

学位論文の要旨

氏名

荒尾 修

学位論文題目

導電性接着剤内部の金属界面における電気抵抗および熱抵抗に関する研究

本論文は、電気伝導性、熱伝導性の高い導電性接着剤の開発に繋げるため、電気伝導および熱伝導のメカニズムを明らかにすることを目的としている。

第1章は、緒論として、電子分野全体と、その中の電子実装分野の技術動向と課題について解説した。その中で、本研究の対象である導電性接着剤について、既存研究の説明を行った上で、本研究の目的・対象・サンプルなど、研究の全体像について示した。

第2章は、本論として、電気や熱の伝導を行う導電性接着剤内のパーコレーションネットワークの可視化を行った。まず、FIB-SEMにより導電性接着剤内部を一定間隔で連続的に観察することで、内部の3次元での金属フィラの分散状態を正確に把握した。更に、フィラーに細線化処理を施すことで、パーコレーションネットワークを導電経路として初めて可視化した。合わせてフィラー分散状態の解析モデルを作成し、第3章、第4章での有限要素法での解析を可能とした。

第3章は、電気伝導に関する解析を行った。第2章で可視化したパーコレーションネットワークから、フィラの接触点数を計測し、平均的なフィラー接触点の接触抵抗を算出した。また、特に電気抵抗の大きい電極界面近傍については、有限要素法の電気伝導解析を行い、単位面積当たりの接触抵抗を算出した。更にこの結果を利用し、導電性接着剤バルクの電気抵抗を予測した。そして、この予測値と実測値を比較することで、本手法が妥当であることを検証した。

第4章は、熱伝導に関する解析を行った。まず、電気抵抗と直接関係する自由電子による伝熱と、樹脂などの分子のフォノンによる伝熱の影響について考察し、分子のフォノンの影響が大半を占めることを見出した。そこで、樹脂のフォノンの影響も加味できる有限要素法による熱伝導解析を行った。特に、フィラー界面を別要素化することで界面の影響を考察した。その結果から、フィラー界面の熱抵抗を定量化することができた。更にこの結果を利用し、熱においても導電性接着剤バルクの熱抵抗を予測した。そして、この予測値と実測値を比較することで、本手法が妥当であることを検証した。

第5章は、結論として、本研究内容を総括した。本研究と同様の検討を行えば、例えばフィラー表面処理や形状の影響を定量化するなど、フィラーの素性がバルクの電気抵抗や熱抵抗に与える影響が明確化できるはずである。これらの予測方法をベースにし高分子複合材料の電気伝導性や熱伝導性に関する材料の因子を明確化し、フィラーの最適選定が可能となる。現在この基礎技術を用いた材料開発、およびその材料を適用した製品性能の向上を進めている。また、樹脂中の充填物の分散を解析モデル化できる本技術は、シリカ等のフィラーを充填した構造材料や磁性材料、あるいは繊維強化材料など他の機能を有する複合材料に対しても応用が期待できる。

Summary of Doctoral Dissertation

Title of Doctoral Dissertation:

The Study of Electric Resistance and Thermal Resistance on Metal Interface in Electrically Conductive Adhesive

Name: Arao Osamu

The purpose of this study is to clarify mechanism of the electric conduction and thermal conduction. This purpose leads to the development of high-performance conductive adhesive.

Chapter 1 is the introduction. The technology trend, problem of electron field, and past study of conductive adhesive are shown. And the whole of this study is written.

From Chapter 2 to Chapter 4 are main subjects.

In Chapter 2, the electric and thermal percolation network in conductive adhesive is visualized. At first, the 3D metal-filler dispersion is grasped by FIB-SEM. FIB-SEM is the method to continuously observe at constant intervals. Furthermore, percolation network is visualized for the first time as conductive path by thinning process.

In Chapter 3, the electric conduction is analyzed. The number of contact points between fillers are measured. And the contact resistance of contact point of the average is calculated. In addition, about the electrode interface which has high interface electric, contact resistance per area is calculated by electric conduction analysis of finite element method. Furthermore, the electric resistance of conductive adhesive material is predicted by the contact resistance. And it is inspected that this method is proper by the comparison between prediction and measurement.

In Chapter 4, the thermal conduction is analyzed. Two thermal conduction effects are considered; thermal conduction by the free electron and by the molecule phonon. And effect of the molecule phonon is shown to occupy most. Therefore, thermal conduction is analyzed by finite element method. This method can add the effect of the resin phonon. Particularly, the effect of the interface is considered by interface element. Interface thermal resistance between the fillers is calculated by the result. Furthermore, the thermal resistance of conductive adhesive material is predicted by this interface thermal resistance. And it is inspected that this method is proper by the comparison between prediction and measurement.

Chapter 5 is the conclusion. Filler characteristic is connected definitely with electric resistance and thermal resistance by this study. This method of this study clarify the material effect factor for electric conduction and thermal conduction of polymer composite. As for this study, the application to construction material, magnetic material, and fiber reinforcement material is expected.