

高エネルギー α 粒子照射によるタングステンの欠陥生成シミュレーション Defect of tungsten irradiated by a high energy alpha particle

山内智輝¹⁾, 砂原淳²⁾, 田中和夫¹⁾
TOMOKI Yamauchi¹⁾, ATSUSHI Sunahara²⁾, KAZUO Tanaka¹⁾

¹⁾阪大院工, ²⁾レーザー総研
¹⁾Osaka Univ., ²⁾ILT

慣性核融合炉では、第一壁が核融合反応により生じる高エネルギーの中性子及びイオン粒子にさらされ、入射粒子が第一壁材料と相互作用する。この相互作用により材料中の原子がはじき出され、結晶中に格子間原子や空孔などの欠陥を生じる可能性がある。中性子やイオンの照射により生成した欠陥は機械的強度の劣化につながるため、慣性核融合炉の長期運用における課題となり得る。したがって、慣性核融合炉の設計において、高エネルギーイオンによるはじき出し損傷を評価することが重要であると考えられる。

本研究では、古典分子動力学を用いて高エネルギーイオンによるはじき出しに由来する格子欠陥のシミュレーションモデルを構築し、計算を行った。このモデルでは電子-格子相互作用を模擬するためにランジュバン動力学を導入し、格子温度と電子温度の二つの温度を扱うモデルを採用している。

5 keV、100 keVの高エネルギー α 粒子を第一壁材料候補として考えられているタングステンの単結晶中(BCC)に入射するシミュレーションを行った。この時、入射面垂直方向は[010]である。それぞれのエネルギーで[010]を基準軸とし入射角度を0度、3度、30度で入射した。100 keVの30度入射は図に示していない。図の結果は、単位格子面に対して64箇所に入射した結果の平均を取ったものである。入射エネルギー5 keVでは、3度入射は0度に対してピーク値は微増しているが経過後の値はほとんど変わらない。これに対し、30度入射になる0度に対してピーク値が5倍程度、経過後の値も3倍程度と大きく上昇している(図1)。入射エネルギー100 keVでは3度入射においても0度入射に対して、ピーク値が10倍程度、経過後の値が5倍程度と大きな上昇が確認された(図2)。角度をつけることで欠陥数が上昇するのは、入射粒子の入射方向の垂直面に射影した散乱断面積が大きくなるためと考えられる。

二温度モデルを導入した影響について調べるために、電子-格子相互作用の大きさに関わる電

子格子カップリング係数を一桁変えて垂直入射でシミュレーションを行った。入射エネルギー5keVでは、カップリング係数を一桁変化させる前後で結果にほとんど変化はなかった。入射エネルギー100keVでは一桁大きくさせることで、欠陥数が増加する結果を得た。これは電子格子相互作用の有無で比較した結果と同様であった。入射エネルギーは大半が電子へと渡される。そのため格子温度よりも電子温度の方が大きくなり、電子からのランダムフォースを受けるためにはじきだしが起きやすい状況になる。電子温度が高いほどランダムフォースが大きくなる。入射エネルギーを大きくすることで電子温度が高くなるので、入射エネルギー100keVではその影響が出たと考えられる。

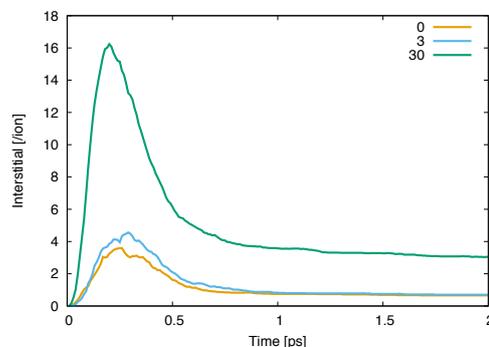


図1 入射エネルギー5keVの入射角度の違いによる欠陥数の時間発展

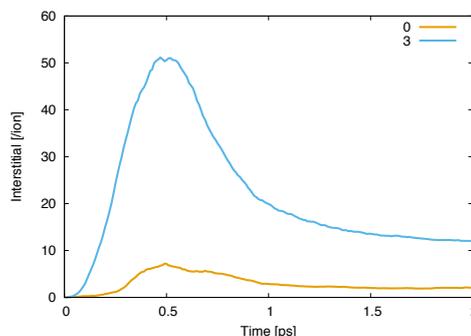


図2 入射エネルギー100keVの入射角度の違いによる欠陥数の時間発展