

低温水素/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 cold hydrogen and carbon mixture plasma**

加藤 拓郎, 水上 愛, 山崎 嵩朗, 上杉 喜彦, 田中 康規, 石島 達夫
Takuro Kato, Megumi Mizukami, Takaaki Yamazaki, Yoshihiko Uesugi, Yasunori Tanaka, Tatsuo Ishijima

金沢大学
Kanazawa University

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の主要な生成粒子の分圧時間変化およびそれぞれの分圧の定数を示す。これより、炭素不純物を含むプラズマに窒素を添加すると生成粒子としてCN三重結合を持つ揮発性粒子や ND_x 系の粒子が生成されることが確認できる。また、これらの生成粒子は重水素ガスを導入した際の重水素分圧の時間変化と比較し、非常に緩やかな上昇であることが確認できる。この生成粒子の緩やかな分圧の時間変化の原因について、我々は窒素を伴う反応は主として気相中ではなく、窒素が堆積膜中へ拡散され膜中にて化学反応してい

るためと考えている。

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は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、窒素が堆積膜に拡散し膜中で炭素と結合したためと考えている。

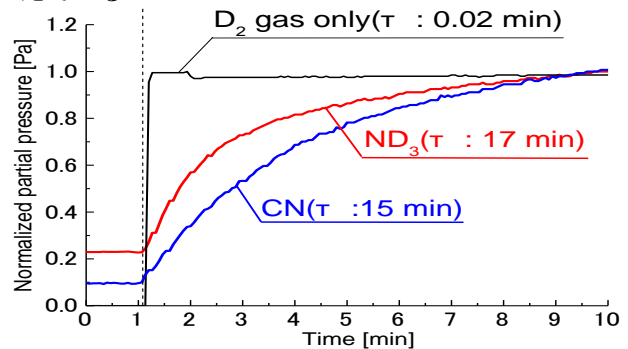


図1 D_2/C_6D_6 プラズマへの窒素添加時における主要な生成分子の分圧時間変化

Fig.1 Partial pressure time change of the major generation molecules by nitrogen addition to D_2/C_6D_6 plasma

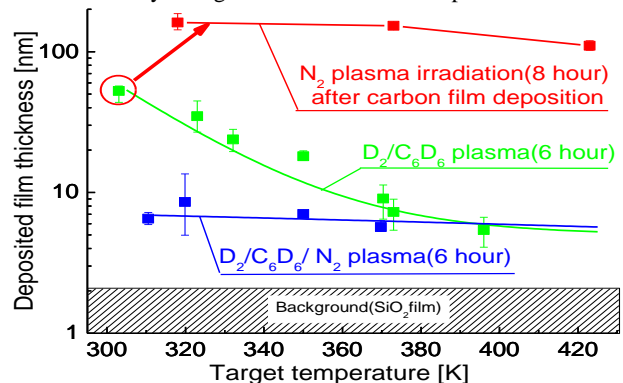


図2 各プラズマ照射により生成される堆積膜の膜厚の試料温度依存性

Fig.2 Sample temperature dependence of the film thickness of the deposited film produced by plasma irradiation

文献

(1) A.Sasaki et al : J.Nuclear.Materials, 438, S1092-S1095, (2013)