

## DPC STEM を用いた高分解能 pn 接合電場観察手法

東京大学 遠山 慧子 関 岳人

古河電気工業株式会社 佐々木宏和

東京大学・ファインセラミックスセンターナノ構造研究所

幾原 雄一 柴田直哉

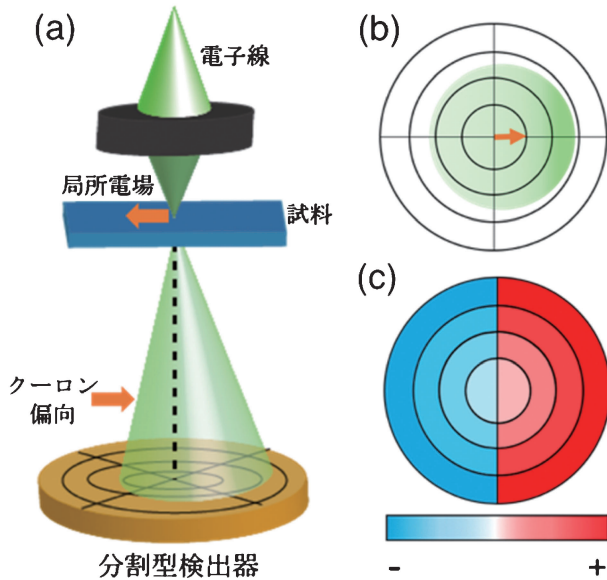


Fig. 1 DPC STEM の模式図。(a) 試料局所電場による電子線偏向の様子。(b) 分割型検出器。緑の円は偏向した電子線回折図形を表す。(c) 横方向の重心計測法模式図。各検出器で得られた像をその検出器の重心で重み付けして足し合わせることで回折図形の近似重心が得られる。

走査透過型電子顕微鏡法(STEM)を用いた微分位相コントラスト法(DPC)は材料内の局所電磁場を高い空間分解能で可視化できる手法として近年注目を集めている<sup>(1)</sup>。我々は、高分解能観察が難しいとされるpn接合をモデルサンプルとし、接合界面にできる内蔵電場の可視化を行った。

Fig. 1にDPC STEMの概略図を示す。DPC STEMではSTEMの明視野にFig. 1(b)に示すような分割型検出器を用いる。試料内に局所電場が存在するとき、電場上を電子線プローブが走査すると、電子線がクーロン力によって電場と反対の方向に偏向する。この偏向量を分割型検出器を用いて捉えることで試料内の電場分布を実空間像として得ることができる。このとき、電子線回折図形の重心を求めると電磁場の定量性がよいことが知られている<sup>(2)</sup>。重心計測法では分割された各検出器で取得した16枚の像をFig. 1(c)にあるような検出器の幾何学的重心で重み付けして足し合わせることで、

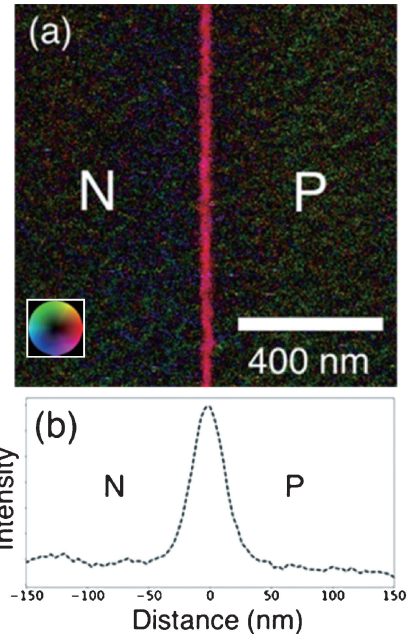


Fig. 2 DPC STEM で取得したpn接合内蔵電場像。(a) 内蔵電場のベクトルカラーマップ。(b) pn接合付近の電場水平成分ラインプロファイル。

各プローブ位置での回折図形の重心を近似的に求める。さらにこの重心計測を直交する2方向で行うことで、試料内の電場をベクトル量として可視化することができる。Fig. 2にDPC STEMで取得した半導体GaAsのpn接合像を示す。図中の赤いコントラストは左から右への電場を表しており、pn接合の電場構造を可視化できていることがわかる。電場強度の量化については未だ議論の余地があるが、DPC STEMは今後の電磁場解析に有用な手法であると言える。

### 文 献

- (1) N. Shibata *et al.*: *Sci. Rep.* **5**(2015), 10040.
- (2) T. Seki *et al.*: *Ultramicroscopy*, **182**(2017), 258.  
(2018年8月7日受理)[doi:10.2320/materia.58.102]