光電子ホログラフィーによる GaN 表面の窒素原子に関する評価

Evaluation of nitrogen atoms on GaN surface using photoelectron holography

奈良先端大 [1]，夏井 葉月 [1]，上沼 睦典 [1]，桑原田 進吾 [1]，富田 広人 [1]，橋本 由介 [1]，
松下 智裕 [1]，浦岡 行治 [1]

NAIST [1], Hazuki Natsui[1], Mutsunori Uenuma[1], Shingo Kuwaharada[1], Hiroto Tomita[1],
Yusuke Hashimoto[1], Tomohiro Matsushita[1], Yukiharu Uraoka[1]

E-mail: natsui.hazuki.nd2@ms.naist.jp, uenuma@ms.naist.jp

1．背景・目的

縦型 GaN MOS パワーデバイスの実現に向けて、ゲート絶縁膜/GaN 界面の品質はデバイスの移動度や閾値電圧の安定性に直接関係するため重要である。GaN の場合、ゲート絶縁膜には必ず堆積膜が必要となるため、界面にはさまざまなプロセスダメージによる原子配置の乱れや不純物欠陥、界面酸化層が発生し課題となっている。また、GaN のイオン注入では，注入時の衝撃や高温アニールにより窒素空孔が発生する。これにより、表面の欠陥の増大などが問題となっており、欠陥に対する原子構造を明らかにする必要がある[1]。

本グループでは、光電子ホログラフィーを用いた Al_2O_3/GaN 界面 GaOx 層の局所構造解析に取り組み、成果を報告している[2, 3, 4]。ただし、これまでは Ga 原子に注目した解析のみを実施してきた。そこで、本研究では GaN 中の N 原子に着目して、GaN 最表面の原子構造について光電子ホログラフィーによって解析した。

2．実験方法

ホログラムのシミュレーションおよび解析には、本グループが前回報告した酸化ガリウム層付き GaN 結晶構造を使い、3D-AIR-IMAGE ソフトを用い実施した。測定には、n-GaN エピ層(Si 濃度:4×10^{16}cm^{-3})を持つ自立 GaN 基板(Ga 面)、または p-GaN のサンプルを用いた。この試料について、SPring-8 の BL25SU に設置してある高分解能阻止電場型電子エネルギー分析装置(RFA)により Ga3d，N2s および N1s の光電子ホログラフィーを測定した。

3．結果

図１に計算に用いた結晶構造と N1s についてシミュレーション結果を示す。N2s ついては、2s 軌道が価電子帯の底にありバンドの効果が入り交じるため、今回は N1s について解析した。また、図２に各層を重ね合わせたホログラムと本グループが過去に測定した GaN の N1s ホログラム（SPring-8 BL25SU 2 次元表示型球面鏡分析器 DIANA）[5]を比較した結果を示す。シミュレーション値と実験値を比較すると、実線部分は一致しているが、点線部分は一部異なることが分かった。発表では、p-GaN および n-GaN 試料に対して RFA を用いて測定した N1s の解析結果について報告する。

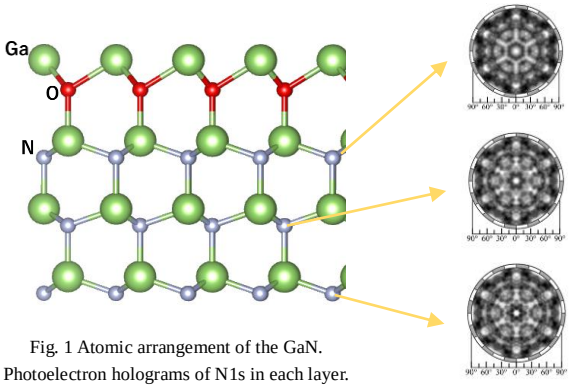

Fig. 1 Atomic arrangement of the GaN. Photoelectron holograms of N1s in each layer.

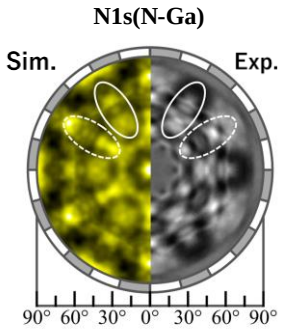

Fig. 2 Experimental and simulated N1s photoelectron holograms.

[1]須田淳 他，応用物理 第 90 巻 第 10 号（2021）[2] M. Uenuma et al., APEX 15, 085501 (2022). [3] 田中晶貴、松下智裕 他，日本物理学会 2021 年秋季大会 [4]桑原田進吾,上沼睦典 他，第 69 回応用物理学会春季学術講演会(2022) 25p-P11-4 [5] 藤本裕太、上沼睦典、太田紘志、松井文彦、石河泰明、浦岡行治 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会(2017) 6p-PA8-4

© 2023年 応用物理学会