

機械学習による電界イオン顕微鏡像における原子位置の自動抽出 Automatic Extraction of Atomic Positions in Field Ion Microscope Images by Machine Learning

三重大院工¹, 三重大工², ○岡澤 正将¹, 山田 瑞貴¹, 疇地 悠雅², 中居 秀斗²,
永井 滋一¹, 畑 浩一¹

Graduate School of Eng., Mie Univ.¹, Faculty of Eng., Mie Univ.²,

○Tadasuke Okazawa¹, Mizuki Yamada¹,

Yuga Azechi², Hideto Nakai², Shigekazu Nagai¹, Koichi Hata¹

E-mail: 421m211@m.mie-u.ac.jp

電界イオン顕微鏡法(FIM)は、先端を数 10~100 nm に先鋭化させた試料表面を原子分解能で観察できる顕微観察法の一つである。FIM 像で結像される原子は、結像ガスのイオン化に必要な電界強度で生じる表面上の突出したものだけであり、試料の表面原子を全て観察できない。そのため、電界蒸発によって表面原子を取り除きながら FIM 像を記録することで全ての表面原子を観察する試みが成されてきた。そこで本研究では、表面原子位置の抽出に機械学習を用いることで上述の処理の自動化と高速化を試みた。機械学習を用いる理由として、連続撮影により多数の原子が観察されるため、自動解析が必要になるからである。

電界蒸発しながら連続撮影された W<110> tip の FIM 像の一例を Fig. 1(a)および(b)に示す。1 フレーム間 (1 秒) において電界蒸発する原子はせいぜい数原子であるので、電界蒸発した原子のみを抽出するために連続画像の差分を取得した(Fig. 1(c))。その差分画像には両者のイオン強度の差も含まれるので、差分画像を蒸発原子として判別するために機械学習 (物体検出モデル Yolo v5) を適用させて位置情報を抽出した。その際、FIM 像の中心部で観測される円形の輝点、および外周部に観察される歪んだ輝点を独立して判別した。その結果、原子位置に対応する輝点を、イオン強度の変化などに由来するノイズと十分区別することができ、原子位置の抽出精度が 75%まで改善した 1 原子層分のデータで再構成した FIM 像を Fig.2 に示す。

電界蒸発前に記録された FIM 像(Fig. 1(a))と再構成 FIM 像(Fig. 2)を比較すると、テラス内部の原子位置が再現されていることがわかる。現段階では機械学習による画像検出で、隣接する 2 原子が同時に電界蒸発したとき単一原子として検出されるため、完全に正確な原子位置を抽出できない問題がある。講演当日は、原子位置をより正確に検出するための手法と自動抽出した試料表面の原子位置を用いた FIM 像の解析結果を報告する。

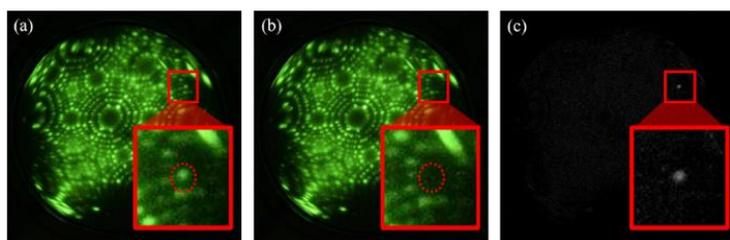


Fig. 1. FIM images of W<110> tip taken in sequence (a) and (b) during the field evaporation. A FIM image subtracted (b) from (a) is shown in (c).

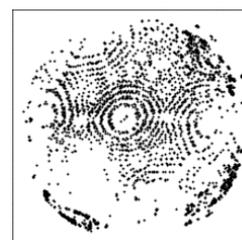


Fig. 2. Reconstructed FIM image in terms of atomic positions extracted by machine learning.