

# 高精度位相シフト電子線ホログラフィーによる GaN/AlGa<sub>x</sub>N ナノ界面に形成された 2次元電子ガス層の電位分布観察

(一財)ファインセラミックスセンター 山本 和生

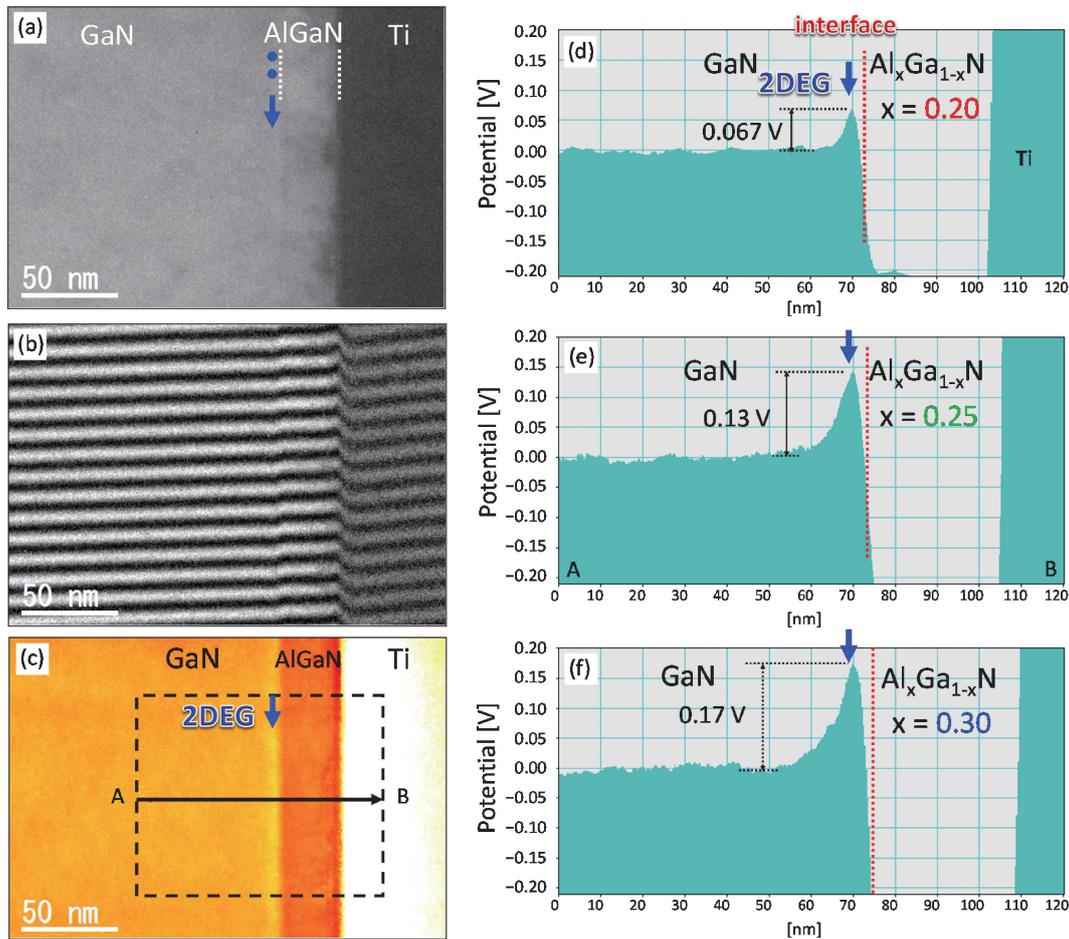


Fig. 1 GaN/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N ナノ界面に形成された 2次元電子ガス(2DEG)による電位変化(a)断面 TEM 像, (b) ホログラム, (c) 再生位相像, (d)  $x=0.20$  試料の位相プロファイル, (e)  $x=0.25$  試料の位相プロファイル(A-B 間), (f)  $x=0.30$  試料の位相プロファイル.

窒化ガリウム(GaN)は、次世代の省エネパワーデバイスや高輝度 LED の材料として有望視されている。高機能なデバイスを設計するためには、異なる材料を接合させたヘテロ界面の物性制御が重要となる。特に、GaN/AlGa<sub>x</sub>N 界面では、高密度の 2次元電子ガス層(2DEG: 2-dimensional electron gas)が形成され、高電子移動度トランジスタの性能を制御するためには、設計通りに 2DEG が形成されているかが重要となる。しかし、通常の TEM では観察することは不可能である。そこで本研究では、高い空間分解能で高精度の位相計測が可能な「位相シフト電子線ホログラフィー」を用いて、2DEG による電位分布を定量的に観察した。Fig. 1 (a)は、GaN/Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>N の断面 TEM 像である。ダメージ層の少ない均一な厚さ(約 250 nm)の TEM 試料を作製するため、冷却 FIB(約 -140°C)を用いた。Fig. 1 (b)は該当する

箇所のホログラムである。干渉縞のみをシフトさせた50枚のホログラムを用いて位相シフト再生を行った位相像を Fig. 1(c)に示す。界面に明るいコントラストが観察される。Figs. 1 (d)-(f)に、それぞれ Al 濃度を変化させた時( $x=0.20, 0.25, 0.30$ )の A-B 位置の位相プロファイルを示す。界面において、2DEG による急峻な電位変化がクリアに観察されていることがわかる。また、Al の濃度に従って、電位の変化量も比例して大きくなっていることがわかり、本手法により定量的に 2DEG の観察/評価が行えることを実証できた。今後、GaN や GaAs, SiC 等、機能性デバイス全般に対して幅広い応用が期待できる。

本研究は、トヨタ自動車株式会社との共同研究により実施された。権藤安則氏、櫛田知義氏に感謝いたします。

(2018年7月12日受理)[doi:10.2320/materia.58.98]

Electric Potential Distributions of Two-Dimensional Electron Gas Layers at GaN/AlGa<sub>x</sub>N Nano-Interfaces Observed by High Precision Phase-Shifting Electron Holography; Kazuo Yamamoto  
Keywords: *electron holography, GaN, 2DEG*  
TEM specimen preparation: cryo-FIB TEM utilized: HF3300-EH (300 kV)