

凍結溶液表面へのクライオプラズマ照射による金属配線の創製

Metal grid fabrication with cryoplasma irradiation to the surface of a frozen solution

東大院新領域 °榊原 教貴, 伊藤 剛仁, 寺嶋 和夫

The Univ. of Tokyo, °Noritaka Sakakibara, Tsuyohito Ito, and Kazuo Terashima

E-mail: n.sakakibara@plasma.k.u-tokyo.ac.jp

近年、プラズマと液相の水や溶液との間の相互作用に着目したプラズマ-液体系が新しいプラズマプロセス反応場として注目を集めており、ナノ材料合成から農業、バイオ・医療応用に至るまで幅広く精力的に研究されている。一方、我々は、室温以下から液体ヘリウム温度に至る幅広い低温領域においてガス温度が制御された非平衡プラズマをクライオプラズマと称し、ガス温度の制御パラメーターとしての重要性を明らかにしてきた^[1]。そして、クライオプラズマを用い、プラズマ-液体系において系の温度を低温領域へと制御しながら拡張することで、新たなプロセス反応場としてのプラズマ-氷共存系を世界に先駆けて提唱し、実際にプラズマ-氷共存系の再現性の良い創出を実現してきた^[2]。

低温・極低温での代表的な物質としての氷、特に氷表面は、極低温な大気・宇宙環境といった自然環境においては支配的な反応場を形成することが知られている。一般に、低温において反応速度は低下するが、氷表面を起点とした吸着、拡散、反応といったヘテロ界面反応場が期待される。また、氷表面には固体微粒子や電解質などの不純物が溶液中に含まれる場合、それらは凍結により排斥され氷表面に濃縮溶液の液体層が形成される^[3]。このような特徴ある氷表面にプラズマから反応活性種が供給されることで、プラズマ-氷共存系は新規低温プロセス反応場としての展開が期待できる。

本研究ではその第一報として、プラズマ-氷共存系のプロセス反応場としての可能性を模索すべく、氷表面へのプラズマ照射による金属配線の作製を試みた。ペルチェ素子上において金属イオンを含む溶液を凍結させて凍結溶液表面に金属イオンの濃縮溶液層を形成し、そこへガス温度が -10°C 程度のクライオプラズマジェットを 0.05 mm/sec で走査しながら照射した。なお、クライオプラズマジェット生成には内径 1.1 mm のキャピラリーで作製した誘電体バリア型の電極を用い、液体窒素で冷却したヘリウムガスを 400 sccm で導入しながら 1.5 kVpp の交流電圧を 25 kHz で印加した。その結果、 25 mM の金イオン溶液 ($\text{HAuCl}_4\text{ aq}$) の凍結溶液を用いた場合、プラズマジェット照射部において金イオンが還元されることで、 $200\text{ }\mu\text{m}$ 程度の幅で氷上に金が析出した (図 1)。そして、抵抗率測定および SEM 観察により、電気伝導性を持つ自立した金配線であることが確認された。以上より、プラズマ/氷界面を特徴あるプロセス反応場として積極的に利用することでの、プラズマ-氷共存系の新規低温プロセス反応場としての可能性が提示された。

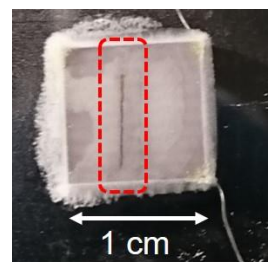


図 1 凍結溶液上に作製された金配線 (赤枠線内)

参考文献 [1] N. Sakakibara *et al.*, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **50** (2017) 165201. [2] N. Sakakibara and K. Terashima, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **50** (2017) 22LT01. [3] A. Inagawa *et al.*, *Sci. Rep.* **5** (2015) 17308.