

タングステンへの水素・炭素混合ビーム照射実験

大阪大学大学院工学研究科 電子情報エネルギー工学専攻 島田朋尚

緒言 国際熱核融合実験炉 (ITER) では、ダイバータ部において炭素 (strike point) 及びタングステン (Baffle, Dome) を使用する方針である。このため、ダイバータ部において、炭素がタングステンに入射することにより、炭素とのミキシングやプリスタの形成などタングステン表面状態に影響を及ぼすと考えられる。これまでも、定常高粒子束ビーム装置 (HiFIT) によって水素・炭素混合ビームをタングステン焼結材に照射した際、ビーム中に含まれる炭素の割合や試料温度によっては、照射後の試料表面に $1 \sim 100 \mu\text{m}$ 級のプリスタが形成されたことが分かっている。本講演では、タングステンに関して熱処理の異なる試料や予め不純物をドーピングした試料を用いた場合の照射効果について、X 線光電子分光法 (XPS) により調べたタングステン表面での炭素挙動と共に発表する。

タングステン表面状態の変化 純タングステンとして焼結材、応力除去材、再結晶材の 3 種類を用意し、試料の熱処理の違いによりプリスタ形成にどのような影響を及ぼすかを調べた。また、K (28 ppm) や La_2O_3 (1%) をドーピングした応力除去材や再結晶材も用意し、ドーピングした不純物がプリスタ形成にどのような影響を及ぼすかについても調べた。混合ビーム中の炭素の割合は 0.1, 0.8% の 2 通りで行った。ビームエネルギー 1.0 keV 、照射量は $10^{24} \sim 10^{25} \text{ m}^{-2}$ 、試料温度は 653 K で実験を行った。

全ての試料において、混合ビーム中の炭素の割合を 0.8% で照射した場合のみにプリスタは形成された。形成されたプリスタの形について、純タングステン焼結材と応力除去材、K-dope タングステン応力除去材に形成されたプリスタはドーム状であるのに対して、その他の試料では台形状のプリスタが形成された。また、同じ照射量で比較した場合のプリスタの個数やプリスタが形成し始める臨界の照射量は、それぞれの試料により異なっていた。これらの結果は、使用したタングステンの結晶構造や不純物が影響しているのではないかと考えられる。

タングステン表面での炭素挙動 本実験は純タングステン焼結材で行った。混合ビーム中の炭素の割合は 0.1, 0.8% の 2 通りで行った。ビームエネルギー 1.0 keV 、照射量は $10^{22} \sim 10^{25} \text{ m}^{-2}$ 、試料温度は $450 \sim 910 \text{ K}$ で実験を行った。

照射後の試料表面における炭素挙動は、ビーム中に含まれる炭素の割合、照射量及び試料温度に依存した。炭素の入射分布は或る深さでピークを持つ分布となった。混合ビーム中の炭素の割合が 0.8% の場合、炭素飛程付近 ($2 \sim 4 \text{ nm}$) にピークが生じ、ピーク層での炭素の割合は約 60% であった。また表面はグラファイトとタングステンカーバイド (WC) で覆われていた。0.1% の場合は表面から $10 \sim 20 \text{ nm}$ 付近でピークが発生し、炭素の割合は 40% 程度であり、表面は WC と W が混在している状態であった。実験を行った温度範囲では、炭素の拡散は顕著に生じていなかった。講演では、EDDY コードを用いた数値解析との比較による、炭素挙動の物理的考察についても言及する。