

水中パルス細線放電における加熱過程の制御

Control of Heating Process on Underwater Pulsed Wire Discharge

長岡高専¹ (B)村山 大河¹, °床井 良徳¹

NIT, Nagaoka Col.¹, Taiga Murayama¹, °Yoshinori Tokoi¹

E-mail: toki@nagaoka-ct.ac.jp

1.はじめに

ナノ粒子は、プリントエレクトロニクスの研究分野において重要な材料であり、現在、AgやAuのナノ粒子に代わるCuナノ粒子の安価に量産可能な手法の開発が急務となっている。

パルス細線放電法(Pulsed Wire Discharge: PWD)とは、パルス大電流を金属細線に流すことで、極短時間に金属細線全体をプラズマ/蒸気にし、そのプラズマ/蒸気からナノ粒子を生成する手法である。本手法の最大の特徴は、金属細線にパルス大電流を流すだけで、プラズマ/蒸気の生成する事が可能なため、プラズマ/蒸気の生成場を選ぶことなくナノ粒子を生成できる事である。本研究では、ワンステッププロセスにてナノインクを作製する技術を開発するために液中でのPWDに関する研究を行っている。

本発表では、PWD中の細線および蒸気の加熱を左右するRLC回路中のインダクタンスを変化させて、加熱機構および生成粒子への影響を調査したので報告する。

2.実験方法

本実験では、PWD装置中のRLC回路中のインダクタンス(L)のみを $L = 0.78, 0.91, 1.22, 1.69, 1.9 \mu\text{H}$ と変化させた。コンデンサ容量(C)、 $C = 10 \mu\text{F}$ 一定とし、抵抗(R)は使用する細線に依存し、直径 0.1mm 、長さ 25mm のCu細線を用いて $R = \Omega$ 一定、コンデンサの充電電圧を 3kV 一定とした。この条件下で水中にてPWDを行った。PWD中の加熱の様子を観察するために電圧・電流波形の計測および高速度カメラによる蒸気/プラズマ挙動の観察を行った。作製された粒子は、X線回折装置と透過型電子顕微鏡にて相や粒径の分析を行った。

3.結果と考察

本研究では、 L を変化させ実験を行った。その結果、Fig.1に(a) $L=0.78\mu\text{H}$ および(b) $L=1.90\mu\text{H}$ 時の電圧・電流波形と高速度写真に大別される事が判明した。 $L=0.78-1.22\mu\text{H}$ と $L=1.69-1.90\mu\text{H}$ である。Fig.1において細線加熱は $t=1.8-2.7\mu\text{s}$ で終了し、その後、電圧波形には 2.5kV 、電流 0A となり、細線加熱が一時中断され、その後(a)では $t=220\mu\text{s}$ 付近、(b)では $t=10\mu\text{s}$ 付近にて、再度電流が流れるアーク放電が生じている事が確認された。この細線加熱が中断される時間帯をdwell-timeと呼ばれている。今回の実験では、 $L=0.78-1.22\mu\text{H}$ において long dwell

time, $L=1.69-1.90\mu\text{H}$ において short dwell timeが観測された。作製された粒子はCuと Cu_2O が混在している事が確認された。Fig.2に作製された粒子中のCu含有量と結晶子サイズを示す。Fig.2より、インダクタンスが低いLong dwell timeの場合、Cu含有量とCuの結晶子サイズが増加する結果となった。

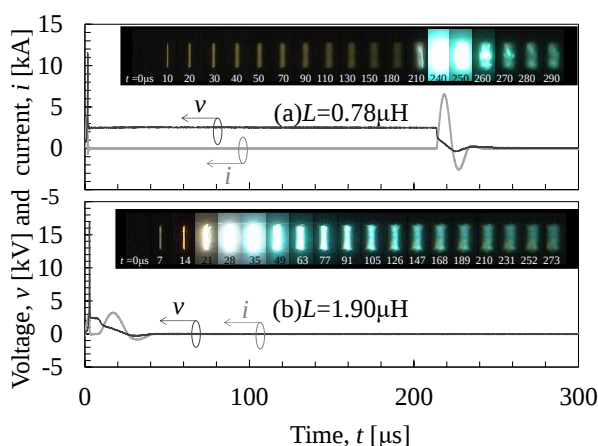


Fig.1 Voltage and current waveforms

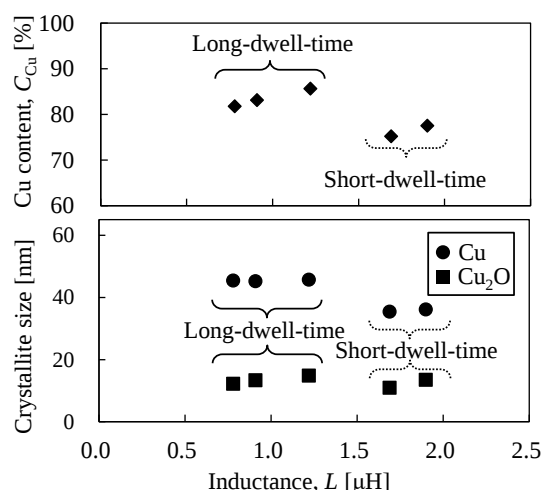


Fig.2 Crystallite size and Cu content

4.まとめ

水中にてCu細線を用いてRLC回路中のインダクタンスを変化させた結果、2種類のdwell-timeが観測された。dwell-timeの長さにより、作製される粒子の粒径や相に影響を及ぼす事が確認された。