

## STEM-EELS 法による Si 中の He の挙動に関する研究

島根大学総合理工学部 小野興太郎 宮本光貴  
京都大学化学研究所 倉田博樹 治田允貴

Si への He イオンの照射は、デバイスの加工など半導体工学の見地から興味もたれているが、He の動的挙動や照射欠陥との相互作用など基礎物性の見地からも興味ある課題である。

我々は、高分解能の走査型透過電子顕微鏡—電子エネルギー損失分光法(STEM-EELS)を用いて、Si 中に形成された個々のバブル中の He を直接検出し、その He 密度の焼鈍による変化から、He の挙動を調べた。

試料は、(011)Si 単結晶で、円板状試料のディンプルング研磨と化学研磨を行って検鏡試料を作成した。この試料に、JEM-2010内で、5keV の He<sup>+</sup> イオンの照射を行った。照射によって形成されたバブルの昇温ともなう動的挙動を TEM その場観察すると、バブルは、800K 付近からブラウン運動しながら合体し、全体として粗大化が進行することが分かった。

同様に照射した試料について、京都大学の JEM-ARM 200F を用いて STEM-EELS の測定を行った。Fig. 1 に、723 K で照射後、773 K で焼鈍した試料中の典型的なバブルの環状暗視野像(ADF)像を示す。バブル A の中心付近の EEL スペクトルを Fig. 2 に示す。自由 He 原子では、1s-2p 遷移ともなう電子エネルギー損失スペクトルは 21.2 eV にピークが現れるが、ここでは 23.5 eV 付近にピークが見られる。これは、高密度状態にある He 原子間の Pauli 斥力を反映した結果と思われる。プラズモンロススペクトルの分離を行い、He のスペクトル強度を算出した。適当な He の散乱断面積値を用いると、Fig. 1 に示したバブル中の He 密度は 50 He/nm<sup>3</sup> 程度と算出される。このような密度は、照射温度や強度などの照射条件、照射後の焼鈍温度に依存することが分かった。一例として、723 K で照射した試料を、773-1033 K の間で焼鈍したときの、バブルからの EEL スペクトルの変化の様子を Fig. 3 に示す。1000 K 付近の焼鈍により、信号強度の減少と、ピーク位置が 21 eV 付近に移動していることが分かる。これらは、バブルから He が流出したことによる密度の減少によるものである。詳細に調べると、He の流出開始温度や、完了温度を特定できる。

核融合炉プラズマ対向材料などについても同様な研究が進行中であり、STEM-EELS 法の新しい応用展開として期待される。

(2018年 8 月12日受理)[doi:10.2320/materia.58.89]

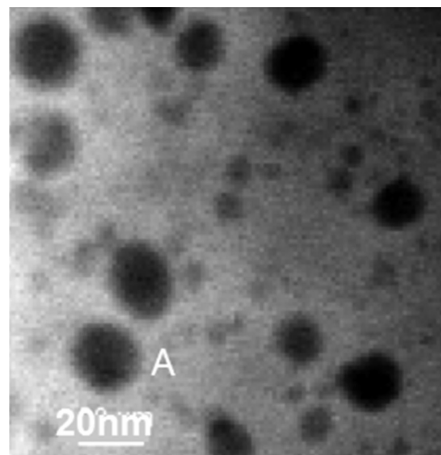


Fig. 1 Si 中の He バブルの ADF 像.

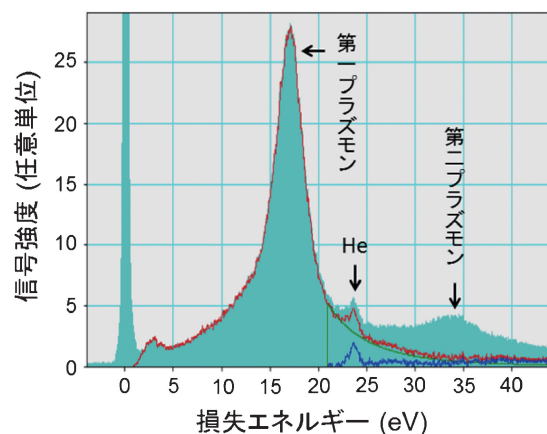


Fig. 2 バブル A からの EEL 信号スペクトル.

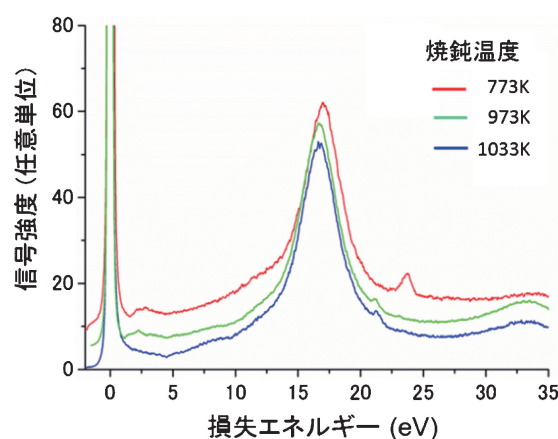


Fig. 3 焼鈍による EEL スペクトルの変化.

STEM-EELS Study of Dynamic Behavior of Helium in Si; Kotaro Ono, Mitsutaka Miyamoto, Hiroki Kurata and Mitsutaka Haruta

Keywords: STEM-EELS, He bubble, silicon

TEM Specimen: Dimpling, Chemical polishing

Ion irradiation: Ion accelerator Origin RIB20S connected to JEM2010

STEM-EELS: JEM-ARM 200F