

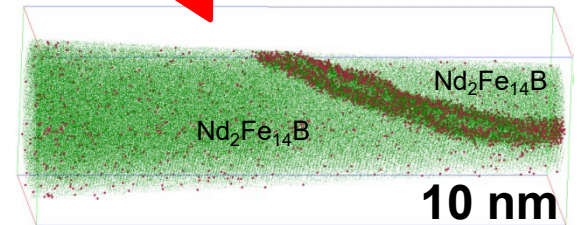
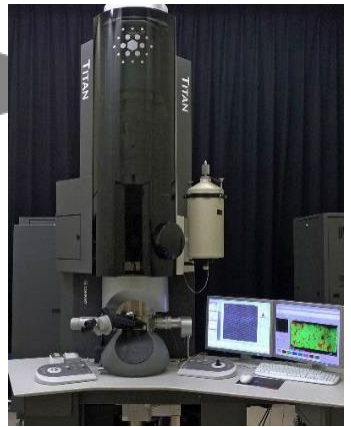
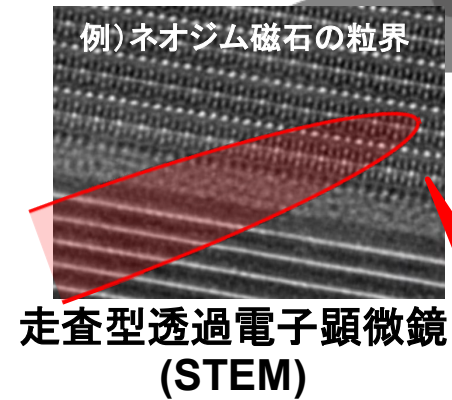
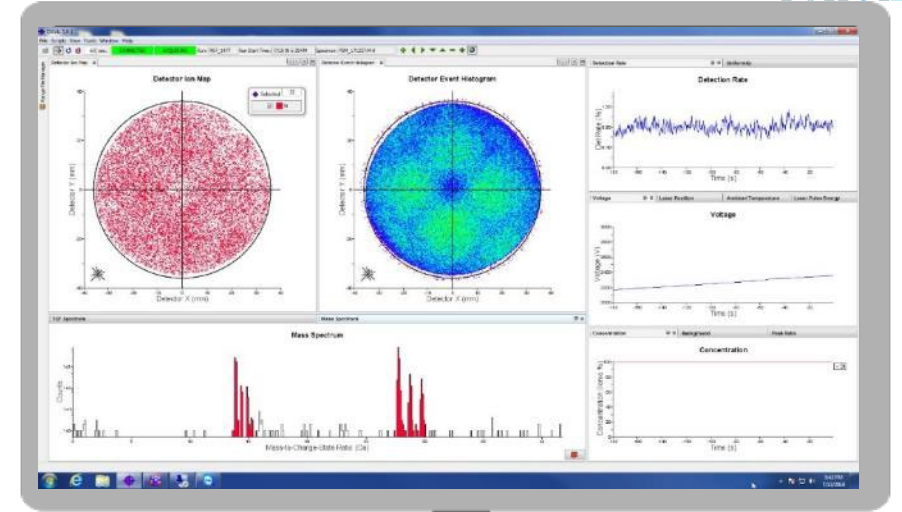
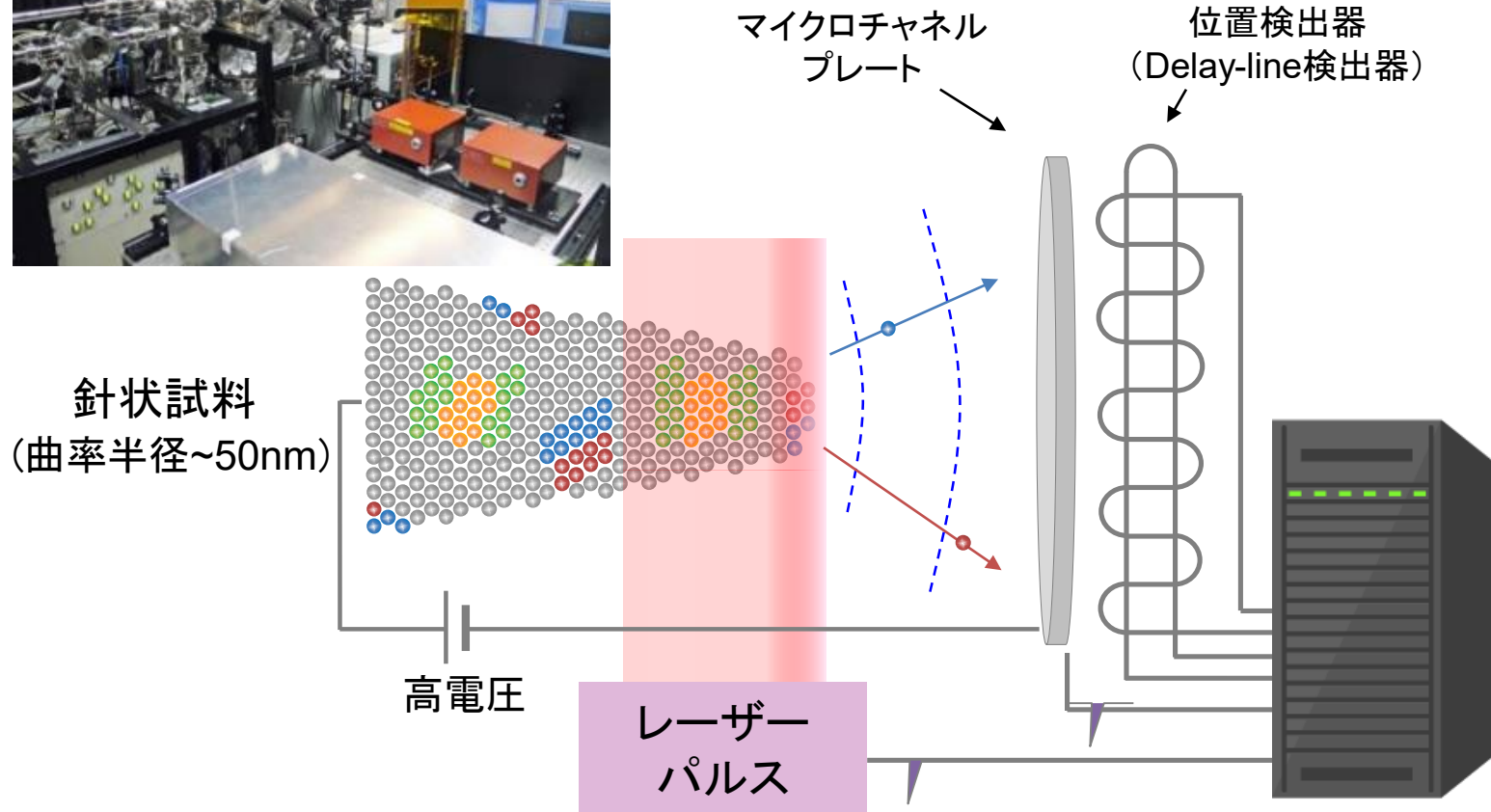
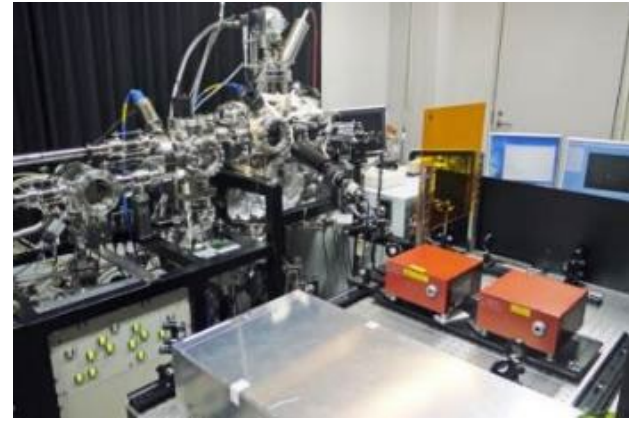
# 3次元アトムプローブ（3DAP）を用いたナノ組織解析と 3DAP分析用試料作製技術の高品質化

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った目的から、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。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、レーザーパルス補助型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。本セミナーでは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について議論する。

## [References]

- K. Hono *et al.*, *Ultramicroscopy* **111**, 576 (2011)
- T.T. Sasaki, H. Sepehri-Amin, J. Uzuhashi, T. Ohkubo, and K. Hono, *MRS Bull.* **47**, 688–695 (2022)
- J. Uzuhashi, J. Chen *et al.*, *J. Appl. Phys.* **131**, 185701 (2022)
- J. Uzuhashi, T. Ohkubo, and K. Hono, *Ultramicroscopy* **247**, 113704 (2023)
- J. Uzuhashi and T. Ohkubo, *Ultramicroscopy* **262**, 113980 (2024)

# レーザーパルス補助型3DAPの模式図



$$m/n = 2eV_e(t/l)^2$$

$m/n$  : Mass/Charge

$V_e$  : Voltage

$t$  : Time of Flight

$l$  : Distance

- 飛行時間型質量分析 → 質量 ( $m_i$ )
- 位置検出器 → 位置情報 ( $x_i, y_i$ )
- 検出順番 → 深さ情報 ( $z_i$ )

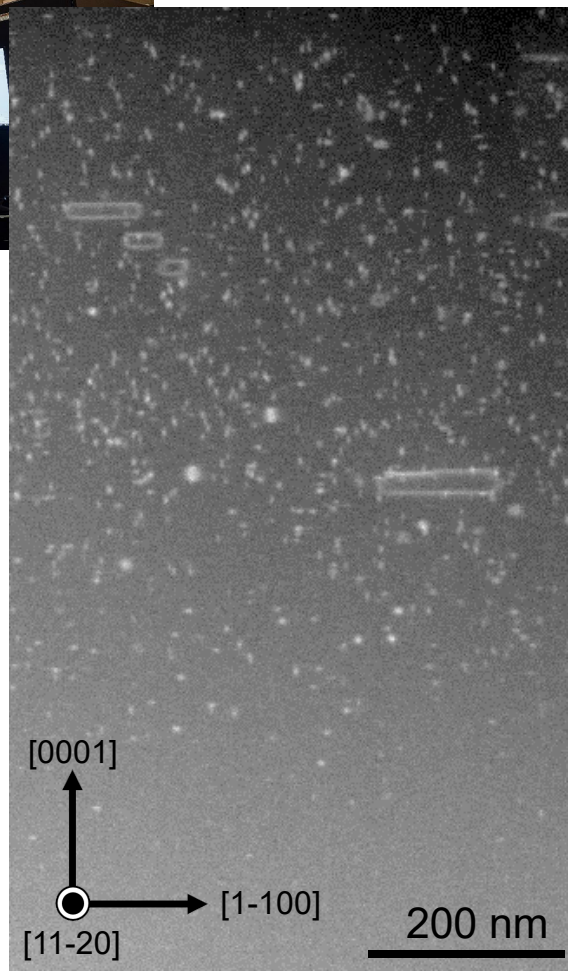
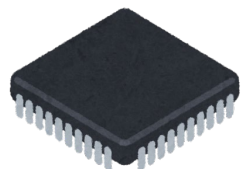
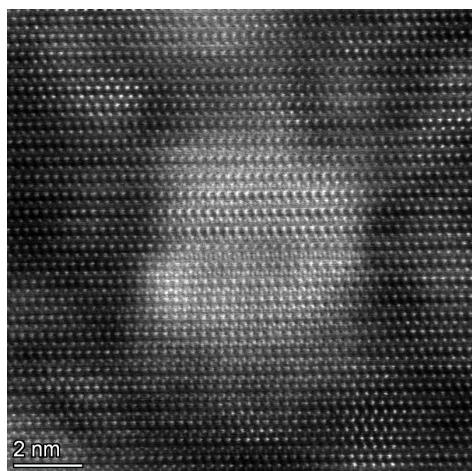
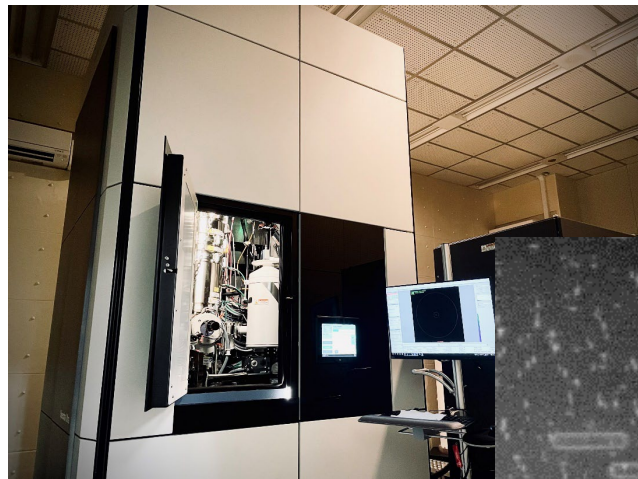
● Nd

● Ga

● Cu

10 nm

# Mgイオン注入p型GaN半導体のTEM/3DAP同一視野解析



断面LAADF-STEM像

3DAP試料の イオン注入Mg  
STEM像 の3次元分布

