

金属、半導体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 carbon near metal surfaces using X-ray photoelectron spectroscopy

梅澤憲司¹⁾, 上浦良友¹⁾, 寺岡有殿²⁾, 吉越章隆²⁾

Kenji Umezawa¹⁾, Yoshitomo Kamiura¹⁾, Yuden Teraoka²⁾, Takaaki Yoshigoe²⁾

¹⁾大阪府立大学 総合教育研究機構/理学系研究, ²⁾日本原子力研究機構

(要約 2～3 行) 原子力機構の軟 X 線放射光ビームライン BL23SU の表面化学実験ステーションにおいて多結晶 W へ 6 keV-(C₂H₄)⁺ を注入した試料の炭素深さ分布と化学結合状態について測定を行った。入射エネルギー 794 eV の C1s において -W-C-結合を示唆するショルダーが見られた。

キーワード: 核融合炉、第一壁、タングステン、炭素、イオン注入、深さ分布、化学結合

1. 目的

核融合炉における第一壁を想定して数多くある不純物ガスにおいて今回は 6 keV-(C₂H₄)⁺ イオン注入した W 試料中における炭素の深さ分布と化学結合状態の関係を研究することを目的とする。プラズマによる表層の変性を実験室で模擬する。その表面を大型放射光施設 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う。それによってプラズマで誘起されるサブサーフェイス形成についての指針を得る。

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 6 keV の運動エネルギーを持つ (C₂H₄)⁺ 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(2.3×10¹⁵ atoms/cm²) を作成した。注入された ¹²C の飛程は 20 Å 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。(C₂H₄)⁺ 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、(1) W4f、C1s、O1s の光電子スペクトルに対する放射光のエネルギー依存性($h\nu=1765\sim592\text{eV}$) および(2) $h\nu=688.16\text{eV}$ 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 度ごとに变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

6 keV の運動エネルギーを持つ (C₂H₄)⁺ 分子イオンビームを入射した W 表面における W4f スペクトルでは金属の W4f_{7/2}、W4f_{5/2} に対応する 2 つのピークが観察された。表面よりバルク側は、いずれのピークも広がっており、表面に近づくにつれて W4f のスペクトルの線幅は狭くなった。同時に測定した C1s スペクトルの線幅も広がっており、ケミカルシフトが生じた。入射エネルギー 794 eV の C1s において -W-C-結合を示唆するショルダーが見られた。入射エネルギーが低い側において W4f_{7/2} のショルダーに複数のピークが観察された。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

(1) 入射エネルギー 794 eV の C1s において -W-C-結合を示唆するショルダーが見られた。(2) 入射エネルギーが低い側において W4f_{7/2} のショルダーに複数のピークが観察された。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。

5. 引用(参照)文献等

- (1) 鉢上隼介、寺岡有殿、”N⁺ビーム照射で形成した Si 酸窒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、第 343-345 項。
- (2) 鉢上隼介、寺岡有殿、”高速中性原子・分子ビーム装置の製作とそのビーム特性評価”、2004 年、JAERI-Tech、2004-066。