

銅微粒子の高濃度分散と電子部品部材への応用

北海道大学 大学院工学研究院 米澤 徹

電子部品部材を印刷して作成する「プリンテッドエレクトロニクス (PE)」がさまざまな電気装置の少量多品種生産、早いモデルチェンジなどにも十分対応できる電子部品作製技術として重要視されている。その実現のためには、高濃度に金属微粒子を分散させたインク・ペーストを作成する必要がある。このインク・ペーストは濃厚分散系であり、粒子は金属であって比重も高いために、安定な分散系を作ることは簡単ではない。そのなかでも、本発表で取り上げる銅微粒子・ナノ粒子は酸化が生じやすく、それを抑制しつつも、十分低温で焼結しなくてはならない。そこで本講演では、我々の合成する銅微粒子とその高濃度分散化、さらには焼結挙動について発表したい。

銅微粒子の高濃度分散のためには、適切な分散媒の中に合成し、一般には乾燥粉として得られる凝集した銅粒子をばらばらに解粒する必要がある。もしくは、合成した分散液にインク・ペーストとしての分散媒を添加し、合成時の溶媒をその後除去することになる。前者の再分散の場合にはエネルギーを与える必要があるが、金属には延性があるため、あまり大きなエネルギーを与えてしまうと粒子が扁平化するなどの問題がある。そこで実際の分散にはたとえば、非常に細かいビーズと混合して分散したり、分散液に弱く「ずり」を与えることで粒子分散を行う必要がある。また、解粒には手順が必要で、一つの方法で独立的に分散させることは基本的にはできない。軽く凝集した粒子を弱いエネルギーで順々にほぐしながら、分散媒との濡れを考慮しながら、濃厚分散液を作製する。具体的には、分散液内の銅微粒子の分散状態のチェックや印刷後の表面／断面の粒子の密度を細かく評価することが必要となる。

さらに得られた分散液の長期安定性の評価も必要となる。分散液の長期安定性の評価では、粘度の変化、銅微粒子の再凝集、また、銅微粒子の酸化などをよく評価しなくてはならない。そのためには、粘度評価、印刷時の凹凸などの評価はもちろんのこと、XRD による評価も欠かせないだろう。

電子部品部材への応用は基本的には 2 点であり、導電性配線の形成とダイボンディング材料への応用展開である。導電性配線の形成では、銅微粒子同士がネッキングし、ネットワークができることが重要である。そのためには、表面に存在する有機物の分子が移動する温度であって、銅原子の拡散が行われる必要がある。たとえば高分子保護銅微粒子の場合には、100℃～120℃あたりがその下限になると考えられる。しかしながら原子の拡散速度は物理化学現象であり、温度に大きく依存するため、一定以上の温度が原子の拡散には必要である。こうした温度が微粒子焼結における最低温度を決めるファクターとなることが考えられる。ダイボンディング剤の場合には、ネッキングのあと十分に強度をもった接合が行われる必要があり、十分な原子拡散が行われなくてはならない。このためには、微粒子のコア部の微細構造の工夫や、昇温速度の検討などが行われなくてはならない。そのために我々は工夫をした銅微粒子・ナノ粒子の合成を行っている。

本発表では、これらの内容について詳細に議論したい。