

表面酸化物の GaN 表面フェルミ準位と表面バンド曲がり及び影響

Impact of surface oxides in GaN crystals for their surface Fermi levels and surface band bending

工学院大・工 〇網谷 良介, 多次見 大樹, 杉浦 洋平, 山口 智広, 本田 徹*

Kogakuin Univ. 〇R. Amiya, D. Tajimi, Y. Sugiura, T. Yamaguchi and T. Honda

*E-mail ct11761@ns.kogakuin.ac.jp

1. はじめに

これまでに GaInN 系材料の表面バンド曲がり (Surface band bending: SBB) について検討を行ってきた [1]。GaN 系材料は、六方晶ウルツ鉱型構造(WZ)を有するため、自発分極および圧電分極による表面電荷蓄積を生じ、通常の閃亜鉛鉱型構造(ZB)半導体とは異なる特異な SBB が観測されている[2]。GaN 系材料の表面フェルミ準位は、表面酸化物の影響を大きく受ける[3]。また、高 In 組成の GaInN 系材料は InN の表面電荷蓄積層が存在する[4,5]。この表面電荷蓄積層も SBB に影響を与えるので GaInN では、表面酸化物の定性・定量的な影響を調べるのは困難である。そこで、表面電荷蓄積層が存在しない GaN に注目した。今後 GaInN 系材料の正確な SBB を考えるために、GaN 表面上の酸化物が表面フェルミ準位に与える定性・定量的な影響を考察し、SBB への影響を検討する。

2. 実験方法

試料にはハライド気相成長法により製作された GaN 自立基板を用いた[6]。また、表面酸化物除去の条件を変えた 4 枚の GaN 自立基板を用意し、表 1 に示す。表面フェルミ準位の推定及び、相対的な SBB は x 線光電子分光法(XPS)による Ga および N の内殻準位スペクトルを用いて行った。測定時は基板表面を導電性のカーボンテープで接地を行った。角度分解 XPS 法(Angle resolved XPS: AR-XPS)は検出角度を 0°または 40°に変化させて測定を行った。

3. 実験結果

様々な方法で表面酸化物処理を行った Ga 面 GaN 自立基板における 0°-40°の Ga3d の XPS ピークシフト量を図 1 に示す。XPS スペクトルはそれぞれ Ga3d の内殻準位のピーク強度で規格化を行った。表面酸化物の量は XPS における O1s ピーク強度を用いて図中の横軸とした。表面酸化物増加に伴い、SBB は正方向にシフト量が増加することがわかる。N 面の結果についても当日議論を行う予定である。

4. 考察

XPS 測定は、表面に敏感な測定法ではあるが、数 nm の光電子の平均脱出深さが存在する。検出角度 0°および 40°における XPS ピークシフト量は、それぞれの脱出光電子深さが異なる測定であるため、2 点間のピークシフト量は、相対的な内部電界強度に相当する。この原因は、表面フェルミ準位とバルク中フェルミ準位との差により生じていると考えられる。表面酸化物増加によりピークシフト量増加、すなわち内部電界増加は、見かけ上の GaN 表面フェルミ準位が価電子帯側に

変化していることを示す。

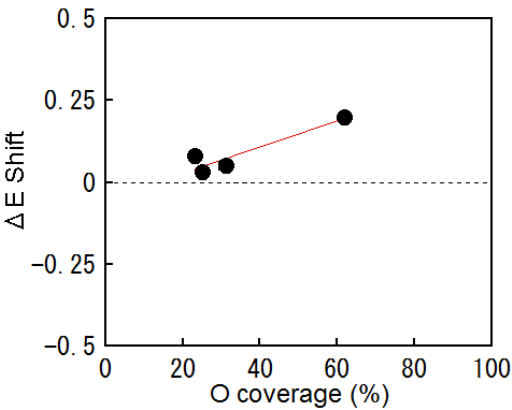


図 1. Ga 面 GaN 自立基板における 0°-40°の XPS ピークシフト量

表 1. 表面酸化物処理条件

試料	表面酸化物除去方法	Δ E Shift
1	有機洗浄 (5 min)	0.20
2	有機洗浄 (5 min) + 塩酸処理 25 % (5 min)	0.05
3	有機洗浄 (5 min) + 塩酸処理 25 % (5 min) + BHF (5 min)	0.03
4	有機洗浄(5 min) +塩酸処理 25%(5 min) + BHF (10 min)	0.08

5. 結論

自立 GaN 結晶の表面酸化物が GaN 表面フェルミ準位に与える定性・定量的な影響を考察し、SBB への影響を検討した。実験結果より、Ga 面の場合、酸化物量増加により GaN 表面フェルミ準位が価電子帯側に変化し、SBB は正方向にシフト量が増加することがわかった。

[1] R. Amiya, et.al, IWN 2012, ThP-PR-65, 18 Oct. 2012.
[2] R. Katayama et. al, Appl. Phys. Lett. **91**, 061917 (2007).
[3] M. A. Garcia et al, Appl. Phys. Lett. **88**, 013506 (2006).
[4] H. Lu W. J. Schaff, L. F. Eastman, and C. E. Stutz, Appl. Phys. Lett. **82**, 1736 (2003).
[5] I. Mahboob, T. D. Veal, C. F. McConville, H. Lu, and W. J. Schaff, Phys. Rev. Lett. **92**, 036804 (2004).
[6] A. A. Yamaguchi et.al, J. Appl. Phys. **83**, 4542 (1998).