

プラズマ-氷共存系を用いた 新規低温反応場の創製

SATテクノロジー・ショーケース2018

■ 緒言

プラズマは半導体デバイス加工を中心とした多くの材料・デバイスプロセスにおいて欠かせない技術であるが、近年、プラズマを液相と共存させた液中・液相界面プラズマによるアクアプラズマプロセス^[1]が材料科学、農業、医療などの幅広い展開可能性ゆえに盛んに研究されている。

我々は、従来のアクアプラズマにおいて見過ごされがちであった系やガスの温度に制御パラメーターとして着目している。特に、低温領域では水の固相である氷が出現し、「プラズマ-氷共存系」となる。一般に固相表面にて原子・分子が吸着、拡散し反応が進行するように、プラズマにより生成した反応活性種が氷表面に吸着、拡散することで、従来のアクアプラズマには無い、プラズマ/氷界面反応場という新たな反応場が形成されると考えられる。

一方で、成層圏でのオゾンホール形成や極低温宇宙環境での光化学反応によるアミノ酸合成^[2]に代表されるように、氷表面は自然・宇宙環境において重要な反応場を形成している。プラズマを氷と共存させることで複雑な反応経路を包括的に組み込んだプラズマ/氷界面反応場を実現することができ、プラズマ-氷共存系は自然・宇宙環境での氷表面反応を模擬する新しいモデルとしても期待できる。

本発表では、プラズマ-氷共存系という新しいアクアプラズマ研究の第一歩として、そのような系の実現について報告する。また、プラズマを氷と共存させることでの新しい材料プロセス開発も現在進行中である。

■ 活動内容

プラズマと氷を共存させるためには、氷点下のガス温度を持つプラズマが必要である。そのようなプラズマ源として、本研究室が世界に先駆けて開発した、室温以下の低温環境での温度制御型プラズマである「クライオプラズマ」^[3]を用いた。

図1に示すように、誘電体バリアとして氷を挿入した電極を冷凍機によって冷却可能な真空容器内に設置し、その内部をヘリウムガスで室温大気圧と同様のガス密度 ($2.4(\pm 0.4) \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) で満たした。そして、1-2 kV_{pp}の交流電圧を10 kHzで印加することで、氷誘電体バリア放電(氷DBD)の生成を行った。

図3に200, 100, 40 Kでの氷DBDの様子を示すように、安定した放電が得られた。なお、発光部分に見られる影

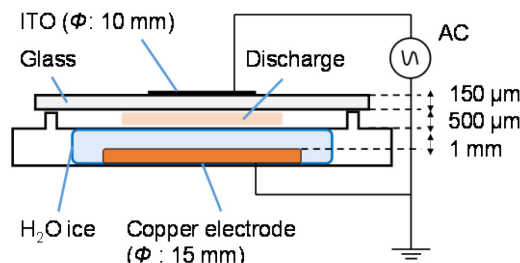


図1 氷 DBD の電極構造

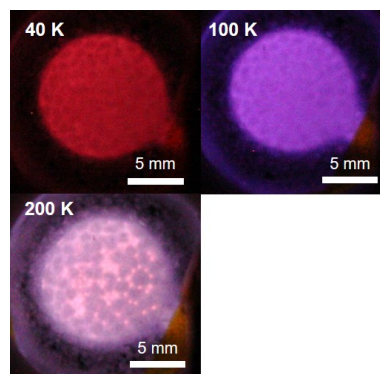


図2 各ガス温度での氷 DBD の様子

は上部電極に付着した霜が凍った部分である。また、発光分光測定および電流電圧測定により、発光特性および電流電圧特性はガス温度に依存して変化し、従来の気相のみのクライオプラズマと同様に、氷点下6.5 Kに至るまでの幅広い温度領域で制御性良く氷DBDを生成することに成功した。

■ 参考文献

- [1] K. Kuwahata *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **115** (2015) 133201.
 [2] M. P. Bernstein *et al.*, *Nature* **416** (2002) 401.
 [3] S. Stauss *et al.*, *Plasma Sources Sci. Technol.* **22** (2013) 025021.

また、本発表は下記論文を中心とした内容である。
 N. Sakakibara and K. Terashima, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **50** (2017) 22LT01.

代表発表者 榑原 教貴(さかきばら のりたか)
 所属 東京大学新領域創成科学研究科
 物質系専攻

問合せ先 〒277-0861 千葉県柏市柏の葉 5-505
 TEL: 04-7136-3797
 n.sakakibara@plasma.k.u-tokyo.ac.jp

■キーワード: (1) プラズマ-氷共存系
 (2) クライオプラズマ
 (3) 氷表面反応

■共同研究者: 伊藤剛仁(東大新領域)
 寺嶋和夫(東大新領域)