

水素/炭素混合プラズマへの窒素添加による堆積膜成長および水素同位体吸蔵の抑制

Suppression of deposition film growth and hydrogen isotope retention by nitrogen addition into hydrogen and carbon mixture plasma

加藤 拓郎, 山崎 嵩朗, 上杉 喜彦, 田中 康規, 石島 達夫

Takuro KATO, Takaaki YAMAZAKI, Yoshihiko UESUGI, Yasunori TANAKA, Tatsuo ISHIJIMA

金沢大学

Kanazawa Univ.

1. はじめに

核融合炉の実現に向けて課題の一つに、プラズマ対向壁による核融合燃料であるトリチウムの吸蔵抑制が挙げられる。炭素は低Z材、耐熱衝撃性があるなどプラズマ対向壁として優れた特性を有するため、核融合炉のプラズマ対向壁材料候補の一つに挙げられる。しかし、損耗した粒子が再堆積した際、同時に気相中の水素同位体を取り込みやすいため、他の材料と比較し吸蔵されるトリチウム量が多いという欠点が存在する。我々は炭素について、再堆積膜成長を抑制することによる水素同位体吸蔵の抑制を考えている。これまでの研究により、低温 H_2/CH_4 プラズマに窒素を添加することで、堆積膜成長が強く抑制されることを見出している[1]。今回は窒素添加による水素同位体吸蔵抑制効果について調べ、堆積膜成長抑制過程における窒素の役割について検討を行った。

2. 実験条件および測定方法

実験においてヘリカル装置である Heliotron-DR を用いた。実験条件として、ガス流量は水素および重水素 20 sccm, メタン 2 sccm, 重水素化ベンゼン 2.1 mg/min, 窒素 0-2 sccm とした。また閉じ込め磁場としてヘリカル磁場 200 G, トロイダル磁場 40 G を印加し、投入電力は定常 2.4 kW とした。生成したプラズマの電子温度は 7-10 eV, 電子密度は $(1.0-2.2) \times 10^{16} m^{-3}$ である。評価方法として、プラズマの発光を分光観測、排気ガスを四重極型質量分析で測定することで生成粒子を観測し、試料上に生成した堆積膜の膜厚については分光エリプソメータを用いて測定している。

3. 実験結果および考察

図1に D_2/C_6D_6 プラズマに窒素を添加した際に実験容器内に吸蔵される重水素原子数を示す。縦軸が吸蔵した重水素原子数、横軸が導入した窒素原子数に対する炭素原子数(N/C)を示している。これより、プラズマ内の N/C の比に比例して容器内に吸蔵される重水素原子数が減少していることが分かる。我々は現在までに D_2/C_6D_6 プラズマに窒素を添加すると、炭素堆積膜成長が抑制されることを見出している。今回の結果は堆積膜成長の抑制が水素同位体吸蔵の抑制に効果

があることを示している。当日は LIBS(Laser-Induced Breakdown Spectroscopy)と呼ばれる手法を用いて、堆積膜から水素同位体吸蔵量を調べ、窒素添加の水素同位体吸蔵の抑制効果を示す予定である。

図2に各プラズマにより生成された堆積膜の膜厚の試料温度依存性を示す。それぞれ緑色が D_2/C_6D_6 プラズマ、青色が $D_2/C_6D_6/N_2$ プラズマ、赤色が赤い丸で囲んだ堆積膜に N_2 プラズマを照射したときの膜厚を示している。これより、 $D_2/C_6D_6/N_2$ プラズマでは堆積膜成長が抑制されているが、水素化堆積膜への N_2 プラズマ照射において堆積膜厚は逆に上昇していることが確認できる。この現象については Heliotron-DR 内壁の炭素がスパッタリングされて再び試料上に堆積したためと考えている。

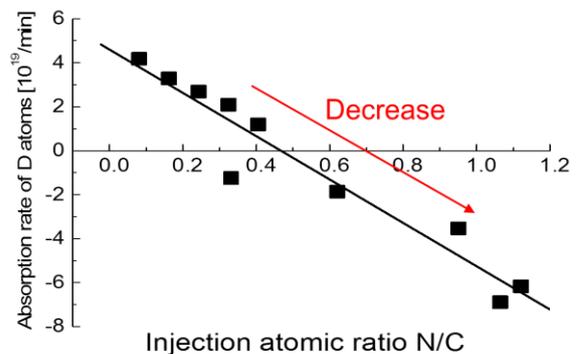


図1 重水素吸蔵量の窒素添加量依存性

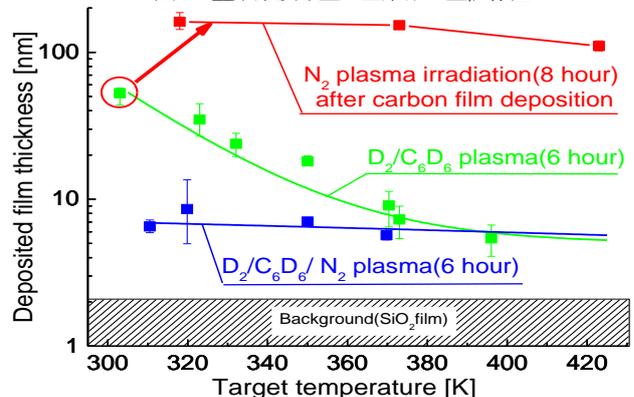


図2 各プラズマ照射により生成される堆積膜の膜厚の

試料温度依存性
文献