

# 電子回折位相イメージング法の開発とナノ電場の可視化

大阪大学超高压電子顕微鏡センター 山崎 順  
 大阪大学大学院生 島岡 勇記  
 古河電気工業株式会社 佐々木宏和

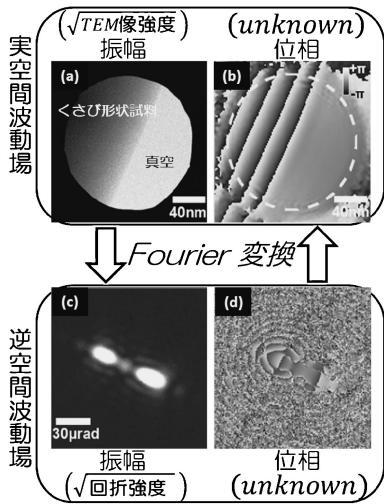


Fig. 1 位相再構成の概念図. (a)と(c)の振幅分布は実測強度から決定される. (b)と(d)の位相分布は, Fourier変換先の振幅分布と矛盾しない解として求まる.

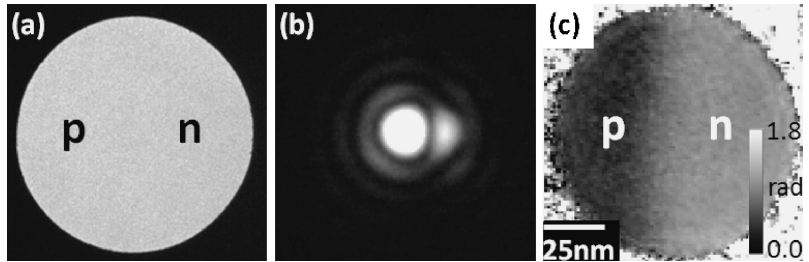


Fig. 2 GaAsのpn接合界面の計測. (a) TEM像. (b)制限視野回折図形. (c)再構成された位相像.

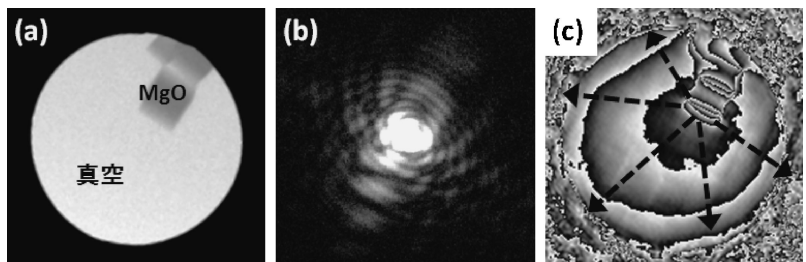


Fig. 3 帯電した誘電体ナノ粒子(MgO)の計測. (a) TEM像. (b)制限視野回折図形. (c)再構成された位相像. 矢印は粒子から発する電場を示す.

「電子回折位相イメージング法」は, 試料透過した電子線の位相分布を観察する新しい手法である<sup>(1)</sup>. この手法では, 制限視野回折図形と明視野TEM像を取得してそれらの強度の平方根を逆空間と実空間の振幅分布とする(Fig. 1参照). 位相分布は実験データとして直接記録はされないが, 実逆空間の複素波動場がFourier変換で結ばれていることを考慮すると, 上記の振幅分布と矛盾しない最適解として位相分布を再構成することが可能である.

Figure 2に示すのはFIBで薄膜研磨したGaAsのpn接合の観察例である<sup>(2)</sup>. TEM像(a)では接合界面が観測できないが, 制限視野回折(b)をもとに再構成した位相像(c)では明瞭に視覚化されている. このような位相像を観察する最も確立した手法は電子線ホログラフィーであるが, 一般に観察領域に隣接した参照領域が必要であり, この制約のために試料エッジから遠く離れた領域を分解能を落とさずに観察することが困難である. また電磁場が真空中に漏れ出している試料

の場合には, 参照領域を取ることができないため定性的な測定すらも困難となる場合が多い. 本手法の利点は観察領域に隣接した参照領域を必要としない点であり, これによって試料形態の自由度が大幅に向上し, 空間中に広がる電磁場も問題なく計測可能である.

Figure 3に示すのは帯電した誘電体ナノ粒子周辺の電磁場を観測した例であり, 粒子から発する電場が明示されている<sup>(2)</sup>. 今後, 半導体ドーパント分布計測をはじめとした各種誘電体・磁性体材料の計測や, バイオ試料の位相像観察への応用が期待される.

## 文献

- (1) J. Yamasaki, K. Ohta, S. Morishita and N. Tanaka: App. Phys. Lett., **101**(2012), 234105.
- (2) J. Yamasaki, K. Ohta, H. Sasaki and N. Tanaka: Proc. 18<sup>th</sup> International Microscopy Congress, (2014), IT-11-O-2513. (2016年7月26日受理) [doi:10.2320/materia.55.581]

Visualization of Nano Electric Fields by Electron Diffractive Phase Imaging; Jun Yamasaki\*, Yuki Shimaoka\*\* and Hirokazu Sasaki\*\*\*  
 (\*Research Center for Ultra-High Voltage Electron Microscopy, Osaka University, Ibaraki. \*\*Department of Electronic Engineering, Osaka University, Suita. \*\*\*Furukawa Electric CO., LTD., Yokohama)

Keywords: phase imaging, selected-area electron diffraction, diffractive imaging, nano electric field

TEM specimen preparation: FIB

TEM utilized: JEM ARM200F (200 kV)