リモートプラズマ CVD SiO₂/GaN 界面の光電子分光分析 Photoemission Study of Remote Plasma CVD SiO₂/GaN Interfaces 名大院工, °グェンスァン チュン, 大田 晃生, 牧原 克典, 池田 弥央, 宮崎 誠一 Nagoya Univ., [°]N. X. Truyen, A. Ohta, K. Makihara, M. Ikeda, and S. Miyazaki E-mail: n xua@nuee.nagoya-u.ac.jp

序>光電子収率分光法(PYS: Total Photoelectron Yield Spectroscopy)では、単色化した紫外光を試料 に照射した際の光電子放出量を紫外光エネルギーの関数として高感度計測する。これにより、試 料表面および極浅界面における電子占有状態密度を高ダイナミックレンジ(表面準位の場合は約8 桁)で定量することができる[1]。本研究では、イオンダメージを抑えた処理が可能なリモート O2 プラズマ支援 CVD(O₂-RPCVD)を用いて SiO₂/GaN 構造を作成し、X 線電子分光法(XPS)により化 学結合状態を調べるとともに、PYS により SiO₂/GaN 界面における電子状態を定量評価した。 実験>サファイア基板上に不純物濃度 1.5x10¹⁶cm⁻³の n 型層(厚さ 1µm)をエピタキシャル成長した GaN ウェハを 4.5%HF 溶液により洗浄した後、SiH₄ と励起した Ar 希釈 O₂ (Ar:O₂=30:20)を用いた O2-RPCVD により約 5nm の SiO2 薄膜を堆積した。プラズマは石英管に配置したワンターンコイル 状アンテナに 60MHz 高周波電力を供給し、誘導結合により励起・生成した。SiH4 流量、基板温度、 基板-アンテナ間距離および高周波電力はそれぞれ、0.38sccm、500℃、19cm、10Wで一定とした。 結果>SiO2堆積前後における Ga 3d のスペクトルを Fig. 1(a)に示す。比較として、SiH4を供給せ ずに酸素プラズマ(O₂-RP)のみを照射した場合の結果も同図に示す。O₂-RP 照射後の Ga 3d スペク トルでは GaN の表面酸化に起因する高エネルギー側への化学シフトが観測された。一方、SiO2 堆積前後では Ga-N 結合に起因する Ga 3d 信号に顕著な変化は認められない。また、Fig. 1(b)に SiO。 堆積前後の SiO₂/GaN 構造の価電子帯スペクトルを示す。実測した価電子帯スペクトルは SiO₂お よび GaN の信号が重畳して観測されるため、表面洗浄した GaN のスペクトルを用いて SiO2 成分 を分離した。分離した SiO2信号は、水素終端 Si 基板上に形成した厚さ 50nm の熱酸化 SiO2膜の 価電子帯信号とほぼ一致することが確認できる。これらの結果は、形成した SiO2/GaN 界面の化学 構造は組成急峻であることを示している。また N1s 信号の解析では、XPS の検出限界(<1at.%)を 超える GaN からの N 脱離は検出されなかった。Fig. 2 に SiO2 堆積前後および O2-RP 照射した場合 において実測した PYS (入射エネルギ範囲:3.3~5.4eV)のスペクトルを示す。GaN の電子親和力 (3.5±0.1eV [2])およびバンドギャップ(3.36eV[3])を考慮すると、観測された光電子収率は主として Eg中に存在する電子占有欠陥に起因する。表面洗浄した GaNの PYS スペクトルでは、GaN の伝 導帯下端(Ec)近傍に相当する 3.4eV 以上のエネルギー領域で顕著な光電子収率が観測された。この 信号は主に表面準位や結晶欠陥に起因すると考えられる。一方、O₂-RP 照射および SiO₂堆積後の PYS スペクトルでは 3.4~4.2eV のエネルギー領域の収率が減少し、一部の欠陥準位が不活性化さ れたのに対して、GaNのミッドギャップ付近(E_i)における収率が約3倍増大することが分かった。 謝辞>本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託事業「窒化ガリウム パワーデバイスの実用化促進等に関する先導研究」の一環で実施して得られた成果であり、エピ タキシャル GaN は、名古屋大学 天野研究室に御提供頂いた。

文献> [1] S. Miyazaki et al., Microelectro. Eng., 48 (1999) 63. [2] C. I. Wu et al., J. Appl. Phys., 83 (1998) 4249. [3] S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices 2nd ed., (New York: Wiley) p.849.



(A.U.) PHOTOELECTRON YIELD INTENSITY 104 O₂-RP exposed GaN 10³ SiO₂/GaN Wet-cleaned 10² GaN Ęį 4.0 4.5 5.0 PHOTON ENERGY (eV) 3.5

10

Fig. 1 (a) Ga 3d and (b) valence band spectra taken before and after deposition of SiO₂ on GaN. Ga 3d spectrum taken after O₂-RP exposure, valence band spectrum of thermally grown SiO₂ on Si and wet-chemically cleaned GaN are also shown as references.

