Al2O3/n-, p-GaN 構造の光熱偏向分光法による評価

Evaluation of Al₂O₃ /n-, p-GaN samples by photothermal deflection spectroscopy 物材機構¹, 工学院大², 筑波大³、法政大⁴、原子力機構⁵⁰福田清貴¹²、浅井祐哉³、関慶祐⁴, Sang Liwen¹, 吉越章隆⁵、上殿明良³、石垣隆正⁴、尾沼猛儀²、山口智広²、本田徹²、角谷正友¹ NIMS¹, Kogakuin Univ.², Tsukuba Univ.³, Hosei Univ.⁴, JAEA⁵[°]K. Fukuda¹, Y. Asai³, K. Seki⁴, L. Sang¹, A. Yoshigoe⁵, A. Uedono³, T. Onuma², T.Yamaguchi², T. Honda², M. Sumiya¹ E-mail: cm17042@ns.kogakuin.ac.jp

【はじめに】GaN パワーMOSFET の絶縁層としてさまざまな酸化物が検討されているが、デバイ ス特性を向上させる上で酸・窒化物界面での欠陥挙動の理解が重要である[1]。現状最もよく使わ れている ALD で堆積した Al₂O₃との界面では周波数分散が抑制されるなど 300℃アニールが特性 向上に大きく寄与しているが[2]、界面や Al2O3 中での欠陥がどのように生成され、どのようにア ニールされるのかメカニズムはよくわかっていない。そこで、本研究では荷電状態によらずバン ドギャップ内準位を検出できる光熱偏向分光法(PDS: Photothermal Deflection Spectroscopy)[3]とそ の場観察による光電子分光を利用して Al2O3 を堆積した GaN 試料の評価を行ったので報告する。 【実験】 サファイア基板上に MOCVD で成長した uid-GaN (n型)と Mg をドープした GaN (p型) 薄膜を表面処理した後、ALD によって 2 つの試料上に同時に Al₂O₃を 1nm 堆積した。この GaN 試料を SPring-8 BL23 の表面化学実験装置に導入して 10 分間、300 ℃ でアニールを施した。さら に、酸素分子ビーム (Flux 量; 3.7×10¹⁴ cm⁻² sec⁻¹, Translational Energy; 2.2 eV, 室温で Si 表面 2 層程 酸化する条件)を 30 分間 200℃で照射した。それぞれの段階で光電子分光(励起エネルギー; 730 eV) による測定を行った。その後1nm Al₂O₃堆積直後と真空アニール・酸素ビーム処理を行った試料 を PDS で評価した。PDS 測定では、励起光波長 350-800 nm の範囲で PDS 測定を行い、ロックイ ンアンプで検出したレーザ光の位置変化の電圧を励起光の分光カーブで規格化したものを PDS 信 号とした。

【結果】図 1(a), 1(b)に Al₂O₃ 1 nm を堆積した uid-GaN 試料(青)と真空アニール・酸素分子線照 射を行ったもの(赤)のOlsとNlsのコアスペク トルを示す。真空アニールと酸素分子線照射間では スペクトル形状に変化はなかったが、as-deposited と比べると真空アニールをした試料では Ols の高 結合エネルギーの裾が低減し、NIsの低結合エネル ギー側に広がりを見せている。これら試料の PDS スペクトルから(図 1(c))、構造乱れの指標である バンド端付近の傾きの逆数(Urbach energy)はアニ ール前後共に 41 meV で変化はないが、as-deposited の試料ではギャップ内準位が多いことがわかる(図 1(c) 青)。特に 2.7 eV から低エネルギーにかけて信 号が高い。明らかにアニールによってギャップ内準 位が減少している(同赤)。Al₂O₃/p-GaN 試料では PDS スペクトルが as-deposited でも図 1(c)のアニー ルしたものと同レベルであり、XPS のコアスペクト ルにも大きな違いがなかったことから、uid-GaN 上 に ALD で Al₂O₃を堆積すると界面でギャップ内準 位が形成されると考えている。今後 Al₂O₃の膜厚を 変えるなど PDS 信号における表面効果や Al₂O₃ か らの信号との区別をつけながら、酸・窒化物界面で の欠陥の挙動について検討する。



図 1 SPring-8 BL23SU の表面化学実験装置にて得た Al₂O₃ (1 nm)/ uid-GaN の as-deposited (青)と 300 ℃、10 分間の真空アニール後に酸素分子線を 照射したもの(赤)の(a) OIs と(b) NIs スペクトル. (c)それら 2 つの試料の PDS スペクトル.

【謝辞】本研究の一部は新学術領域「特異構造の結晶科学」(JP16H06424)の支援を受けた。 [1] B. Ren et al., *Appl. Phys. Express* **10**, 051001 (2017) [2] S. Kaneki et al., *Appl Phys. Lett.* **109**, 16 (2016). [3] M. Sumiya et al., *Appl. Phys. Express* **11** 021002 (2018).