

# 熱プラズマを用いる材料プロセッシングにおける計測技術

九州大学 大学院工学研究院 渡辺隆行

## 1. 緒言

プラズマを発生する方法として、直流放電、交流放電、高周波放電が用いられてきた。これらの従来のプラズマ発生システムに加え、多相交流アークが新しい熱プラズマとして期待されており、材料プロセッシングへの応用を目的として、6相や12相などの多相交流放電アークの研究が行われている。それぞれの電極に位相の異なる多相交流を印加することにより、電極先端部で囲まれた領域全体にアークを発生する方法である。

多相交流アークはプラズマ体積が大きく、ガス流速が遅いという特徴があることから、粉体の高温処理に優れており、ガラス原料のインフライトに関する研究が重点的に行われてきた。一段のプロセスで、安価でかつ大量にナノ粒子を製造することができるという長所を有することから、多相交流アークによるナノ粒子の合成も注目されている。今後、産業界に広く使われるためには、プラズマ中におけるナノ粒子の生成機構の解明と、より制御されたプロセッシングの開発が必要である。

多相交流アークは世界的に研究例が少なく、実用化に向けては電極の物理現象の解明が必要である。電極現象を把握する上で、電極表面温度と電極近傍の金属蒸気観察は重要となる。多相交流アークでは、交流20 msを1周期として時間変動するアークの強い発光のため、従来の方法では電極の計測は困難である。2台の高速ビデオカメラに適切な光学系を組み合わせることにより、msオーダーでの電極表面温度と電極近傍の金属蒸気挙動の同期計測を行うことができる。ここでは電極消耗機構の解析を目的として、熱プラズマの電極現象の計測方法を紹介する。

## 2. 実験方法

多相交流アークの放電時における、電極表面温度と電極近傍の金属蒸気挙動の同期計測を行った。両計測とも高速度カメラとバンドパスフィルター(BPF)を用いており、高速度カメラのCCD面に、異なる二波長の画像を同時に結像させることで、温度計測と金属蒸気挙動の観察を行うことができる。BPFの波長には、温度計測に785 nmと880 nm、タングステン蒸気の観察に401 nmを用いた。これらの計測は、Fig. 1に示すように装置側面部からの電極表面温度の計測、装置上部からの金属蒸気挙動の観察により行った。電極材料には2%トリア入りタングステンを用いた。電極を酸化から防ぐため、アルゴンをシールドガスとして用い、0–10 L/minの範囲で変化させた。

## 3. 実験結果

Fig. 2 (a), (c)に、12相放電中の陽極時におけるタングステン蒸気のスナップショット、(b), (d)に放電中電極のスナップショットを示す。Fig. 2 (a), (b)はシールドガス流量が

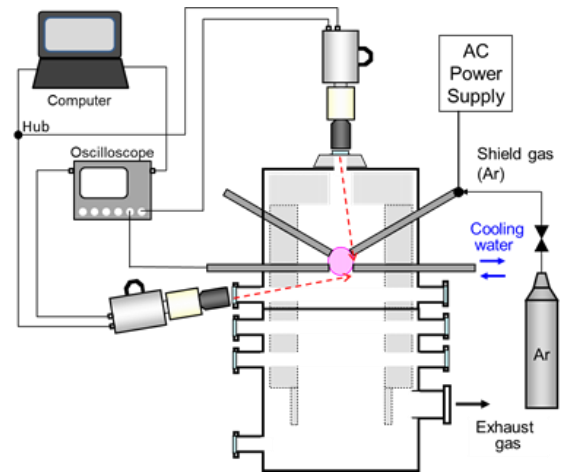


Fig. 1 Multi-phase AC arc reactor.

2 L/min, (c), (d)は5 L/minであり、それぞれが同期した画像となっている。陽極時の電流のピーク時において電極からタングステン蒸気が発生し(Fig. 2 (a)), その後は、電流値の減少とともに蒸発量が減少した。この瞬間的なタングステンの蒸発は、低シールドガス流量の条件下において顕著に観察された。低シールドガス流量の条件下では電極の酸化が促進したことに起因すると考えられる。

上述の現象について、より詳細な検討を行うために Fig. 2 (b), (d)を画像解析することにより電極表面温度分布を算出した (Fig. 3)。低シールドガス流量の条件下において、電極先端温度はより高温になることがわかった。これらの同期計測結果を解析することにより、タングステン電極の消耗機構についての考察を行うことが可能となる。

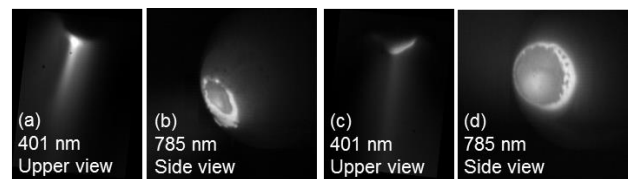


Fig. 2 Representative snapshots of high-speed images during 12-phase discharges for anode with different Ar flow rates; (a), (b) 2 L/min; (c), (d) 5 L/min.

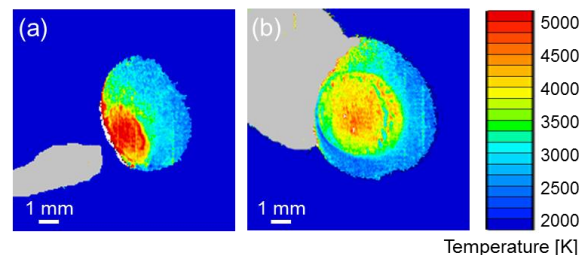


Fig. 3 Temperature distribution on anode during 12-phase discharge with different Ar flow rates; (a) 2 L/min, (b) 5 L/min.