

中真空動作磁気引き出し型ガスプラズマ銃の開発と基礎特性

学生員 柳田太一郎* 正員 田上 英人*
 非会員 神谷 雅男*** 上級会員 須田 善行*
 上級会員 滝川 浩史* 非会員 瀧 真***
 非会員 長谷川祐史*** 非会員 石川 剛史****

Development of Electromagnetically Pulled-Out Gas Plasma (EPOP) Gun for Medium Vacuum and its Fundamental Discharge Characteristics

Taichiro Yanagita*, Student Member, Hideto Tanoue*, Member, Masao Kamiya**, Non-member, Yoshiyuki Suda*, Senior Member, Hirofumi Takikawa*, Senior Member, Makoto Taki***, Non-member, Yushi Hasegawa**, Non-member, Takeshi Ishikawa****, Non-member

Electromagnetically pulled-out gas plasma (EPOP) gun was developed, which will be applied to the filtered arc deposition system in order to enhance the nitriding of preparing thin film under medium vacuum. A hot cathode of tungsten (W) filament was employed and DC discharge was generated between the cathode and anode (SUS304). The distance of electrodes was 100 mm. Electromagnetic coils were placed around the cathode, anode and plasma pulled-out duct, separately. Experimental pressure was 0.1 Pa. The following results were obtained. Ignition voltage became lower when the same direction magnetic field was axially applied to the cathode and anode. Minimum voltage for sustaining the discharge became lower when the magnetic field was applied to the anode. With increasing discharge voltage, the discharge current increased dramatically for the discharge voltage less than 50 V and increased gradually for the voltage more than that. The plasma between the cathode and anode was able to be pulled out to the process chamber by applying magnetic field perpendicular to the discharge axis. The amount of pulled-out plasma increased with increasing the filament current and magnetic flux density for plasma pulling-out.

キーワード：熱陰極放電，磁界制御，放電開始電圧，プラズマ引き出し，イオン電流密度

Keywords: hot cathode discharge, electromagnetic field control, ignition voltage, pulled-out plasma, ion current density

1. はじめに

切削工具や金型，機械部品においては，耐摩耗性や低摩
 擦性などの機能を付与する保護膜コーティングが施されて
 いる⁽¹⁾⁽²⁾。窒化チタン (TiN)，窒化チタンアルミニウム

(TiAlN)，窒化クロム (CrN) などの金属窒化物膜である。
 これらの膜の形成には，多くの場合，真空アーク蒸着法 (ア
 ークイオンプレATING) が用いられている。しかしな
 がら，真空アーク放電の陰極点からは，多量の陰極材料微
 粒子 (ドロップレット) が放出される⁽³⁾⁽⁴⁾。これが生成膜に
 付着したり堆積したりすると，膜の組成均質性や平坦性が
 失われることになる。

ドロップレット問題を解決する手法の一つに，フィルタ
 ードアーク蒸着 (Filtered Arc Deposition; FAD) 法がある⁽⁵⁾⁻⁽⁶⁾。
 筆者らは，これまで，T 字状⁽⁷⁾⁽⁸⁾，X 字状⁽⁹⁾，Y 字状⁽¹⁰⁾など
 の独特の形状を有する FAD 装置を開発してきた。しかしな
 がら，FAD 装置を用いて窒化物を形成する際，プロセスチ
 ャンバ内に単に窒素を導入するだけでは，生成膜が十分に
 窒化しないことがわかってきた。従来報告では，窒素イ
 オンを同時照射することで窒化を促進した例⁽¹¹⁾⁽¹²⁾がある。
 そこで，類似の方法の検討を計画した。すなわち，窒素イ

* 豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系
 〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1
 Department of Electrical and Electronic Information Engineering,
 Toyohashi University of Technology
 1-1, Hibiariyoko, Tempaku, Toyohashi 441-8580
 ** 伊藤光学工業 (株)
 〒443-0041 蒲郡市宮成町 3-19
 Itoh Optical Industrial Co., Ltd.
 3-19, Miyinari, Gamagori 443-0041
 *** (株) オンワード技研
 〒929-0111 能美市吉原町ワ-13
 Onward Ceramic Coating Co., Ltd.
 Wa-13, Yoshihara, Nomi 929-0111
 **** 日立ツール (株)
 〒690-0816 松江市北勝町 22
 Hitachi Tool Engineering, Ltd.
 22 Hokuryo, Matsue 690-0816