

## ナノ粒子生成中の液中プラズマの高速度カメラ観察

### High-speed camera observation of solution plasma during nanoparticles formation

北大工 〇齊藤 元貴, 中杉 祐己, 秋山 友宏

Hokkaido Univ., 〇Genki Saito, Yuki Nakasugi, Tomohiro Akiyama

E-mail: genki@eng.hokudai.ac.jp

**【緒言】** 近年、大気圧下の液相中で、電極材料表面に発生させるプラズマによって電極を局部的に溶解させ、ナノ材料を合成する手法が、装置が単純で生産性の高い手法として期待されている。この方法では、電極表面近傍の電解液が沸点まで加熱されてガス層を形成した後、プラズマに変化し、電流の電極への局所集中によってナノ材料が合成されると考えられている。しかしながら、ナノ粒子生成中のプラズマの挙動については、あまり研究されていない。そこで本研究では、分光器と高速度カメラを用い、ナノ粒子生成中の液中プラズマを分析した。より高速度カメラ観察に適するよう、従来の金属細線状の電極に代わり、金属平板電極を新たに適用した。

**【実験方法】** Fig.1 の左図は、金属平板電極の構造を示す。厚さ 0.2mm の Au、Ni、Ti、Zn の平板は、石英製のホルダーに挿入され、片側に設けられた直径 14mm の孔で電解液と接触する。対極は白金メッシュであり、電解液は 0.1M NaOH が使用された。放電は直流 190V で 30 分継続した。高速度カメラはフォトロン製 FASTCAM SA5 が用いられ、20000 fps で撮影された。プラズマの発光は、Ocean Optics 製分光器 USB2000+ を用い、200 から 850nm の範囲で計測された。生成粒子を TEM により観察した。

**【結果】** Fig.1 の右図はそれぞれの電極の発光状態を示す。色の違いは発光スペクトルに起因しており、 $H\alpha$ 、 $H\beta$ 、OH、O、Na の発光に加えて、それぞれの電極材料からの発光が測定された。熱平衡を仮定した上で、発光強度比から計算された Au、Ni、Zn の励起温度はおおよそ 4000K であった。

Fig.2 に示す高速度カメラによる発光の観察から、微小な発光点が数 100 マイクロ秒以内に生成し、消滅することが明らかとなった。さらに、発光が消滅した場所の近傍で、次の発光が開始しやすい傾向が観測された。これらの発光点は、電流の局所集中により生じると推察される。ある一箇所のプラズマ温度が周囲と比較して相対的に高い場合、その部分の導電率が高くなり、電流が増加し、さらに温度が増加する。こうしてなだれ般的な電流集中が瞬間的に生じ、ある微小領域でプラズマが形成され点発光を生ずるが、同時に熱の拡散によって周囲との温度差が減少すると、プラズマが消滅すると推察される。材料によって発光挙動に差があることも明らかとなった。

TEM 観察により、Au、Ni、Ti では球状ナノ粒子が生成し、Au と Ni はほぼ金属であるが、Ti は部分的に酸化されたことが明らかとなった。また、Zn ではナノロッド状の ZnO が生成した。球状粒子は電極の溶解と凝固により生成し、ZnO は電解液との反応により生成したと考察した。

**【参考文献】** G. Saito, Y. Nakasugi, T. Akiyama, Applied Physics Letters, 2014, 104 (2014) pp. 083104.

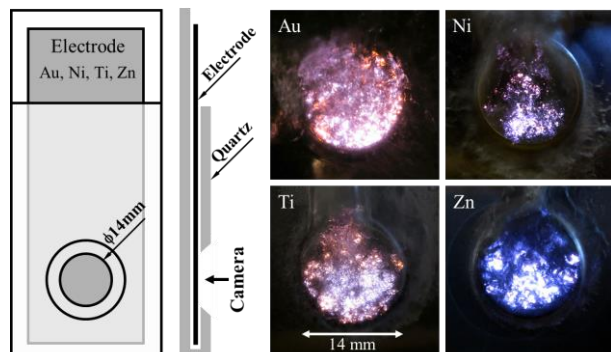


Fig. 1 Schematic diagram of the cathode and photographs of each electrode plate.

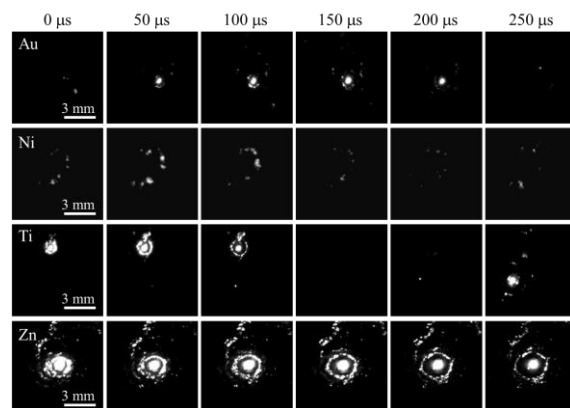


Fig. 2 Sequential images of the plasma generated on the electrode plate, taken using high-speed camera.