Combined and Natural and Forced air Flows, 21st International Symposium on Transport Phenomena, Kaohsiung City, Taiwan, Nov.2-5, 2010.
- [6] T. Hatakeyama, M. Ishizuka, S. Nakagawa, Y. Nakano, M. Hirokawa, T. Tomimura, Measurement Technique of In-Plane Thermal Resistance of PCB, AJTEC2011-44271, The 8th ASME-JSME Thermal Engineering Joint Conference ( AJTEC2011 ) March 13 - 17, 2011, Waikiki Beach Marriott Resort & Spa, Honolulu, Hawaii.
- [7] (Invited) M. Ishizuka, Heat Sink Design in Home Appliances and personal computer, 1st WORKSHOP On Leading-edge Theories and Practices in Design - Perspectives of Product Design and Fundamental Technology -Session I - Leading-edge Product Design( Part 1 ) , IIIT-J (Indian Institute of Information & Technology, Jabalpur) , India ,October 12-15, 2010,
- [8] (Invited) M. Ishizuka, Thermal Design and Performance of Compact Heat Sinks used in Personal Computers, WORKSHOP On ONE-DAY International Workshop on “Recent Advances in Thermal Engineering” in Bengal Engineering and Science University Shibpur, Howrah, West Bengal, India ,March 22, 2011.
- [9] (Invited) M. Ishizuka, T. Hatakeyama, S. Nakagawa Development of Practical Thermal Analysis for Package Cooling Technology Using Phase Change Material, INCOTEE 2011 : International Conference on Thermal Energy and Environment, Kalasalingam University, Nadu, India ,March 24-26, 2011.
- [10] Y. Nakano, T. Hatakeyama, M. Ishizuka, S. Nakagawa, M. Hirokawa, and T. Tomimura , Investigation of Effect of Wiring Patterns on In-Plane Thermal Conductivity of Printed Circuit Boards, Proceedings of the ASME 2011 Pacific Rim Technical Conference & Exposition on Packaging and Integration of Electronic and Photonic Systems, InterPACK2011 July 6-8, 2011, Portland, Oregon, USA, IPACK2011-52106
- [11] T. Hatakeyama, M. Ishizuka, S. Nakagawa, and S. Takakuwa, Thermal Resistance Measurement and Thermal Network Analysis of Printed Circuit Board With Thermal Vias , Proceedings of the ASME 2011 Pacific Rim Technical Conference & Exposition on Packaging and Integration of Electronic and Photonic Systems, InterPACK2011, July 6-8, 2011, Portland, Oregon, USA, IPACK2011-52168.
- [12] M. Ishizuka, T. Hatakeyama, R. Kibushi, T. Fukue, T. Tomimura USE OF THERMAL NETWORK MODEL IN TRANSIENT THERMAL ANALYSIS OF POWER ELECTRONIC PACKAGE SUBSTRATE OF THE POWER ELECTRONIC PACKAGE SUBSTRATE, International Symposium on Transport Phenomena 8 - 11 November 2011 ISTP-22, Delft, The Netherlands.
- [13] M. Ishizuka, T. Hatakeyama and R. Kibushi, Study on the natural air cooling design of electronic equipment casings: effects of the height and size of outlet vent on the flow resistance, EURO THERM 2012, 6th European

Thermal Sciences Conference  
Eurotherm 2012, September 04 - 07,  
2012, Poitiers - Futuroscope France.

〔図書〕（計 3 件）

- [1]石塚 勝監修, 設計技術・解析ハンドブック 開発設計用,丸善、(2009)
- [2]石塚 勝、図解入門よくわかる電子機器の熱設計、秀和システム、2009年11月
- [3]石塚 勝、半導体・電子機器の熱設計&解析、三松株式会社、2010年10月

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ：  
<http://fluid.pu-toyama.ac.jp/index.php>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石塚 勝・工学部(教授)

研究者番号：60326072