

分散・インク講座 (第4講)

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 92 [7], 205-209 (2019)

銅微粒子の分散と導電性インク・ペーストへの展開

米澤 徹^{*,†}・松原正樹^{**}

*北海道大学大学院工学研究院材料科学部門 北海道札幌市北区北十三条西8丁目 (〒060-8628)

**仙台高等専門学校 宮城県名取市愛島塩手字野田山48番地 (〒981-1239)

† Corresponding Author, E-mail: tetsu@eng.hokudai.ac.jp

(2019年5月9日受付, 2019年5月16日受理)

要 旨

次世代プリントドエレクトロニクス技術の早期実現には、インク中で安定に分散し低温で焼結可能な金属微粒子の開発が急務である。そのような金属微粒子の調製には、分散媒中で強く凝集することなく安定に高濃度分散可能な表面デザインの下で、サイズや形態がよく制御された単分散な微粒子を合成することが必須となる。さらに、長期的な分散安定性の付与にはバインダーの添加やインク化に先立つ微粉化などの前処理も重要となってくる。われわれは低コストで基板上での耐マイグレーション性の高い銅に着目し、銅微粒子の表面保護と微粉化により低温焼結可能で長期安定な銅微粒子インクを開発した。

キーワード：プリントドエレクトロニクス, 銅微粒子, 低温焼結, 分散技術

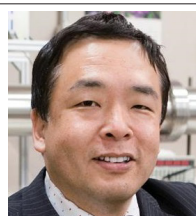
1. 緒 言

プリントドエレクトロニクス¹⁾は、アルコールなどの有機溶媒中に導電性の微粒子あるいはナノ粒子を高濃度に安定分散させた、インク状あるいはペースト状の分散体を用いる。それを用い、スクリーン印刷、グラビアオフセット、インクジェットなどの既存の印刷技術を利用して、電子回路基板や透明導電膜などの電子デバイスを製造する技術である。この技術は、省エネルギーかつ省材料を実現する次世代デバイス製造技術として非常に注目を集めている。導電インクの基材としておもに用いられる金属微粒子および金属ナノ粒子の特性は、そのサイズや形態、さらには微粒子と外界との接点である界面の影響を大きく受ける。また、合成法をチューニングすることによりナノ粒子はそのサイズ・形態を容易に制御できる^{2,3)}。その

ため、金属微粒子を高濃度分散させインクあるいはペーストとして利用するには、サイズや形態がよく制御された単分散な微粒子を合成するだけではなく、分散媒中で凝集することなく安定に高濃度分散可能な表面デザインが重要となる。その際、高濃度の粒子は分散媒中でどうしても凝集しやすいことから長期的な分散安定性の付与にはバインダーの添加やインク化に先立つ微粉化などの前処理もキーとなってくる。さらには、インク自体の粘度や基板への親和性・塗布性などインク特性を評価するうえで、制御すべき要因はかなり多くなる。

これまでに導電インクに用いられてきた金属微粒子の対象は、金あるいは銀などの貴金属が多く使われてきている。銀は貴金属として安定であり、金と比べて安価で、融点も比較的低く、配線描画材料の有力候補であると考えられている。実際に室温程度の低温でも銀ナノ粒子の焼結が進行すると報告されている^{4,5)}。このように低温プロセスでの銀ナノ粒子の優位性は多く示されているものの、銀はやはりややコストが高く、さらには基板上でイオン化し電子回路上で再析出することで、回路短絡の原因となるいわゆるイオンマイグレーションを引き起こす可能性があり、微細な電子回路形成には向いていないとされる。そこでわれわれは金や銀と比較して十分に導電性が高く、価格は銀の約1/90程度と非常に安価で、耐マイグレーション性の高い銅に着目している。しかしながら、銅は金や銀と比較して酸化されやすく、ナノサイズ化した際に表面に酸化銅が形成されてしまい、そのまま焼結させても導電性は著しく低い。そのため銅ナノ粒子・微粒子を導電性材料として活用するためには、空気中や溶媒中での粒子表面の酸化を抑制しつつ、溶媒中へ長期的に安定分散可能な粒子デザインが必須となる^{6,7)}。

銅ナノ粒子の表面保護としては有機分子保護⁸⁻¹⁰⁾やポリマー保護¹¹⁻¹⁶⁾、異種金属¹⁷⁾あるいは金属酸化物¹⁸⁾コーティングによるコア-シェル構造の形成などが検討されている。異種金



〔氏名〕 よねざわ てつ
〔現職〕 北海道大学大学院工学研究院材料科学部門教授
〔趣味〕 スキー, フランス語, 旅行
〔経歴〕 1994年東京大学工学系研究科博士修了, JSPS特別研究員, 九州大学助手, 名古屋大学助教授, 東京大学准教授を経て2009年北海道大学工学研究院教授。2011年高分子学会日立化成賞, 2016年よりイギリス王立化学会フェロー。



〔氏名〕 まつばら まさき
〔現職〕 仙台高等専門学校 助教
〔趣味〕 剣道 (剣道部の顧問で四段取得)
〔経歴〕 2013年東北大学で博士 (工学) 取得後, 2014年から北海道大学米澤徹研究室で低温焼結材料開発に取り組み, 2015年から仙台高専に助教として着任。

【図表について】電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai/-char/ja/