

高周波ハイブリッド放電による高密度水素プラズマ生成

Production of high-density hydrogen plasma by radio-frequency hybrid-discharge for thin film preparation

佐大理工¹, 産総研² ○大津 康德¹, 田原 竜夫²

Saga Univ.¹, AIST² ○Yasunori Ohtsu¹, Tatsuo Tabaru²

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

水素プラズマは水素化アモルファスシリコン太陽電池[1]、炭素系硬質膜、カーボンナノチューブやナノウォールなどの炭素ナノ構造体[2-4]の合成に広く利用されている。それらの成膜プロセスでは、薄膜やナノ構造体の形成において、水素原子が非常に重要な役割を果たしている。それらの生産性を向上させるためには、高密度の水素原子生成、すなわち、水素分子から原子を高解離させるためには、電子密度の高密度化が必要不可欠である。これまでのプラズマ源として、高周波(13.56MHz)を用いた容量結合型プラズマ(CCP)[1-3] や誘導結合型プラズマ(ICP)[4]、マイクロ波(2.45GHz)を用いた表面波プラズマ(SWP)[2]が広く利用されている。カーボンナノ構造体の形成において、低密度の CCP の課題を補うために、高密度の ICP を組み合わせた高周波プラズマ CVD[2,3]が提案されている。

一方、我々はこれまで様々な電極を用いて、13.56MHz の高周波 CCP により、プラズマ密度の高密度化を実現してきた[5]。本研究では、リング状ホロー溝を形成した電極[5]を用いた CCP とヘリカルアンテナを用いた ICP を混成する高周波ハイブリッド放電により水素プラズマの高密度化を図ることを目的とする。実験装置の概略は以下の通りである。真空容器上部にリング状ホロー溝を形成した高周波電極(直径 100mm)を設置し、その下部に 50-80mm 程度の距離を隔てて接地電極を設置した。水素ガス圧力は数から数 10Pa 程度を導入し、高周波電極に 13.56MHz の高周波電力をブロッキングコンデンサ(C_B)と整合器を介して印加することにより、高密度 CCP を発生する。一方、CCP 電極間の横ポートより、石英管を接続し、その外側に数ターンのヘリカルアンテナ(水冷)を設置した。そのアンテナに高周波電流を流すことにより、高密度 ICP を生成する。電極間の中央部に、ラングミュアプローブを石英管の反対側から挿入した。ラングミュアプローブにバイポーラ電源と抵抗を接続し、プローブに流入する電流-電圧特性(プローブ特性)をデジタルオシロスコープとパーソナルコンピュータを用いて計測する。プラズマ電位変動に伴うプローブ特性への影響を極力避けるために、LC フィルターを接続する[5]。講演では、リング状ホロー陰極 CCP とヘリカルアンテナ型 ICP によるハイブリッド放電を実現できているかどうかを評価するために、プラズマ密度と CCP 電力、ICP 電力の関係等を報告する。

参考文献

- [1] M. Shiratani and K. Koga, J. Plasma Fusion Res. **86**(1)(2010)33.
- [2] M. Hiramatsu and M. Hori, J. Plasma Fusion Res. **81**(9)(2005)669.
- [3] M. Hiramatsu and M. Hori, Jpn. J. Appl. Phys., **45**(6B)(2006)5522.
- [4] M. Hiramatsu, Y. Hihashi, H. Kondo and M. Hori, Jpn. J. Appl. Phys., **52**(2013)01AK05.
- [5] Y. Ohtsu, "Physics of High-Density Radio Frequency Capacitively Coupled Plasma with Various Electrodes and Its Applications", Plasma Science and Technol., Chap. 11, Intechopen (2018), <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.78387>

謝辞：本研究は JSPS 科研費 22H01196 の助成を受けたものです。