

GaN 多孔質構造の形状およびキャリア濃度の違いとインピーダンス特性について

Impedance Analysis on various GaN porous structures
with different pore shapes and carrier density

北大量集セ °伊藤 圭亮、張 笑逸、熊崎 祐介、佐藤 威友

RCIQE, Hokkaido Univ., °Keisuke Ito, Xiaoyi Zhang, Yusuke Kumazaki, Taketomo Sato

E-mail: k-ito@rciqe.hokudai.ac.jp

【はじめに】窒化ガリウム(GaN)は、大きなバンドギャップと高い熱的・化学的安定性を持つことから、太陽電池や光触媒電極など光-化学-電気エネルギー変換材料として期待されている。さらに電気化学的手法により形成される多孔質構造は、大表面積・低光反射率という特徴を有するため、エネルギー変換効率の向上に有望である[1]。本研究では、複雑な形状を持つ GaN 多孔質構造の電荷輸送特性を明らかにするため、電気化学インピーダンス法 (EIS 法) を用いて、周波数応答特性の解析を行った。

【実験と結果】サファイア基板上に結晶成長したキャリア濃度の異なる n 型 GaN ($5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) を用意し、それぞれに多孔質構造を形成した。電子顕微鏡による断面観察 (Fig.1) から高濃度の試料(a)では平均孔径: 50nm、平均深さ: 210nm であったのに対し、低濃度試料(b)では平均孔径: 80nm、平均深さ: 220nm と見積もられた。また、孔の形状にも違いが見られた。EIS 測定の解析に用いた等価回路と、測定により得られたボード線図 (交流電圧信号に対し観測される電流信号の位相ずれ) を、それぞれ Fig. 2、Fig. 3 に示す。RC 並列回路の容量成分が支配的になる周波数では、位相は -90 度に近づく。測定周波数 (f) が 10^5 Hz 以上で見られる位相変化は、GaN の空乏層容量 (C_{GaN}) が応答していることを示唆している。周波数が低下するとともに位相差はゆるやかに増大し、およそ 10^2 Hz 以下ではどの電極も -90 度で飽和することが分かった。また、GaN/電解液界面の電気二重層容量 (C_{dl}) が応答する周波数は多孔質構造を形成すると、試料(a)では小さくなり (左側へシフト)、試料(b)では変化がなかった。これは、キャリア濃度の低い試料(b)では孔壁が完全に空乏化し、形状面積に比べて電気化学的に有効な面積が小さく、構造のもつ優位性が得られなかった可能性を示唆している。

[1]Y. Kumazaki et al., J. Electrochem. Soc., 161 (2014) H705.

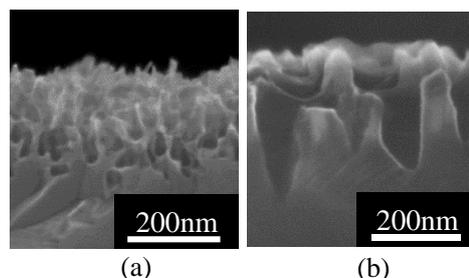


Fig 1. SEM images of GaN porous structures. (a) $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, (b) $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$

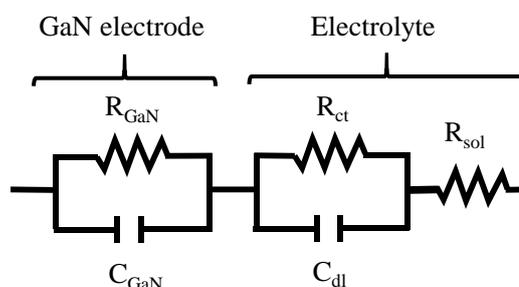


Fig.2. Equivalent circuit for EIS analysis

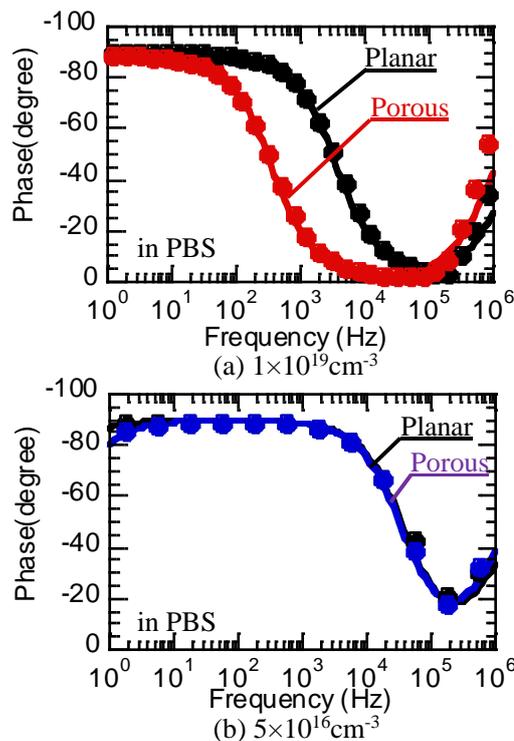


Fig.3. Phase shifts measured on four samples by EIS technique