

電界蒸発による軽元素イオンの分析に向けた直線形飛行時間分析装置の開発 Development of Time-of-flight mass spectrometer for light element ions produced by field evaporation

京大院工 羽路祐紀, 曾根 輔, 辻 博司, 後藤康仁

Kyoto Univ., Yuki Haneji, Tasuku Sone, Hiroshi Tsuji, Yasuhito Gotoh

E-mail: haneji.yuki.53u@st.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】アトムプローブトモグラフィ (APT) の技術発展により原子分解能の構造解析と質量分析の同時測定が可能となった。半導体素子などに多くの軽元素が用いられるが、軽元素の電離機構が未だ解明されておらず、分析手法の開発が望まれる。そこで軽元素イオンの分析に向けて飛行時間形質量分析 (Time of flight : TOF) 装置の製作に着手し、電界蒸発したタングステンイオンの TOF 測定を行ったので報告する。

【TOF 装置】TOF 装置はイオン源、静電偏向系、無電磁界飛行路、検出系から成る。イオン源には先端曲率半径数十 nm の針状に先鋭加工したタングステン (W-tip) を用いた。この装置は偏向電界でパルス化したイオンを検出する系である。電界蒸発に必要な電圧は 10 kV 以上であることを考慮し、偏向電極は長さ 150 mm、無電磁界飛行距離は 290 mm とした。イオン検出には二次電子増倍管を用いてパルスモードで計測した。

【実験方法】電界蒸発イオンの検出に先立ち、電界電離アルゴンイオンビームの TOF 分析を用いた。Ar 導入圧力 2.0×10^{-3} Pa で W-tip に 8.0 kV までの電圧を印加した。W の電界蒸発イオンの TOF 測定には導入ガスは用いず、ベース圧力 9.0×10^{-6} Pa 環境下で W-tip 印加電圧を上昇させて測定を行った。

【実験結果】電界電離 Ar イオンの印加電圧 6.0 kV における飛行時間スペクトルを図 1 に示す。飛行時間は $1.72 \mu\text{s}$ にピークが観測され、 Ar^+ の飛行時間理論値とおおよそ一致

することを確認した。図 2 に W の電界蒸発イオンの印加電圧 20 kV における飛行時間スペクトルを示す。電界蒸発イオンは飛行速度が大きく静電偏向によるイオンの偏位は小さくなる。そこで偏向系に最小電圧印加時に検出器まで到達し、最大電圧で検出器まで到達しない偏位を持つように設定した。よってスペクトルは最も速いイオンの飛行時間 $1.08 \mu\text{s}$ 以降にイオンが観測された。

【考察】検出された Ar^+ のピーク飛行時間より算出された実際の飛行距離を基準に、観測された W の電界蒸発イオンは飛行時間から W^{4+} と考えられる。製作した TOF 装置を用いてタングステンの電界蒸発イオンの検出が可能であった。今後は軽元素イオンの分析に向けて飛行時間の短い電界蒸発イオンの検出ができるように実験系の最適化を行う。

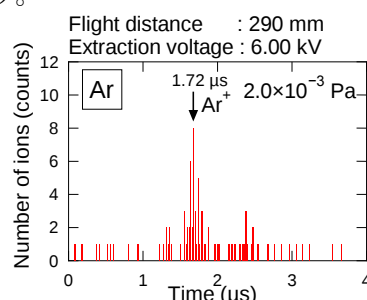


図 1. 電界電離 Ar イオンビーム飛行時間スペクトル

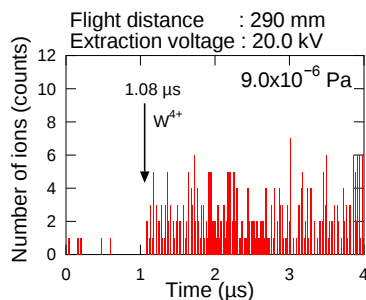


図 2. 電界蒸発 W イオンビーム飛行時間スペクトル