

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム**  
**FS ステージ シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書**

研究開発課題名	: 低温成形窒化銅ナノ粒子を用いる導電性インクの開発とプリントエレクトロニクスデバイスへの展開
プロジェクトリーダー	: 日華化学株式会社
所属機関	: 日華化学株式会社
研究責任者	: 中村考志（国立研究開発法人産業技術総合研究所）

### 1. 研究開発の目的

工程数が多く高環境負荷物質を排出する従来の配線作成方法に代わり、早く、無駄なく、低環境負荷で配線プロセスの構築が可能なプリントエレクトロニクス技術が注目されている。

使用される導電性インク材料として、従来より Ag が用いられているが、コストやマイグレーションなどの諸問題を有する。Ag 材料の問題を克服できる素材として Cu が大きく期待されているが、Cu は酸化され易く導電化処理に解決課題が多く存在する。

課題を解決するため、大気下で安定且つ低温で銅と窒素に分解する窒化銅を用いた配線インクの特性を評価し、従来材料とは異なる優位性を見極める。

窒化銅ナノ粒子を用いた印刷配線材料の創製を達成することで、低環境負荷技術の普及に貢献する。

### 2. 研究開発の概要

#### ①成果

従来の窒化銅インクの性能は、加熱導電化温度 350°C、体積抵抗率  $4 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$  であり配線インクとして実用するには不十分であった。そこで、導電発現温度の低温化と抵抗率の低下を課題とし、以下の項目について検討を実施。

○200°C以下の加熱焼成による  $1 \times 10^{-6} \sim 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$  を達成。

○光焼成を用いて  $1 \times 10^{-6} \sim 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$  を達成。

○高密度の銅導電膜を得る事の出来る窒化銅ナノ粒子インクの検討。

研究開発目標	達成度
①加熱による窒化銅ナノ粒子の導電化条件の目標を 200°C以下の加熱温度、得られる体積抵抗 $1 \times 10^{-6} \sim 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ 。 ・加熱焼成条件の最適化と構造評価 ・窒化銅ナノ粒子のインク化の為の溶剤及び粘性調整剤、添加剤の検討	①200°C以下の加熱温度で体積抵抗 $1 \times 10^{-6} \sim 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ のデータは得られず。 達成度 80% ・添加剤の組合せ、条件を調査し、200°Cの加熱で 90%近く銅に転化することが分かった。しかし、膜の強度不足から、導電性を計測できなかった。 ・印刷適性を考慮した溶剤の特定はできたが、実証はこれから。
②光による窒化銅ナノ粒子の導電化を行い膜厚 10 $\mu\text{m}$ の膜において体積抵抗 $1 \times 10^{-6} \sim 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ を達成することを目標とする。	②導電化した膜は 10 $\mu\text{m}$ 換算で $5 \times 10^{-6}$ (シート抵抗値 $5 \times 10^{-1} \Omega/\text{sq.}$ ) $\Omega \cdot \text{cm}$ を確認し目標を達成。 達成度 100%

<ul style="list-style-type: none"> <li>・光焼成条件の最適化と構造評価</li> <li>・窒化銅ナノ粒子のインク化の為の溶剤及び粘性調整剤、添加剤の検討</li> </ul> <p>③窒化銅ナノ粒子を用いた銅配線の高密度化への取り組みとして導電化処理後、比表面積が <math>1 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}</math> 以下となる膜の調製条件の探索</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・窒化銅ナノ粒子由来導電膜の高密度膜化の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・窒化銅と他の銅系化合物との比較を進め、窒化銅が光焼成用導電インクに適していることを示した。</li> <li>・分散剤においては、分散性良好且つ光焼成時に窒化銅の銅転換率を阻害しない物質を確認できた。</li> </ul> <p>③400°C、30 分の加熱で <math>1.3 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}</math> を達成。 達成度 100%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・緻密化をする上で最も効果的な方法が、窒化銅から銅への積極的な転化であることが分かった。</li> </ul>
---	--

## ②今後の展開

熱焼成での導電性に関するデータが得られていない現状では、現状市場にある Cu 系導電インクに対する熱焼成における優位性は不明である。しかし、先にも述べたが光焼成では可視光領域に亘る光吸収性があり、金属銅を除く銅系化合物で最も銅の元素比率が高い窒化銅の優位性は高い。特に光焼成は、焼成時間が 1 秒以下と早く高い導電性膜を得る事の出来る方法であり、電気炉や温風など加熱法に代わる方法として注目されている。配線等をプリントで製造する工程において、焼成工程に必要とする時間の短縮は重要課題であり、焼成工程の時間が長ければプリント処方の優位性である、連続性が失われる恐れもある。

現在ラボレベルであり市場実績は無いが、今後採用が期待される光焼成処方に対応する Cu 系導電インクとして窒化銅の事業創出を目指す。

## 3. 総合所見

目標の一部が達成できず、次の研究開発フェーズに進むための課題が残されている。

しかし、プリントエレクトロニクスの進展への貢献が期待される低温プロセスでの導電膜形成に対し、加熱焼成と光焼成の両面から検討し、光焼成が適していることを明らかにしたことは、評価できる。

今後は、光焼成の特徴が活かせる用途の開発と、導電膜としての実用性能の確認や改善を進め、実用化されることが望まれる。