

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 導電性接着剤（ICA）の導電性発現機構の研究  |
| Author(s)    | 小日向, 茂  |
| Citation     | 大阪大学, 2015, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.18910/52131">https://doi.org/10.18910/52131</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 小日向 茂 )

論文題名 導電性接着剤 (ICA) の導電性発現の研究

## 論文内容の要旨

本論文は、導電性接着剤 (ICA) の導電性発現に関する論文であり、全6章で構成した。

導電性接着剤は、有機物と無機物のコンパウンドである。不可逆化学反応で熱硬化し、有機物 (バインダ) で接着力、応力緩和性を維持し、無機物 (Ag, Cu等) で電気伝導、熱伝導を維持する。広く汎用的な電子材料の相関接続材料として利用され、鉛はんだ代替材料としても注目されている。

導電性接着剤 (以下、Isotropic Conductive Adhesive: ICAと略す) の導電性発現は、バインダ樹脂が硬化し、無機物の粒子間距離が小さくなり、あるいは接触して生ずると言われてきた。しかし、これでは説明できない事象もあり、導電性発現のメカニズムの解明が待たれている。

本研究では、ICAメカニズム解明のため、バインダ種類、Ag粒子の粒径と含有率を変えた汎用ICAを模したサンプルを作製し、導電性の発現とバインダとの関係を調査し、導電メカニズムの解明を試みた。

第1章は、緒論であり、研究の背景および研究目的について記述した。

第2章では球形粒子を用いたICAについて、第3章ではフレーク状粒子を用いたICAについて、それぞれICAの膨張収縮と導電性発現の関係を調べ、その結果、ICAの硬化による膨張収縮と導電性発現の関係は必ずしも一致しないことを示した。

第4章では、ICAにおける導電メカニズムについて、DC電流による温度と抵抗値の関係を詳細に調べた結果、トンネル抵抗発現域と思われる領域が見つかり、ICAの導通にトンネル電流が関与していることが示した。更に、AC電流において周波数を変えてICAの抵抗値を測定した結果、オーミックコンタクトの他に、容量結合によるコンデンサの存在も示唆され、ICAの導電性発現には、必ずしも硬化による膨張収縮にともなう粒子のオーミックコンタクトだけではなく、トンネル電流、容量結合、等も関与していることを示した。

第5章では、バインダの成分に含まれるOH基が導電性発現に及ぼす影響について調査し、同じOH基でもアルコール基よりもフェノール基の方が抵抗値低減に効果があることを示し、バインダ中の成分が導電性に及ぼすことを明らかにした。

第6章では、各章で得られた研究成果をまとめ、結論とした。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

|               |     |     |       |
|---------------|-----|-----|-------|
| 氏 名 ( 小日向 茂 ) |     |     |       |
| 論文審査担当者       | (職) | 氏   | 名     |
|               | 主査  | 教授  | 上西 啓介 |
|               | 副査  | 教授  | 山本 孝夫 |
|               | 副査  | 准教授 | 西川 宏  |

## 論文審査の結果の要旨

導電性接着剤 (ICA) は、はんだ代替材料として、エレクトロニクス製品製造における実装材料として広く適用されている。しかしながら、その導電特性とコストに課題があるとされている。これまで ICA の導電は、ICA 中に分散させる導電性フィラーの接触によって確保されると考えられてきたが、一方で開発者間では、それだけでは説明がつかないことが認識されているが、有機材料と無機材料のコンパウンドであるということから、その導電機構に関して科学的なアプローチはほとんど行われてこなかった。本研究では、その導電メカニズムを明らかにすることを目的にその影響因子も含め調査した。そのため本研究では、解こう剤など系を複雑にする因子をできるだけ排除した、かつ実用材に近い ICA の設計と製造から出発し、収縮と導電性発現の関係を検証した。更にフィラーの接触以外の様々な導電性発現メカニズムの存在の可能性を調査した。その成果を要約すると次の通りである。

- (1) 表面に何も処理をしていない球形の Ag フィラーを用いた ICA では、導電性発現は使用するバインダで異なり、硬化過程におけるバインダの膨張・収縮と導電性発現の間にも、必ずしも密接な相関関係は認められないことを明らかにした。更に、フィラー間距離と導電性発現にも相関はなく、導電性を発現するパーコレーション閾値もバインダ種類により変化することを明らかにした。
- (2) ICA の収縮に加えて、熱特性、粘性の変化やフィラー形状が導電性発現に及ぼす影響を調べた結果、硬化反応と導電性の発現には明確な相関関係はなく、導電性発現には、硬化するか否かに関わらず、加熱を行うことが影響を及ぼすことが示唆された。バインダの粘弾性低下は、Ag フィラーを沈降させ、導電性を発現することがあるが、粘度と体積抵抗率の値には相関がないことを示した。またフィラー形状が変わっても、安定的な導通の発現とフィラーの収縮との間には、相関はないことを明らかにした。
- (3) フィラーの接触以外の導電メカニズムの存在を調査するために、ICA の DC 抵抗値の温度による変化、DC 抵抗と AC 抵抗の違い、および AC 抵抗の周波数特性を測定した。その結果、トンネル電流や容量結合により導電する可能性が示唆された。
- (4) 導電を生じやすいバインダ成分を考察した結果、フェノール性 OH を含有する ICA はアルコール性 OH を含有する系より低抵抗を示し、官能基が導電性発現に影響を及ぼす可能性が示唆された。

以上のように、ICA の導電性向上には無機材料フィラーの設計の観点のみから開発が行われてきたことに対し、本研究はバインダなど有機材料が導電性に影響を及ぼすことを明らかにしたもので、今後の ICA の開発に新たな指針を与えるもので、今後の ICA の開発研究に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものとして認める。