

永久磁石を用いたリング状ホロー放電磁化プラズマ生成とその空間分布

Production of RF ring-shaped hollow discharge magnetized plasma with permanent magnets and its spatial profile for plasma processing

佐大院工 °大津 康德, 柳瀬 俊彰, 江口 純太, 矢羽田 祥貴

Saga Univ.¹, °Y. Ohtsu, T. Yanagise, J. Eguchi and Y. Yahata

E-mail: ohtsuy@cc.saga-u.ac.jp

機能性薄膜合成やドライエッチングなどプラズマプロセッシングにおいて、マイクロ波表面波プラズマ、誘導結合プラズマ、マグネトロン放電プラズマなど、高密度プラズマ源が開発されている。一方、電極形状をホロー状にしたホロー陰極放電[1]も同様に高密度プラズマを生成できることから、薄膜合成用のプラズマ源として広く研究が行われている。近年、著者らは、容量結合プラズマの電極上に、リング状のホロー溝を形成し、従来の平板電極に比べて、高密度化できることを報告してきた[2]。リング状ホロー溝幅が、シース厚さの2倍の長さとして電子平均自由行程の和に一致するとき、高密度プラズマが生成できることが明らかとなった[3]。この条件を満足できる圧力条件は、おおよそ 10Pa 以上である。即ち、ドライエッチングやスパッタ製膜の低ガス圧領域 (1Pa 程度) では、直径数 10cm 程度の電極を用いたリング状ホロー放電を維持できなくなる。この圧力領域では、電子平均自由行程が長くなり、100mm 以上になるためである。

本研究では、永久磁石をリング状ホロー電極内に組み込むことにより、電子のラーマー運動を利用し、ホロー溝内での実効的な電子平均自由行程を短くし、リング状ホロー溝内で、ホロー陰極放電を維持させる。図 1 に、ホロー溝外側に永久磁石を配置した際、2 次元の磁力線分布を示す。図 1 中の点線で囲まれた部分が、ホロー溝を示す。図 2 に、図 1 の $r=29\text{mm}$ の位置において、磁束密度の z 軸成分 B_z の絶対値の z 軸方向分布を示す。ここで、 $-15 \leq z \leq 0 \text{ mm}$ の範囲はホロー溝に相当する。 B_z の絶対値は、 $z=-10\text{mm}$ でピークを持ち、その後、単調に減少している。その位置の B_z の大きさは、おおよそ 1400G あり、電子のラーマー半径は、約 0.04mm である。即ち、ホロー内で、電子はアルゴンガスと電離衝突を頻繁に発生するものと考えられる。講演では、実験結果を含めて報告する。[1] J. Musil, Vacuum **50**, (1998) p.363, [2] Y. Ohtsu et al, Plasma Sources Sci. Technol. **19**, (2010) p.045012, [3] Y. Ohtsu et al, J. Appl. Phys. **113**, (2013) p.033302.

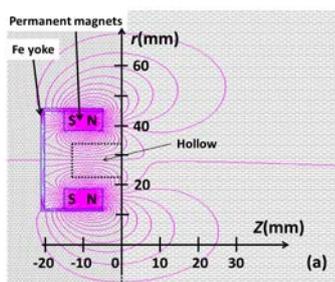


図 1. ホロー溝近傍の 2 次元磁力線分布

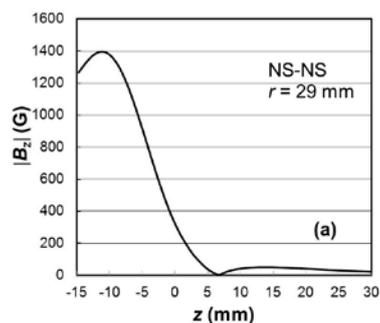


図 2. B_z の z 軸方向分布