

加速器質量分析の妨害粒子分別へのイオンチャネリング応用の現状

Current Status of Application of Ion Channeling

for Interference Particle Separations of Accelerator Mass Spectrometry (AMS)

日本原子力研究開発機構, °松原 章浩, 藤田 奈津子, 木村 健二

Japan Atomic Energy Agency (JAEA), °Akihiro Matsubara, Natsuko Fujita, Kenji Kimura

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

AMSを支える主要な技術は、測定目的核種とほぼ同じ質量をもつ原子（以下、同重体）及び分子（以下、同重分子）の分別である。この技術は、従来、同重体や同重分子を加速しガスや固体に通す際に現れるイオンと物質の相互作用を基にしている。筆者らは、固体結晶の空隙をイオンが通り抜ける現象、すなわちイオンチャネリング（以下、チャネリング）を、分別技術に応用する次の三つの取組みを進めている[1]。① 固体表面のチャネリングによる同重分子の解離（チャネリング・ストリッパー）、② 単結晶薄膜でのチャネリング通過による同重体分別（チャネリング・ディグレーダー）、③ 極めて薄い単結晶薄膜のチャネリング通過によるコヒーレント共鳴励起 (Resonant Coherent Excitation: RCE) を利用した同重体分別である。本講演では、①に関するイオン-表面相互作用の強さについての検討と③に関する基礎実験について報告する。

①の技術は、例えば数十 keV の ^{14}C 専用超小型 AMS 装置の実現と密接に関係する。その同重分子 ($^{12}\text{CH}_2$ 等) は、従来、ストリッパーガスとの衝突で解離させている。しかし、装置を小型化すると真空排気が不十分になり、拡散したストリッパーガスによるイオンの散乱が著しくなるため、検出効率や検出限界が悪化する。①の技術は、ガスを使用しない同重分子の解離技術として提案したものである。原理実証の前段階として、解離効率を左右するイオン-表面相互作用の強さを数値シミュレーションで得られるエネルギー損失を尺度にして評価した。その結果、得られたエネルギー損失の大きさは、従来の解離技術における条件より求められた値に匹敵した。これは、本技術が同重分子の十分な解離機能を持つことを示唆する。

③の RCE とは、イオンが結晶中の等間隔に並んだ原子などによる静的周期場を通過する際に生じる疑似的な光励起である。通過イオンが励起すると、その束縛電子の軌道が広がるため電離しやすくなる。したがって、RCE により測定目的核種あるいは同重体の荷電分布を選択的に異ならせることが可能になり、分別性能の向上に繋がると期待される。筆者らは、RCE 利用開発の基盤整備として、AMS 装置において RCE の観測を試みた。観測対象の RCE は、ホウ素の+4 価 ($^{10}\text{B}^{4+}$; 水素様) の主量子数 1 から 2 への共鳴遷移とした。実験では、その入射エネルギーを変化させ、ケイ素の単結晶薄膜（厚さ 60 nm）をチャネリング状態で透過した ^{10}B の+4 価の生存率[4 価/(4 価+5 価)] を測定した。その結果、生存率は、RCE の発生条件に近い入射エネルギーにおいて 40% 程度低下した。これは、RCE の発生を明瞭に示すものである。

[1] A. Matsubara et. al., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B, 437 (2018) 81.