



光電子分光による化学溶液洗浄した GaN (0001) 表面の 化学結合および電子状態評価

大田 晃生, 池田 弥央, 牧原 克典, 宮崎 誠一
名古屋大学 大学院工学研究科

キーワード：GaN, 化学溶液洗浄, 光電子分光, 化学結合状態

1. 背景と研究目的

GaN-MOS デバイスにおいて、GaN の持つ優れた電子物性を最大限に引き出すためには、低欠陥で高品質な絶縁膜/GaN 界面の形成が必要不可欠である^{1,2)}。そのため、GaN 表面に存在する吸着炭素および自然酸化膜などの汚染物の除去や平坦化などのクリーニングプロセス、高品質な絶縁膜堆積技術、絶縁膜/GaN 界面反応や Ga 拡散の制御が重要となる。本実験では、化学溶液による GaN 表面の洗浄に着目し、HCl や H₂SO₄ 溶液により浸漬した GaN 表面の化学結合状態を明らかにすることを目的とし、BL7U にて光電子分光測定を行った。

2. 実験内容

GaN 自立基板上に厚さ 2μm の n 型 GaN(Si ドープ: $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) をホモエピタキシャル成長したウェハを用いて、化学溶液による GaN 表面のクリーニング効果を調べた。GaN ウェハをレジストでコートし、ダイシングした後、アセトンと IPA を用いた超音波洗浄を行い、純水リンスをした。その後、一部の試料は、4.5% に希釈した HF に浸漬した後、1% H₂SO₄ (at 85°C)、もしくは HCl と H₂O₂ の混合溶液(SC-2: at 80 °C, HCl: H₂O₂: H₂O= 3: 11: 86) による表面処理を行い、超純水でリンスを行った。上記の方法にて、所属機関で化学溶液洗浄した試料をあいちシンクロトロンに持参し、光電子分光測定を行った。

3. 結果および考察

化学溶液洗浄前後の GaN 表面において、BL7U に設置された光電子分光装置を用いて、入射エネルギー(hv)700 eV で内殻光電子信号の測定を行った。Fig. 1 の様に市販の XPS 装置で使用される単色化 AlK α 特性 X 線(hv=1486.6 eV)を用いた場合には、N1s 内殻光電子信号と GaLMM オージェ電子信号が重畳し、その化学結合状態分析が困難であるが、放射光を用いることで、N 原子の化学結合状態をより明瞭に分析することができた。また、Fig.2 に示す化学溶液処理前の試料の N1s 信号において、Ga-N 結合よりも高結合エネルギー側に化学シフトした N-O 結合成分が観測される。この信号は、試料保管時に表面に形成した自然酸化物である可能性が高い。この N-O 結合成分は、4.5% HF もしくは SC-2 溶液では完全に除去できなかったが、1%H₂SO₄ 溶液で処理することで顕著に減少することができた。また、Ga-N 結合に起因する Ga3d および N1s 信号はどの溶液処理においても変化は認められず GaN 表面へのダメージが少ないことが示唆される。同様に、別途測定を行った AFM 像では、原子層レベルでステップ・テラス構造が確認され、H₂SO₄ 溶液を用いることが、表面処理として有効である可能性が高いことが分かった。

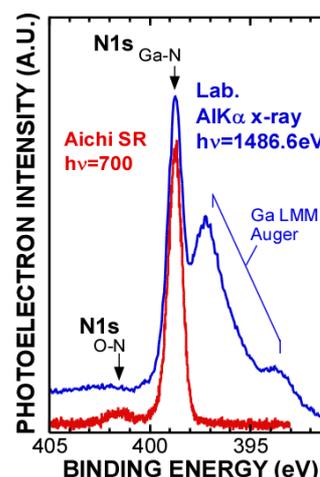


Fig. 1 N1s spectra for the GaN surface before wet-chemical treatment measured by Aichi SR and AlK α x-ray radiation.

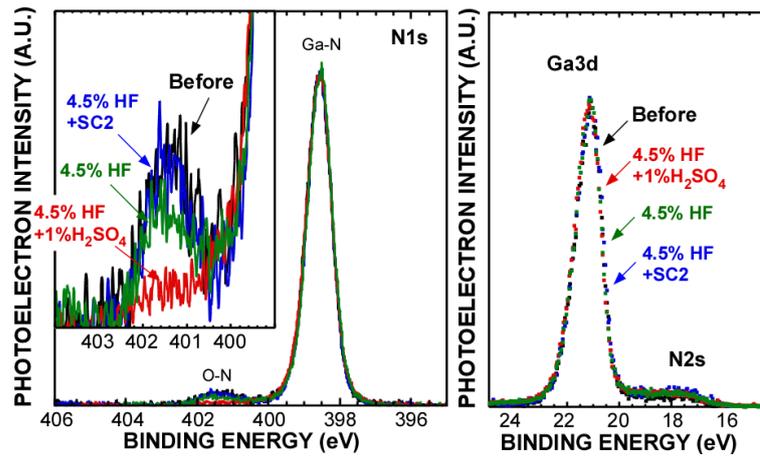


Fig. 2 N1s and Ga3d spectra for the GaN surface taken before and after wet-chemical treatments. In each spectrum, photoelectron intensity and binding energy calibration was made by Ga 3d signals from Ga-N bonding units.

4. 参考文献

1. T. Kachi, Jpn. J. Appl. Phys., **53**, 100210 (2014).
2. Z. Yatabe, et. al, J. Phys. D, **49**, 393001 (2016).

謝辞 本成果の一部は、文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」の支援を受けた。また、GaNウェハは、豊田中央研究所より御提供頂いた。関係者に深く感謝する。