

銅ナノ粒子合成における液中パルス放電の放電特性

Characteristics of Pulse Discharge in Liquid on Synthesis of Copper Nanoparticles

愛媛大¹ ○(M1)兵頭 拓磨¹, 向笠 忍¹, 平野 裕太郎¹, 野村 信福¹

Ehime Univ.¹, [○]Takuma Hyodo¹, Shinobu Mukasa¹, Yutaro Hirano¹, Shinfuku Nomura¹

E-mail: mukasa.shinobu.me@ehime-u.ac.jp

近年、電子機器の小型軽量化やフレキシブル化への要求の高まりにより、プリントドエレクトロニクス (PE) 技術が注目されている。現在 PE のインク材として主に銀ナノ粒子が使用されるが、低コストかつ低マイグレーションである銅ナノ粒子への代替が望まれている。しかし、銅ナノ粒子は酸化されやすく、一般的に合成時や保持において保護剤が必要となる。我々はメタノール中の銅細線間でパルス放電を起こすことにより、保護剤なしで金属銅ナノ粒子を合成することに成功した[1]。手法ならびに装置は簡便であることから PE 装置内に本装置を導入してバルク銅から粒子を合成し即時に印刷することが可能と考えている。本研究では、液中パルス放電による粒子合成時における放電特性を調査することを目的として、メタノールと純水中でのパルス放電の電流電圧波形をオシロスコープで測定し、発光の様子を高速度カメラで撮影した。

高電圧パルス発生装置としてガソリンエンジン用のイグニッションコイルを用い周波数 50 Hz で高電圧パルスを発生させた。メタノールまたは純水を満たした容器の上下から直径 1 mm の銅線電極を挿入し、先端を向かい合わせて両先端間で放電を発生させた。放電時の電極間の電圧と電流をオシロスコープにより測定し、発光の様子を高速度カメラ (100,000 fps) で撮影した。

純水ならびにメタノール中での電流電圧波形には以下のような共通点がみられた。放電開始までにパルス印加側の電圧は負の値で数~20 kV まで降下し、1回の放電時間は1~2 msであった。電極間距離が大きくなるにしたがい放電開始電圧の降下は大きくなり、放電時間は短くなった。放電は連続ではなく数百 ns の周期で起きており、1つの周期の放電で約 0 V に戻る電圧は次の放電までにマイナス数百 V 降下する様子が繰り返された。一方、空気中での放電は同様の周期性を有さず連続して起きた。また、純水中での放電においてのみ、放電を繰り返している途中で数回ほぼ等間隔に放電が休止する期間がみられた。理由は明らかでない。さらに、メタノール中での放電においてのみ、放電開始直後から幅 10 μ s 程度の緩やかなピークとなるパルス放電の電流とは逆向きの電流が流れた。これは、ストリーマ放電においてストリーマ内の電子が消失した後に残存するイオンのドリフトによるものと考えられる。高速度カメラ撮影から、純水とメタノールの場合ともにブレークダウン直後に強い発光がみられ、その後、多くの場合接地側の電極面近傍で発光が持続した。また、電極間を離れた場合、電極間で細長く伸びる発光が観察された。純水の場合において周期的に強い発光がみられたが、これは放電休止期間直後の発光とみられる。

参考文献

[1] 菊池亮太, 向笠忍, 増田拓矢, 山田陸, 野村信福, メタノール中のパルス放電による銅ナノ粒子の合成, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 (2019).