

イオンチャネリングの AMS 技術への応用開拓

Application Development of Ion Channeling in Accelerator Mass Spectrometry (AMS)

ペスコ¹, JAEA 東濃地科学セ², 奈良女子大理³ ○松原 章浩¹, 藤田 奈津子², 石井 邦和³

PESCO Co., Ltd.¹, JAEA Tono Geoscience Center², NARA Women's Univ.²

○Akihiro Matsubara¹, Natsuko Fujita², Kunikazu Ishii³

E-mail: matsubara.akihiro@jaea.go.jp

イオンチャネリング (以下, チャネリング) は, 結晶の空隙をイオンが進行し大角散乱等の核的相互作用の確率が著しく低下する現象である。チャネリングの応用としては, イオンビーム分析 (Ion Beam Analysis: IBA) での結晶性評価が知られる。筆者らは, チャネリングを加速器質量分析 (Accelerator Mass Spectrometry: AMS) の要素技術に応用することを提案している。その要素技術とは, 荷電変換のためのストリッパー, エネルギー減衰のためのディグレーダー等である。これらは, イオンビームを薄膜あるいはガスに入射した際のイオンと物質の相互作用を基にしたものであり, AMS に限らず IBA 等, 他の用途の加速器にも使用される。ただし AMS では, それらの要素技術は, 測定に干渉する妨害分子・イオンを除去する機能にかかわり, ストリッパーは測定核種とほぼ同じ質量を持つ分子の解離に, ディグレーダーは測定核種とこの同重体の分別 (以下, 同重体分別) に利用される。近年, それらの進展により AMS 装置は 0.2 MV までに小型化し, 要素技術のさらなる開発が望まれている。上記のチャネリングに期待される主要な効果は, 薄膜を通過した後のビーム広がり の低減である。これは偏向器等の小型化に直結する。本講演では, AMS へのチャネリングの三つの応用に向けた取組みについて述べる[1]。

初めの二つは, イオンと結晶空隙に存在する電子 (主に価電子) の相互作用を積極的に利用するものである。イオンはチャネリング状態でさえも結晶中の電子と非チャネリング状態の半分程度の確率で衝突する。このためチャネリングでは, 膜での高い透過率と十分な電子衝突頻度を併せ持つ特性が得られる。この特性が上記のディグレーダーとストリッパーに適する。例えば同重体分別に利用されるディグレーダーは, 電子的阻止能の原子番号依存性により測定核種と同重体の間でエネルギーの差を作り両者を分別する方法である。これにチャネリングを応用すると電子的阻止能を十分利用しつつビーム広がりを抑えることができる。実証実験を行った結果, 同重体の分別効率が従来の数十倍に高められることが確認された。

もう一つは, チャネリング中のイオンと結晶中の電子の相互作用を弱めた場合に現れる結晶の周期場の効果に着目するものである。この場合, イオンは結晶のコヒーレントな周期場を感じる。この周期場 (疑似光子場) によるイオンの内部励起をコヒーレント共鳴励起 (Resonant Coherent Excitation: RCE) と呼ぶ。励起状態では, 電子軌道の広がりにより電子脱離確率が高まる。したがって, 測定核種と同重体の一方に RCE を起こすと, 膜を通過した後の双方の荷電分布の差を強めることができ, 同重体の分別性能が向上すると期待される。現在, 数十 nm の薄い膜を用いて結晶中の電子との相互作用を弱める方針で RCE を鮮明にするための基礎実験を進めている。

[1] A. Matsubara et al., submitted to Nuclear Instrument and Method B.