

## 研究論文

## 位相制御による高周波グロー放電プラズマの生成

†本橋光也\*, 田口貴稔\*, 坂元飛鳥\*, 仲田英起\*, 幸谷 智\*, 松田七美男\*

## Generation of RF Glow-discharge Plasma by Phase Control

by

†Mitsuya MOTOHASHI\*, Takatoshi TAGUCHI\*, Asuka SAKAMOTO\*, Hideki NAKADA\*,  
Satoshi KOUYA\* and Namio MATSUDA\*

(Received Jul. 29, 2022; Accepted Oct. 27, 2022)

## Abstract

H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> rf glow discharge plasma is useful for surface treatment of functional materials. In particular, the control of high energy species, such as N<sub>2</sub> ions, is very important for the surface treatment. In some cases, reduction of these species is required. We therefore developed a method for double-excited plasma generation that uses two radio frequency power supplies. In this study, we studied the effect of rf power and the phase between the two power supplies on the plasma state. Optical emission intensities of N<sub>2</sub> excited species (N<sub>2</sub><sup>\*</sup>, 2nd positive system) and N<sub>2</sub> ions (N<sub>2</sub><sup>+</sup>, 1st negative system) increased with increasing rf power. In contrast, the intensity of N<sub>2</sub><sup>\*</sup> was changed to a sine wave with variation in the phase, whereas the intensity of N<sub>2</sub><sup>+</sup> was not changed significantly. These results indicate that the excited state of the high-energy ion (N<sub>2</sub><sup>+</sup>) can be controlled by varying the phase.

**Keywords:** RF glow discharge, Phase control, Optical emission spectroscopy, H<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>

## 1. 緒言

現在、半導体、金属および高分子材料など各種材料の表面改質処理にプラズマが用いられている<sup>1)~5)</sup>。従来までの研究では、プラズマ中の活性種となるイオン種や中性種がこのプラズマ処理に影響を及ぼすことが分かっている<sup>6)</sup>。この中で中性種(中性ラジカル)は、処理表面での化学反応が生じると材料の組成等が変化し、結果として表面改質につながる事が知られている。その一方、イオン種の場合にはそのポテンシャルエネルギーが高いことからエッチング作用等が生じやすく<sup>7)</sup>表面形態の変化を引き起こす結果、ときとして材料表面に損傷を生じさせることが知られてい

る<sup>8)9)</sup>。このようなことから、表面処理の目的に合わせてプラズマ中の各種活性種の状態を制御することが求められている。一般に、プラズマ生成のためには二種類以上のガスを同時に用いることが多いが、この場合、それぞれのガスの分解プロセスが異なることから単一のプラズマ励起用電源を用いたときには、プラズマ状態を目的に合わせて大きく変化させることは難しい。この問題を解決するため、プラズマ中の活性種を選択的に制御する研究が種々行われている。

このような中で、N<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>のガスを用いて生成したグロー放電プラズマは各種材料の表面処理に有効であることから広く用いられている<sup>10)~17)</sup>。また、このH<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>混合ガスを二つの高周波電源を用いて励起させる二重励起法を提案され、この方法により生成したプラズマの状態について検討が行われている<sup>18)</sup>。一般に反応室内に高周波電極がある場合、電極から放出された電子が反応室内に導入されたガスを励起あるいは分解する。そこで、反応室内に二つの高周

令和4年7月29日受付

\* 東京電機大学工学部：東京都足立区千住旭町5番  
TEL 070-7667-8930 FAX 03-5284-5695  
mmitsuya@cck.dendai.ac.jp  
School of Engineering, Tokyo Denki University, 5 Senju-Asahi-  
cho, Adachi-ku, Tokyo 120-8551, Japan.

†:連絡先/Corresponding author