

炭素・酸素含有ボロン膜中における水素同位体滞留挙動に及ぼす不純物効果

静岡大学理学部附属放射科学研究施設 奥野・大矢研究室 修士1年 松岡 和志

【緒言】核融合炉の定常運転のためには、プラズマ内への不純物混入を低減させることが必要である。そのため、核融合炉の第一壁表面にホウ素の膜を蒸着させ、真空容器内の不純物である炭素や酸素の除去を目的とするボロニゼーションが検討されている。このボロン膜にプラズマより漏洩したトリチウムを含む高エネルギー水素同位体が打ち込まれると、ボロンおよび不純物と捕捉、滞留、スパッタリング等を起こす。核融合炉の安全性評価の観点から、トリチウムの滞留に関わるこれら相互作用を明らかにすることは重要な研究課題である。当研究室ではこれまで高純度ボロン膜および炭素含有、酸素含有ボロン膜に対して重水素照射を行い、重水素が B-D-B、B-D、B-C-D、B-O-D 結合を形成してボロン膜中に滞留し、また膜中に存在する遊離元素と化学スパッタリングにより CD_x 、 D_2O として放出されることを明らかにした。そこで、本発表ではこれまでの知見と、新たに成膜した炭素酸素双方を含有したボロン膜中における不純物が及ぼす水素同位体滞留挙動への影響に関して議論する。

【実験】プラズマ化学気相蒸着(P-CVD)法を用い、ヘリウムで希釈したデカボラン、メタンおよび酸素を用いて炭素 20 %・酸素 20 %含有ボロン膜をシリコン基板上に成膜した。成膜した試料の加熱処理を 1173 K にて 10 分間行い、その後室温にて重水素イオン照射をイオンエネルギー 1.0 keV、イオンフルエンス $1.0 \times 10^{22} D^+ m^{-2}$ にて行った。また、照射前後における試料の元素組成比と化学状態を X 線光電子分光(XPS)法により評価した。照射後、昇温速度を $0.5 K s^{-1}$ 、昇温領域を室温から 1173 K までとして昇温脱離(TDS)法による測定を行い、重水素の滞留挙動を評価した。

【結果・考察】これまでの研究より、炭素含有ボロン膜において炭素は主に C-B 結合を形成して存在し、また酸素含有ボロン膜において膜中の酸素濃度の上昇に伴い遊離酸素が飽和し、O-B 結合が増加していくことが示された。今回の XPS 測定の結果から、炭素酸素含有ボロン膜において炭素含有ボロン膜、酸素含有ボロン膜と比較し遊離炭素、遊離酸素が減少し C-B、O-B 結合が増加することが明らかとなった。図に、炭素酸素含有ボロン膜の D_2 TDS スペクトルを示す。このスペクトルは 3 つのピークからなり、それぞれ 550 K 付近の B-D-B 結合、750 K 付近の B-D 結合、900 K 付近の B-C-D、B-O-D 結合からの重水素脱離ピークであると帰属した。ボロン膜中の C-B、O-B 結合量の増加と C-D、O-D 結合による重水素滞留量の増加は相関性があることが示されており、炭素酸素含有ボロン膜では C-B、O-B 結合が増加したことにより同濃度の炭素および酸素を同濃度含有しているボロン膜と比較して重水素滞留量が増加したと考えられる。以上のことから、炭素と酸素が共存することにより遊離元素の減少、C-B、O-B 結合形成の増加を引き起こし、ボロン膜中の不純物による水素同位体滞留量が増加すると示唆された。

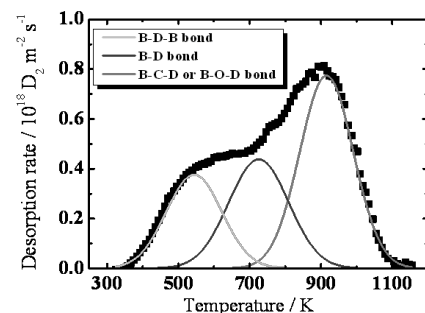


図 炭素酸素含有ボロン膜における D_2 TDS スペクトル