有機物被覆複合ナノ粒子量産用
パルス細線放電装置開発

育成研究：ＪＳＴイノベーションサテライト新潟　平成 17 年度採択課題
「有機物被覆複合ナノ粒子量産用パルス細線放電装置開発」

代表研究者：長岡技術科学大学　電気系　特任教授　新原晧一

■ 研究概要

パルス細線放電を利用した量産用ナノ粒子作製装置とその応用製品の研究を行った。有機物被覆ナノ粒子の作製装置、およびこれを利用した電子機器配線用導電ペーストと半導体ナノレベル加工用ウエットブラストスラリーの実現と市場創出が可能となった。

■ 研究内容、研究成果

ナノメートルサイズで微細化された半導体加工のため、これを破壊しないような後処理工程が要求されている。たとえば、半導体チップの配線用導電ペーストには低温焼成が、ウエットブラストスラリーにはナノメートルレベルでの表面研削加工や薄膜除去が求められている。これらの技術を実現するため、導電材料ナノ粒子ペーストや硬質材料ウエットブラストスラリー用の無機物ナノ粒子を有機物で被覆・分散した材料が求められている。液相法による金属ナノ粒子作製法では、有機物と金属の組み合わせが変わると反応プロセスをすべて最適化し直さねばならない。これに対して、気相法では金属を有機物含有ガス中で蒸発させればナノ粒子を作製できるが、蒸発時の熱散逸によるエネルギー変換効率低下が問題となっていた。これに対して、パルス細線放電法は、原料金属細線に直接パルス通電するため、熱散逸が少ない高エネルギー変換効率のナノ粒子作製法として知られていた。これを用いれば、多品種少量生産に向いている有機物被覆ナノ粒子作製法となる可能性があるが、その量産装置開発が行われたことはなかった。本研究ではパルス細線放電法による有機物被覆ナノ粒子作製装置と、その応用分野開拓に関する研究開発を行い、初期目標を超える成果を達成すると共に、新しい表面加工プロセスの開発にも成功した。

まず、直径 0.2～0.4 ミリの金属細線を繰り返し速度 4Hz で放電させ、粒子作製速度 484g/h の有機物被覆ナノ粒子作製装置開発に成功した。また、この方法では縒り線原料や作製条件を変えることにより、一つの装置で最小 5nm の金属粒子や、広い組成範囲の合金や化合物ナノ粒子を合成できることが判明した。また、作製された銅ナノ粒子は有機物被覆のため酸化速度が非常に遅く、これを用いた導電ペーストは10^{-4}Ω㎝と市販の銅粒子を用いたペーストより低い抵抗率を示すことが判明した。さらに、酸化アルミニウムナノ粒子を用いたスラリーを用いたウエットブラストは、パターニング工法の一つであるリフトオフプロセスに応用することにより、サブミクロンレベルのパターン配線を形成できる新技法を生み出すことがわかった。

上記の結果より、パルス細線放電法とこれで作製された有機物被覆ナノ粒子が“小規模企業でも導入可能なナノテク”を具現化し、機械加工が盛んな新潟県中越のみならず日本各地の地方活性への大きな貢献に道を拓いた。

■ 今後の展開、将来の展望

今後 1～2 年間は、共同研究企業の自社費用にてパルス細線放電装置の電極・チャンバー改良、導電ペースト焼成条件ならびにウエットブラスト処理条件最適化に関する開発を進める。その後、パルス細線放電による有機物被覆ナノ粒子作製装置の販売および導電ペーストと酸化物ナノスラリーのサンプル供給を開始する予定である。

図１　パルス細線放電装置

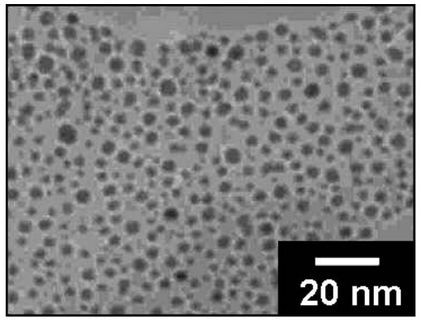

図２　パルス細線放電法で作製された銅超微粒子

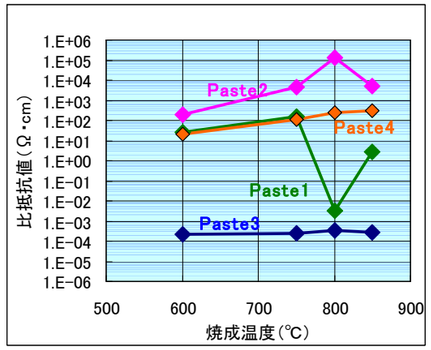

図３　銅ナノ粒子導電ペーストの電気抵抗率（Paste1, 2 市販品、Paste3, 4 パルス細線放電品）

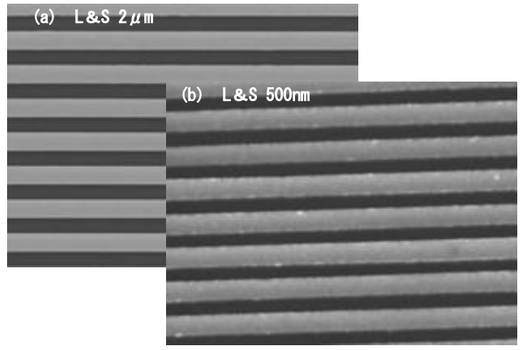

図４　酸化アルミニウムナノ粒子スラリーによるウエットブラストを応用した新規プロセスでシリコン基板に形成した金の微細パターン

■ 研究体制

◆ **代表研究者**
長岡技術科学大学　電気系　特任教授　新原晧一

◆ **研究者**
末松久幸、江　偉華、中山忠親、鈴木常生　（長岡技術科学大学）
鈴木憲一、芝宮良雄　（ナミックス（株））
松原　亨、小方雅淑、浅井嘉久、大倉弘至　（マコー（株））
斎藤　博、佐藤　健、丸山英樹　（新潟県工業技術総合研究所）
石原　知　（（独）科学技術振興機構）

◆ **共同研究機関**
長岡技術科学大学、ナミックス（株）、マコー（株）、新潟県工業技術総合研究所、（独）科学技術振興機構

■ 研究期間

平成１８年２月　～　平成２０年９月