

水素同位体イオンと He イオンによるスパッタ収率の入射角度依存性データの整理

総合情報研究科 シミュレーション科学専攻 小野 真理、小野 忠良(小野研究室)
核融合科学研究所 川村孝次

Keywords: シミュレーション、モンテ・カルロ法、プラズマ・表面相互作用、核融合

1. 研究目的

国際熱核融合実験炉(ITER)では、炉心から出てくる高温・高流束のプラズマイオンがダイバータ板に流入し、構成原子がスパッタされる。スパッタ原子が炉心へ進入すると、放射により炉心のエネルギーが奪われ、炉の成立条件が厳しくなるので進入を低減する必要がある。スパッタ収率は入射イオンの入射角に大きく依存するが、そのデータは膨大な量になるため、扱いにくい。従って、物理的に意味のある簡潔な式でデータを表わすことは核融合研究にとって大変有益である。核融合炉関連材について、スパッタ収率の入射角依存性の系統的な実験データは、極めて少ない。そこで、入射イオンと標的原子の衝突を二体衝突で近似するモンテ・カルロ法二体衝突コード (ACAT) を用いて数値計算を行った。以下では、スパッタ収率の入射角依存性の計算結果と拡張化半経験式によるデータの再現性について述べる。

2. 結果と考察

ACATコードを用いて、入射イオンとして水素同位体などの軽イオン(H^+ , D^+ , T^+ , He^+)、標的材として15種類の核融合関連材(高Z原子と炉壁アーマ材など)の単原子材をとり、各入射イオンと標的材の組み合わせに対して、入射エネルギー E のイオンを広範な角度で入射させ、また、 E を変えて同様の計算を繰り返した。

実験データがある場合、そのデータと ACAT データを比較したところ、大きい差異はなく、比較的良い一致が見られた。従って、求めた

ACAT データを、スパッタ収率の入射角依存性データとして用いるのは妥当だと考えられる。

規格化スパッタ収率の入射角依存性を与える半経験式である山村の式は、エネルギー E を直接含まない。我々は、上記ACATデータを使ってその半経験式に含まれる3つの変数を E の関数とした。規格化したスパッタ収率の入射角依存性のACATデータに、この拡張化半経験式をフィットさせたところ、50eV ~ 10 keV のエネルギー域で、多くの標的材についてACATデータとの相対平均差異が10%以下、最大でも20%以下の精度でACATデータを再現できることが示された。その一例として、 H^+ 、 D^+ がNi材に入射した場合の規格化スパッタ収率の入射角依存性のデータを図.1に示す。

3. 応用の可能性

イオンビームによる表面加工や、スパッターされた原子を基板上に蒸着させ薄膜をつくる時などに利用が期待できる。

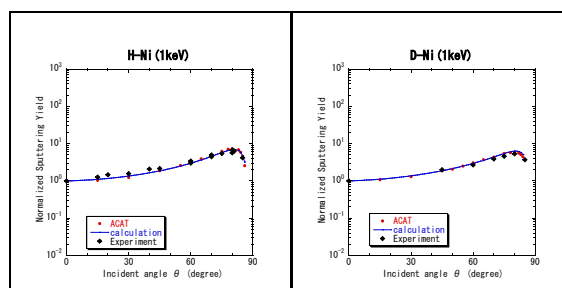


図 1. H^+ , D^+ がNiに入射したときの規格化スパッタ収率の入射角依存性