

中性粒子加熱用水素負イオン源の Cs フリー運転

Cesium-free operation of a negative hydrogen ion source for neutral beam heating

同志社理工¹, 同志社研開², 核融合研³, ○和田 元¹, 笹尾 真実子², 西脇 万由子¹, 中野 治久³

Graduate School Sci. & Eng. Doshisha Univ.¹, Organization for R&D Promotion, Doshisha Univ.²

National Inst. Fusion Sci.³, °Motoi Wada¹, Mamiko Sasao², Mayuko Nishiwaki¹, Haruhisa Nakano³

E-mail: mwada@mail.doshisha.ac.jp

1. はじめに

現在 ITER 用 NBI (Neutral Beam Injection: 中性粒子ビーム入射) の研究開発では, 大型 RF イオン源に Cs を導入して性能評価を行っている. しかしながら, これまでに得られた Cs リサイクルのデータに基づいて考えれば, 許容不可能なレベルの Cs がイオン源に蓄積される可能性がある. 特に ITER 次世代の DEMO 装置の運転では Cs を使わない, 若しくは殆んど Cs を追加注入しないイオン源運転が不可欠と考えられている. そのため Cs フリー運転を目指した負イオン源研究開発が, 現在盛んにおこなわれている. 一つの方法としては体積生成過程により, 水素負イオン比率の高いプラズマを生成する方法, もう一つは Cs 注入以外の手段によって低仕事関数面を形成し, プラズマグリッド (PG) 表面で水素負イオンを表面生成する方法である. 我々は導電性セラミック, C12A7 ($12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$) エレクトライドが低い仕事関数を示すことから, 当該材料からの水素負イオン表面生成について調査してきた. その過程で, エレクトライド材料を水素負イオン生成効率の良いイオン源の PG として使用するためには, エレクトライド PG 表面を適切に前処理する必要があることを見出してきた.

2. エレクトライド材料前処理

エレクトライド材料は大気中に保管していると, 吸湿・酸化などによって表面が変質し, 仕事関数が高い表面層を形成する. そこで, 材料供給時に保護層を付着させた状態で出荷されることがあり, 通常は加熱して表面層を除去し, 清浄な表面が得られた状態で使用する. しかしながら, プラズマ中に不純物が混在している場合などは一定の運転時間後, 材料表面に汚染層が形成され, やはり仕事関数が増加して負イオン生成能が低下する. 最近のプラズマ表面素過程実験において, 重水素プラズマを照射することにより, エレクトライド表面の仕事関数を低下させ得ることが判明しつつある.

軽元素によるスパッタリング率は通常小さいが, 重水素に対して図1に示す ACAT (Atomic Collision in Amorphous Target) による計算結果のように, 15 eV 以上の入射エネルギーで, 軽元素で構成されるエレクトライドをスパッタリング洗浄可能であることが分かる. これはエネルギーが 15 eV 程度以上の重水素イオンの存在するプラズマに曝されるとき, エレクトライド中の分子構造が失われる可能性を示唆する.

逆に RF イオン源では比較的プラズマポテンシャルが高いことから, 壁から放出されるイオン源壁面材料がエレクトライド PG に付着する可能性がある. 事実, エレクトライド評価実験において, 表面からモリブデンなどの重金属が検出される材料に対しては高い仕事関数, 低い負イオン生成能が計測される場合があった. 現在, 長時間運転において発生する可能性のある, イオン源プラズマ中の不純物リサイクリングについて調査中である.

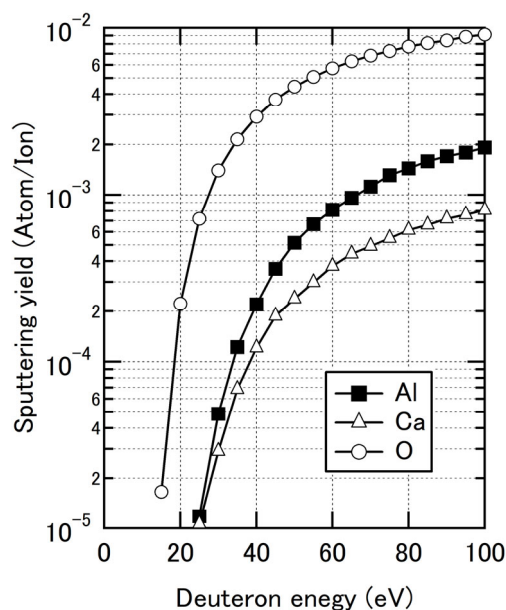


Fig. 1. Sputtering yields of O, Ca and O from electride material due to deuteron incidence.