

29aB15P

タングステンの光反射率に及ぼす水素及びヘリウムビーム照射効果

Effects of hydrogen/helium irradiation on light reflectivity of tungsten

徳永和俊、江里幸一郎¹⁾、鈴木 哲¹⁾、秋場真人¹⁾、藤原 正、吉田直亮九大応力研、原子力機構¹⁾K. Tokunaga, K. Ezato¹⁾, S. Suzuki¹⁾, M. Akiba¹⁾, T. Fujiwara, N. Yoshida

Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

Japan Atomic Energy Agency¹⁾

【緒言】プラズマ対向材ではプラズマ粒子の照射により発生する、スパッタリング等による表面形状変化、不純物の堆積による組成変化、さらに照射損傷等による構造変化が起こる。これらにより、プラズマ対向材料表面の光学的性質も変化することが予想される。特に、核融合装置の計測用ミラーとして鏡面研磨された金属が用いられるが、プラズマ粒子照射によるその反射率の低下は大きな問題となっている。本研究では、プラズマ対向材の光学的特性変化の基礎機構を明らかにすることを目的として、タングステンに水素及びヘリウムビーム照射し、表面形状・組成変化を調べると共に、分光光度計を用いて光反射率を調べた。

【実験方法】タングステンは、アライドマテリアル(株)製の粉末焼結タングステン(20 x 20 x 5(0.1) mm, 10 x 10 x 1 mm)で、表面を電解研磨し使用した。これらの試料を原研部研の粒子工学試験装置(PBEF)を用いて水素及びヘリウムビーム照射を行った。水素ビームのエネルギーは19.0keVで、フラックスは最大 1.9×10^{21} H/m²である。照射時間は、1.3~3.5sで、14~450回繰り返すことにより、 $10^{22} \sim 10^{24}$ H/m²まで照射を行った。ヘリウムビームの場合は、エネルギーは18.7keV、フラックスは最大 2.0×10^{21} He/m²である。照射時間は3.0~3.9sで、7~170回繰り返すことにより、 $10^{22} \sim 10^{24}$ He/m²まで照射を行った。試料は、無酸素銅製の冷却管の表面に機械的に固定し、冷却管を強制水冷した状態で照射を行った。照射中、表面温度を放射温度計により測定した。照射中の温度は、照射開始と共に上昇し、照射終了と共に下降した。照射後、試料を取り出し、走査型電子顕微鏡(SEM-EDS)及び走査型プローブ顕微鏡(SPM)を用い表面形状・組成変化及び断面組織変化を観察すると共に、分光光度計を用い190nmから2400nmまでの反射率を測定した。この反射率測定では、入射角は5°で、反射角5°の反射光を測定した。

【結果】照射後の表面形状は、照射量、一回の照射における最高到達温度により異なっていた。また、水素ビームとヘリウムビームでは、その形状変化が異なっており、特にヘリウムビームでは照射温度が高温の場合、著しい表面形状変化が見られた。図1には、未照射材(a)及びヘリウムビーム照射後の試料(b-d)の反射率測定結果を示した。未照射の試料では、バンド間遷移による吸収によると思われるディップが見られる。照射量が 3.3×10^{23} He/m²で最高到達温度が1073K(b)では、表面はプリスターが剥離したものと思われる直径1μm程度のくぼみやその底部には微細な凹凸が観察された。図1(b)に見られるように反射率は低下しており、また、未照射材と比較しそのスペクトル分布が異なっていることから、表面の凹凸による単純な乱反射による低下ではないことがわかる。照射量が 5.0×10^{23} He/m²で最高到達温度が1833K(c)では、表面は微細な凹凸がみられた。反射率は図1(c)に見られるように波長と共にほぼ直線的に増加することがわかる。照射量が 3.3×10^{24} He/m²で最高到達温度が2873K(d)では、数百nm程度の突起状の凹凸が見られたが、この場合は図1(d)に見られるようにほとんど反射しないことがわかった。水素ビーム照射では、このような高温照射の場合は、原子拉散によりスパッタリング等による表面の凹凸が平坦化し、また、ヘリウム照射で観察された表面の黒色化は見られなかった。

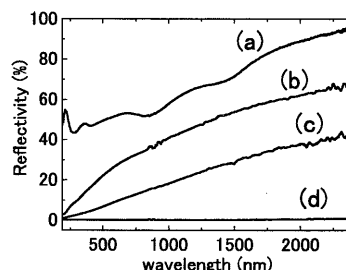


図1 ヘリウム照射による反射率変化

29aB16P 核融合炉の照射環境を模擬したトリプルイオンビーム照射による SiC のスエリング挙動

Swelling Behavior of Silicon Carbide by Triple-ion-beam Irradiation to Simulate Irradiation Conditions of Fusion Reactor

今田智之¹ 長谷川晃² 田口富嗣³ 佐藤学² 阿部勝憲²

1. 東北大・院工 2. 東北大・工 3. 原研・東海研

Tomoyuki Imada¹, Akira Hasegawa², Tomitsugu Taguchi³, Manabu Satoh², Katsunori Abe²

1. Graduate School of Engineering, Tohoku University 2. Dpt. of Quantum Science and Energy Engineering, Tohoku University 3. JAERI・Tokai

【目的】SiC/SiC 複合材料は優れた高温力学特性や低放射化特性をもつことから、先進核融合炉用構造材料の候補の1つとして挙げられている。核融合炉環境下においては、高速中性子照射により、材料内にはじき出し損傷とともに核変換反応でHeやHなどが生成する。HeはSiCに全く固溶せず、HもSiC中にほとんど固溶しないことから、格子欠陥と結合して安定な集合体を形成することでSiCの特性を劣化させる可能性がある。本研究では、重イオン、HeイオンおよびHイオンのトリプルイオンビームを用いて、核融合炉の照射環境を模擬した照射をSiC/SiC複合材料の主要構成材料であるβ-SiCに対して行って、はじき出し損傷とHeおよびHの重畳効果、特にHの効果に着目し、それらがスエリング挙動や微細組織発達に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

【実験方法】供試材はRohm & Haas社製のCVD法で作製された多結晶β-SiCを用いた。原研高崎研のTIARAでSi²⁺、He⁺およびH⁺のトリプルイオンビーム照射を行った。同時照射環境の領域におけるはじき出し損傷量は約10 dpaとし、He/dpa、H/dpaをそれぞれ130、40となるようにした。また、水素の影響を調べる為に、水素を10倍多くした400appm/dpaの照射も行った。照射温度は873K、1073K、1273Kおよび1573Kの4つの温度で行った。照射後、走査型プローブ顕微鏡によって、照射領域と非照射領域の高さを測定し、スエリングを求めるとともに、収束イオンビーム装置(FIB)を用いてイオンの入射深さ方向の薄膜試料を作製し、TEMによる微細組織観察を行った。

【結果】右図は各々の条件で照射したβ-SiCにおけるステップハイトから算出した照射領域全域にわたるスエリングを示したものである。照射によるスパッタリングなどによりSiCの表面の状態が一定でないことから、データのばらつきが大きく、スエリングについては照射温度および照射モード依存性は明確に得られなかった。透過電子顕微鏡による微細組織観察の結果についての詳細は講演にて報告する。

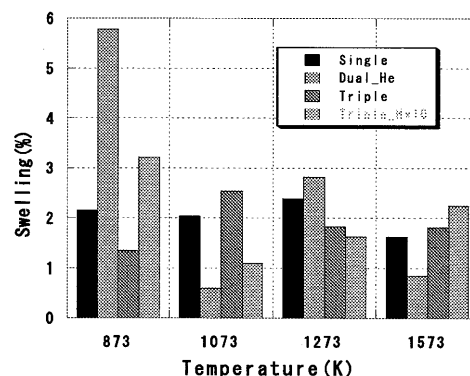


Fig. 各温度におけるスエリングの照射モード依存性