

# W に注入されたプラズマ不純物元素である炭素の深さ分布と化学結合状態に関する研究

Characterization and depth profiling of impurity elements nearby tungsten surfaces using X-ray photoelectron spectroscopy

梅澤憲司<sup>1)</sup>、上浦良友<sup>1)</sup>、寺岡有殿<sup>2)</sup>、吉越章隆<sup>2)</sup>

Kenji UMEZAWA<sup>1)</sup>, Yoshitomo KAMIURA<sup>1)</sup>, Yuden TERAOKA<sup>2)</sup>, Akitaka YOSHIGOE<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>大阪府立大学 総合教育研究機構・理学系研究科 <sup>2)</sup>日本原子力機構

(概要) 10 keV と 6keV の 2 種類の運動エネルギーを持つ (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sup>+</sup> イオンビーム (エチレンイオンビーム) を多結晶タングステン (W) 表面に室温にて照射し 12C 注入試料を作成した。放射光の試料への照射角度を変化させることで W4f, C1s, O1s スペクトルを観察した。イオンビーム注入された C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> の Projected range (飛程) は、10keV に対して 5.2 nm、6keV に対して 3.6nm であることが SRIM2008 計算コードよりわかった。この計算値を反映する注入領域では、C1s の信号強度が大きかった。W-C 結合状態の存在を示唆する可能性が考えられる。

**キーワード**：イオンビーム注入、エチレン、タングステン、飛程、結合状態

## 1. 目的

本研究では原子力機構で試作された高速 (中性) 原子・分子ビーム装置を活用して各種イオンビームを核融合炉内壁材料や半導体に照射することで、プラズマからの高速粒子で材料表面に形成される変性層 (サブサーフェイス) の形成過程を実験室で模擬するとともに、高輝度放射光を活用した高分解能光電子分光法による変性層の化学組成や化学結合状態の深さ方向分析によって、プラズマ誘起サブサーフェイスの研究に表面分析的立場から寄与する。

プラズマによる表層の変性を実験室で模擬した。試料は、質量分離した運動エネルギーを持つ炭素を含んだ低エネルギー原子・分子 (イオン) ビームをタングステンに照射して作成した。試料を大型放射光施設 SPring-8 の原子力機構専用軟 X 線ビームラインの高輝度・高分解能放射光を活用して光電子分光観察することで、表層の化学結合状態の深さ方向分析を主に行った。

## 2. 方法

原子力機構の開発した高速原子・分子ビーム装置を用いて、まず 10 keV の運動エネルギーを持つ (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sup>+</sup> イオンビームを多結晶タングステン (W) 表面に室温にて照射し 12C 注入試料 ( $2.3 \times 10^{15}$  atoms/cm<sup>2</sup>) を作成した。注入された 12C の飛程 (Projected range) は、SRIM2008 計算コードによると 52Å 程度である。イオンビーム照射後のタングステンの変性層の化学組成や化学結合状態の深さ方向分析を調べるために、日本原子力研究開発機構専用軟 X 線ビームライン (BL23SU) に設置されている表面反応分析装置で光電子分光測定を行った。(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sup>+</sup> イオンビームを照射された多結晶タングステン表面に対して、 $h\nu=687$  eV に固定して試料角度を入射ビームに対して垂直方向から 60 度まで 5 度ごとに変化させ試料深さ方向からの情報を得ることと試みた。O1s は、W 基板の酸化の影響を確認するために測定した。

## 3. 研究成果

6keV, 10keV のいずれのイオンビーム注入において W 表面における W4f スペクトルでは W4f7/2, W4f5/2 に対応する 2 つのピークが観察された。C1s スペクトルは表面側において広がりが見られた。一方、深さ方向において 0.5nm の領域では O1s の信号強度が C1s について大きかった。これは、注入された炭素の影響よりもむしろ自然酸化膜を形成している酸素による影響であると考えられる。

## 4. 結論・考察

10 keV と 6keV の 2 種類の運動エネルギーを持つ (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sup>+</sup> イオンビーム (エチレンイオンビーム) を多結晶タングステン (W) 表面に室温にて照射し 12C 注入試料を作成した。イオンビーム注入された C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> の Projected range (飛程) は、10keV に対して 5.2 nm、6keV に対して 3.6nm であった。放射光の試料への照射角度を変化させることで W4f, C1s, O1s スペクトルを観察した。C1s の信号強度が大きく W-C 結合状態の存在を示唆する可能性が考えられる。

## 5. 引用 (参照) 文献等

鉢上隼介, 寺岡有殿, “N<sup>+</sup>ビーム照射で形成した Si 酸化膜における窒素化学結合状態の放射光 X 線光電子分光測定”, 真空, 2008 年, 第 48 巻, 第 5 号, pp. 343-345.