

マテリアル先端リサーチインフラ利用報告書

ARIM User's Report

[Release : 2025.06.10] [Update : 2025.03.31]

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	24BA0009
利用課題名 Title	走査型電子顕微鏡及びFIB装置を用いたプラズマ照射材の表面・断面及び組成計測
利用した実施機関 Support Institute	筑波大学 / Tsukuba Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	内部利用 (ARIM事業参画者以外) / Internal Use (by non ARIM members)
ARIM半導体基盤PF 関連課題 Related to ARIM-SETI	指定なし / No Designation
横断技術領域 Cross-Technology Area	計測・分析/Advanced Characterization
重要技術領域 Important Technology Area	その他/Others
キーワード Keywords	定常プラズマ装置, 電子顕微鏡 / Electronic microscope, 集束イオンビーム / Focused ion beam, 電子分光 / Electron spectroscopy

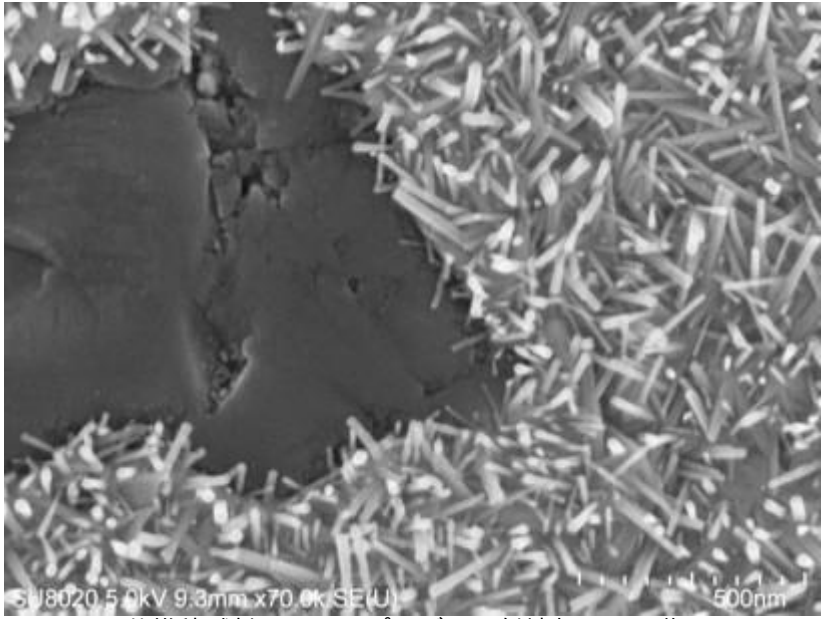
利用者と利用形態 / User and Support Type

利用者名 (課題申請者) User Name (Project Applicant)	皇甫 度均
所属名 Affiliation	筑波大学数理物質系物理学域
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization, 技術補助/Technical Assistance

利用した主な設備 / Equipment Used in This Project

利用した主な設備 Equipment ID & Name	BA-003 : FIB-SEM BA-008 : 電界放出型走査電子顕微鏡 BA-026 : 多機能走査型X線光電子分光分析装置 (XPS/UPS)
---------------------------------	---

報告書データ / Report

<p>概要 (目的・用途・実施内容) Abstract (Aim, Use Applications and Contents)</p>	<p>核融合科学において、水素及びヘリウムのプラズマとタングステン、モリブデンなど耐熱性金属の相互作用により、金属表面及び表面近傍には様々な構造変化及び結晶方位の乱れが生じる。さらに、イオンによる金属のスパッタリングやその再堆積の発生により、炉壁表面は固相・気相をまたぐ複雑相互作用を経験する。これらは核融合炉壁である上記金属の耐熱性能や核融合炉の性能発揮に大いに影響するため、詳細な構造観察が必要である。したがって、本研究では定常プラズマ装置で生成した水素・重水素・ヘリウムプラズマに金属試料及び金属材の堆積を施した試料の表面及び表面近傍の断面等を詳細観察することを目的とする。</p>
<p>実験 Experimental</p>	<p>筑波大学の小型プラズマ装置APSEDASにおいて、Heプラズマを生成した。プラズマは外部磁場によって円筒状に絞られ、下流側に設置したタングステン試料へ誘導される。試料の上部10 mmにタングステンワイヤーをメッシュ状に設置し、負の電圧を印加した。そうすることによって、Heイオンが一定電圧に加速されタングステンワイヤーをスパッタし、中性タングステン粒子が下部にある試料表面に堆積される。Heの照射量が$4 \times 10^{25} \text{ m}^{-2}$になるまで照射を続け、表面に発生した変化を見た。表面観察は筑波大学ARIMのFIB-SEMおよびFE-SEM装置を主に利用した。</p>
<p>結果と考察 Results and Discussion</p>	<p>試料には不均一な堆積層が形成された。全体的な膜厚は100 nm前後であり、平坦な表面構造を有する領域と表面微細構造を有する領域が混在した。膜質の不均一さは設置したタングステンワイヤーとの幾何学的な位置の不均一性やワイヤーへの負バイアスによる瞬間アーク放電の発生などによる不純物ドロップレットの飛散などが関与していると考えられる。図1は表面端部で発見された針状微細構造表面のSEM像を表す。画面左部分には黒く比較的平坦な領域が、他は数十nm直径の針鋼構造が画面全面を覆いつくすように形成された。FIB-SEM付帯のエネルギー分散型X線分光の結果、黒い領域の組成はSiとC成分が多く検出され、機械研磨中に試料の混入した研磨紙成分 (SiC) である可能性が高い。一方、針状構造はタングステンが主な成分を示す中、酸素の成分も高濃度で検出された。よって、微細構造はタングステンと酸素が高温で反応し発達したものである可能性が示唆されるが、酸素の混入可能性については検討が必要である。核融合材料であるタングステンへのプラズマ材料共堆積層への耐熱性能や核融合炉の性能発揮に大いに影響するため、詳細な構造観察を綿密に遂行するためには堆積源のダメージコントロールや反応器内の不純物抑制が重要であることが分かった。今後、上記の事項に注意しながらより制御性の優れたプラズマ材料相互作用研究を推進する。</p>
<p>図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1</p>	 <p>図1 He-W共堆積試料におけるプラズマ照射端部のSEM像</p>
<p>その他・特記事項 (参考文献・謝辞等) Remarks(References and Acknowledgements)</p>	<p></p>

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

DOI (論文・プロシーディング) DOI (Publication and Proceedings)	
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文 Oral Presentations etc.	
特許出願件数 Number of Patent Applications	0件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件