

角度分解 TOF-ERDA 装置での TOF-ERDA 測定

TOF-ERDA measurement with angle-resolved TOF-ERDA

操谷 佳奈¹, 安田 啓介¹, 鈴木 耕拓²

1 京都府立大学大学院, 2 若狭湾エネルギー研究センター

Kana Kuritani¹, Keisuke Yasuda¹, Kohtaku Suzuki²

1 Kyoto Prefectural University, 2 Wakasawan Energy Research Center

1. はじめに

飛行時間測定弾性反跳粒子検出法 (TOF-ERDA : Time Of Flight Elastic Recoil Detection Analysis) は、イオンビームを用いて元素分析や元素の深さ分布測定を行うイオンビーム分析法の一つである。TOF-ERDA 法では、入射粒子と試料内の原子が弾性衝突した際の反跳した粒子の飛行時間とエネルギーを同時に測定する。飛行時間測定には 2 台の透過型検出器、エネルギー測定には半導体検出器をそれぞれ用いる。

TOF-ERDA 法では深さ分解能を向上させるために立体角を小さくしており、若狭湾エネルギー研究センターの TOF-ERDA 装置では 0.13msr である。これは、ERDA 法で一般的に用いられるストッパーフォイル法の 1/10 程度の大きさである。そのため、測定時間はストッパーフォイル法のおよそ 10 倍で、2~3 時間かかる。立体角を大きくすると測定時間は短縮できるが、エネルギーの運動学的広がりにより深さ分解能が悪化する。そこで、我々はエネルギーと飛行時間に加え反跳角を測定することで、大立体角かつ高深さ分解能での測定を可能にする新たな測定装置の開発を行っている。上流側の透過型検出器と半導体検出器に位置感応型のものを用いることによって、2 点での位置測定から反跳角を求める。この新たな測定法を角度分解 TOF-ERDA 法と呼ぶ。

2. 角度分解 TOF-ERDA 装置

若狭湾エネルギー研究センターで新たに開発している装置の概略図を図 1 に示す。反跳角は 40 度で、立体角は 1.6 msr である。大立体角かつ位置測定が可能な半導体検出器として、分割型シリコン半導体検出器(SSD)を用いる。分割型 SSD の検出面積は 58 mm × 58

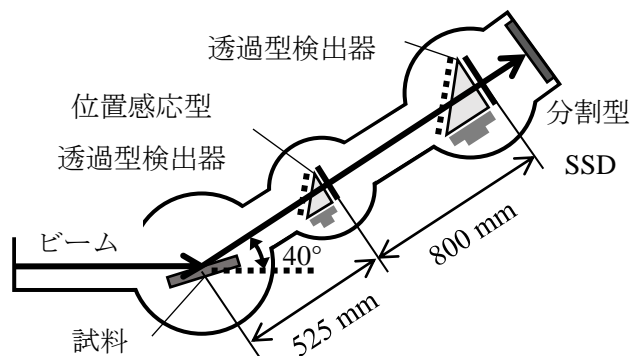


図 1 角度分解 TOF-ERDA 装置の概略図

mm で、従来の検出器の約 10 倍の面積である。また、縦方向に 16 分割されており、領域ごとに測定することで位置を特定することができる。

3. TOF-ERDA 装置の構築と測定

角度分解 TOF-ERDA 装置開発の最初のステップとして、通常の TOF-ERDA 装置を構築した。上流側の透過型検出器には、大きさ 10 mmφ、厚さ 3 μg/cm²の炭素薄膜を、下流側の透過型検出器には大きさ 25 mmφ、厚さ 10 μg/cm²の炭素薄膜をそれぞれ装着した。また、エネルギー検出器には通常の SSD を用いた。以上の測定器を用いて通常の TOF-ERDA 測定を行い、性能を評価した。入射粒子にはエネルギーが 5.5 MeV の He²⁺イオンを用いた。試料には厚さ 200 μm の Au と厚さ 10 nm の Au (Si 基板)、厚さ 25 μm の PET (polyethylene terephthalate) フィルムを用いた。厚さ 200 μm の Au の測定から検出効率、厚さ 10 nm の Au の測定から時間分解能を求めた。また、デモンストレーションとして PET フィルムの測定を行った。

4. 結果と考察

4.1 検出効率

検出効率は以下のように求めた。

$$\text{検出効率} = \frac{\text{SSD と透過型検出器の同時カウント数}}{\text{SSD でのカウント数}}$$

He に対するエネルギーごとの検出効率測定結果を

図 2 に示す。検出効率は He に対して 20 ~ 50 % で、従来の TOF-ERDA 装置では 20 ~ 60 % と、従来よりも 10 % 程度低い値となった。原因として、下流側のフォイルに一部破れがあったことが考えられる。

4.2 時間分解能

厚さ 10 nm の Au の時間差スペクトルを図 3 に示す。Au で散乱した He のピーク幅 (FWHM) から、時間分解能は 330 ps と求められた。従来の TOF-ERDA 装置では 390 ps であり、従来と同程度の値が得られた。

4.3 PET フィルムの測定

PET フィルムのエネルギーと時間差の二次元分布を図 4 に示す。入射粒子の He と PET に含まれる H、C、O を分離して測定することができた。

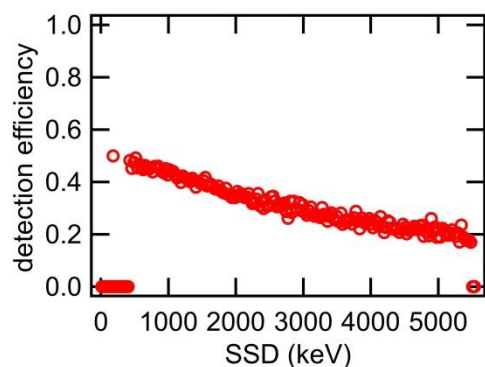


図 2 検出効率測定結果

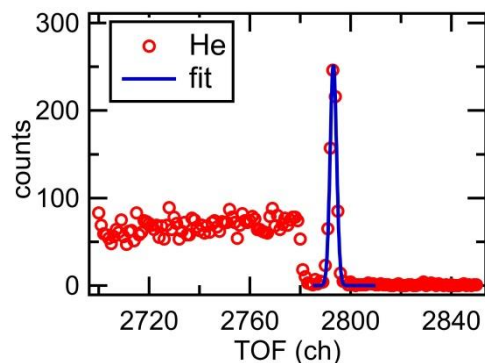


図 3 時間差スペクトル

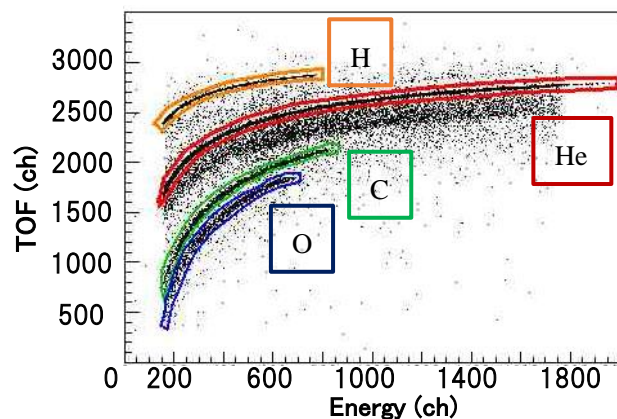


図 4 PET の二次元スペクトル