

# 3次元アトムプローブによるナノ組織解析法とその応用例

○埋橋 淳<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> 物質・材料研究機構 (NIMS) 電子顕微鏡ユニット

## 1. はじめに

材料・デバイスの研究開発において、その特性・機能性発現メカニズムを理解し、特性向上の指針を得るという目的から、各種分析手法による微細組織構造解析は必要不可欠な位置を占めている。解析手法は分析目的に応じて多岐に渡る。研究開発の現場で広く普及している走査型電子顕微鏡 (scanning electron microscopy; SEM) や透過型電子顕微鏡 (transmission electron microscopy; TEM) と対比させつつ、ユニークな性能を有する3次元アトムプローブ (three-dimensional atom probe; 3DAP、または「atom probe tomography」) を略して「APT」と呼称されることも多い) 法について、原理から発展の歴史、さらに集束イオンビーム (focused ion beam; FIB) を用いた試料作製技術の確立などを紹介する [1-5]。

## 2. 3DAP 法とは？

3DAP は軽元素を含む全ての元素について個々の原子の同定と位置決定ができるユニークな分析装置で、さまざまな材料やデバイス中の元素分布の3次元解析に威力を発揮するが、レーザーパルス型3DAPの登場により、その応用範囲は半導体、絶縁

体材料へと劇的な拡大をこの20年程度で遂げてきた [1]。ここ最近ではTEMと3DAPを相補的に用いた実材料・デバイスの分析事例の増加に加えて、FIB-SEM複合装置による分析用試料作製技術の高品質化が進んでいる [2-7]。

## 3. 応用例

3DAPは分析可能な領域が限定されているという欠点はあるものの、サブナノメートルの空間分解能と微量添加元素等への高い検出感度を持つため、磁石材料、構造材料、コルソン銅合金、パワー半導体、発光デバイス、コンデンサ材料など多岐にわたる材料・デバイスのナノ組織解析において、TEMによる構造解析と相補的に用いられ、精緻な解析を実現する [1-4, 8, 9]。

## 参考文献

- [1] K. Hono *et al.*, *Ultramicroscopy* **111**, 576 (2011).
- [2] T.T. Sasaki, H. Sepehri-Amin, J. Uzuhashi, T. Ohkubo, and K. Hono, *MRS Bull.* **47**, 688–695 (2022).
- [3] J. Uzuhashi, J. Chen *et al.*, *J. Appl. Phys.* **131**, 185701 (2022).
- [4] J. Uzuhashi, T. Ohkubo, and K. Hono, *Ultramicroscopy* **247**, 113704 (2023).
- [5] J. Uzuhashi and T. Ohkubo, *Ultramicroscopy* **262**, 113980 (2024).
- [6] J. Uzuhashi, T. Ohkubo, and K. Hono, *Microsc. Microanal.* **30**, 1124–1129 (2024).
- [7] J. Uzuhashi *et al.*, *Microscopy*, dfaf006 (2025).
- [8] Y. Nomura, J. Uzuhashi *et al.*, *J. Alloys Compd.* **859**, 157832 (2021).
- [9] J. Uzuhashi, J. Chen *et al.*, *J. Appl. Phys.* **136**, 055702 (2024).

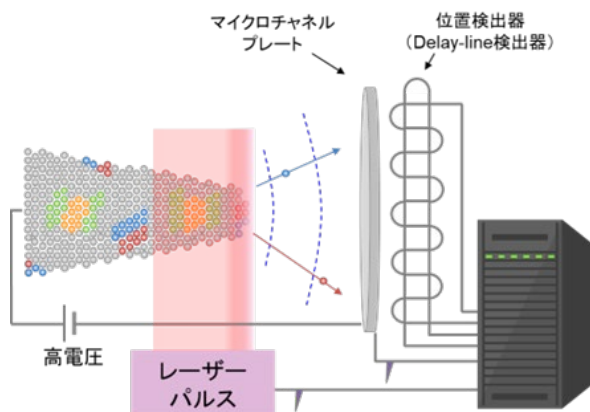


図1 レーザーパルス補助型3DAPの模式図