

# 博士學位論文

内容の要旨  
および  
審査結果の要旨

第27編

平成27年度

神奈川工科大学

## は し が き

本編は、学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第8条によるインターネットの利用により公表を目的として、平成27年度内に本学において博士の学位を授与した者の、論文内容の要旨および論文審査の結果の要旨を収録したものである。

学位記番号に付した甲は、学位規則第4条第1項（いわゆる課程博士）によるもの、乙は、同規則同条第2項（いわゆる論文博士）によるものであることを示す。

（平成28年4月 発行）

< 目 次 >

甲第32号 齋藤 靖弘 接触状態を考慮した熱伝導材料の評価手法に  
関する研究 ・ ・ ・ ・ ・ 1

氏名(本籍)	齋藤 靖弘 (神奈川県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第 32 号
学位授与日	平成 28 年 3 月 21 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻名	工学研究科 電気電子工学専攻
学位論文題目	接触状態を考慮した熱伝導材料の評価手法に関する研究
論文審査委員	(主査) 神奈川工科大学 小室 貴紀 教授 神奈川工科大学 黄 啓新 教授 神奈川工科大学 檜原 浩一 教授 神奈川工科大学 金井 徳兼 教授 熊本大学 富村 寿夫 教授

## 内容の要旨

表面粗さを正確に制御した凹凸板を用いて、接触状態を定量的に示す評価法を提案して検証を行った。その結果、TIM と放熱器を組み合わせて実装する場合に、重要なパラメータでありながら定量的な評価が難しかった接触状態に関して、再現性のある実験を行うことが可能になった。この評価法を用いることにより、従来は 10mm 以上の厚さで実測した AskerC 硬度のみで接触熱抵抗の影響を予測するしかなかったが、実装時に使用する TIM の厚さで接触状態を評価することができる。これにより、TIM 単体の熱伝導率や硬度だけではなく接触状態の指標を得られるので TIM を開発する際に役に立つことが期待できる。金属メッシュは線の太さと隙間が正確に細かく管理されているので、素子や放熱器の表面粗さを再現することができることを繰り返し実験で確認した。また、金属メッシュのメッシュ数と各加工法での表面粗さとの対応を示したうえで、熱伝導と電気絶縁を必要とする電子機器と放熱器間で一般的に使用される 0.3mm 厚～1mm 厚の Type2-TIM は素子や放熱器の表面を 60 メッシュ相当よりも細かくしても熱特性が良くなることを明らかにした。表面粗さを細かく研磨するほど、コストがかかるので有効な指標を示すことができた。また、設計段階で取り込みにくい接触熱抵抗によって大きなマージンをとって製造コストや製品の大型化を減らすことも期待できる。

Type2-TIM の接触状態を熱的に測定すると時間がかかってしまうので、静電容量測定によって高速に接触状態を評価する新たな手法を提案して検証を行った。その結果、横軸を熱抵抗、縦軸を静電容量で表示したところ相関を得られた。さらに印加圧力による静電容量の変化が TIM の厚さや測定自身の誤差による影響のみではなく接触状態による影響が含まれていることが明らかになった。静電容量を測定して熱抵抗を求める手法は、短時間で実装状態の製品の放熱特性を把握することができる。この手法により電子機器の出荷時に放熱不良が検出できる可能性があり、電子機器の初期不良や性能劣化を抑えることが期待できる。また、Type2-TIM を使用した際の接触状態の評価手法について述べたが、Type1-TIM の評価についても静電容量測定の検証を行った結果、Type1-TIM を使用した場合でも静電容量を実測すれば熱抵抗を間接的に把握できる見通しを得た。Type1-TIM は自動車関連の電子機器から発生する熱を逃がしているために使用されているので、有用性が高いと思われる。また、各章の複数の実験データを用いて考察を行った結果、Type2-TIM と凹凸板を利用した際の接触状態に関連する結果を得ることに成功した。

以上のことから TIM と放熱器を組み合わせて実装する場合に、重要なパラメータでありながら定量的な評価が難しかった接触状態に関して、合理的な評価方法を新たに提案してその有効性を確認した。今回提案した手法を応用することにより、素子と放熱器間の接触状態を正確に盛り込んだ現実的なシミュレーションや設計を行えるようになり実用的に有用になると思われる。よって、本研究で提案した TIM の評価法は熱設計や量産検査などの現場で実装時における TIM の特性を把握できる有用な技術であることを明らかにした。

# 審査経過の要旨

## 1. 審査の経過

【1】平成 27 年 11 月 25 日 電気電子工学専攻会議において予備審査の開始が承認された。

審査委員 主査： 小室 貴紀

外部委員： 熊本大学大学院自然科学研究科 富村 寿夫教授

審査委員： 黄 啓新教授 (H) 檜原 浩一教授 (E) 金井 徳兼教授 (H)

【2】平成 27 年 12 月 12 日 予備審査会を実施した。

論文執筆者による 40 分間のプレゼンテーションの後に、質疑応答を行った。

その際に指摘された事項に対して論文に修正を加えることを本人が了承した。

予備審査は本審査に耐えると判定された。

【3】平成 28 年 1 月 6 日 電気電子工学専攻会議において、予備審査の結果が主査及び専攻主任から報告された。その結果、本審査に移行することが承認された。

【4】平成 28 年 2 月 27 日 公聴会及び最終試験を開催し、合格と判定された

【5】平成 28 年 2 月 29 日 電気電子工学専攻会議において、可否投票の結果、学位授与が可と判定された

【6】平成 28 年 3 月 2 日 研究科委員会において、学位授与が可と承認された

## 2. 審査結果

本論文では、今まで困難とされてきた接触熱抵抗の評価方法に関して、まったく新しい手法を提案している。また、独自に開発した実験システムを用いてその手法の正当性を示しており、極めてオリジナリティの高い研究と言える。さらに、提案された手法は短時間で評価が可能であり、電子機器を量産する際にも有効である。従って産業界の発展に貢献する実用的で有意義な技術である。また、本論文の内容、公聴会での質疑応答、学術論文、国際会議での論文発表の内容から、申請者の学力及び外国語能力は十分にあると考えられ、学位申請者は、博士（工学）の学位を受けるのに十分な資質を有するものと判断した。