

SiO₂/GaN 界面の固定電荷に対する GaN 表面状態の影響

Effects of GaN Surface on Fixed Charge in SiO₂/GaN Interface

奈良先端大 [○]上沼 睦典, 安藤 領汰, 古川 暢昭, 石河 泰明, 浦岡 行治

NAIST Mutsunori Uenuma, Ryota Ando, Masaaki Furukawa, Yasuaki Ishikawa, Yukiharu Uraoka

E-mail: uenuma@ms.naist.jp

背景: 絶縁膜/GaN 界面には、Ga 酸化層の形成などの報告がされているが界面の理解は不十分であり、表面処理条件による化学結合状態の変化や電気特性へ与える影響についての調査が必要である。本研究では、3 種類の条件により GaN 表面処理を行った場合の SiO₂/GaN 界面における固定電荷 Q_f (Fixed charge) について詳細に調査をおこなった。

実験方法: BHF および HCl にて洗浄した n-GaN 基板に対して、次に示す 3 種類の表面処理を実施した。一つ目に、O₂ 雰囲気下で 800°C の熱処理を 30 分施した (O₂ anneal)。二つ目として、UV オゾン処理を室温で 30 分間おこなった (UV/Ozone)。三つ目に高圧水蒸気処理 (HPWVA) を 400°C・0.5MPa の条件で 30 分間おこなった。各処理後の GaN 表面を XPS にて評価した。また、各処理の基板に対し、PECVD (300°C) にて SiO₂ (～90 nm) を堆積した。その後、電子線蒸着により上裏面に Al および Al/Ti の電極を形成した。電極形成後、一度 CV 特性を評価し、熱処理 (PMA) として 400°C・H₂/N₂=1/19 の条件で 30 分間 FGA を実施した。熱処理後、2 度目の CV 特性を評価した。Hi-Lo 法により界面準位密度 D_{it} を算出し、理想 CV 特性からのシフト量より電荷量 Q を求めた。

結果および考察: 各処理後の表面状態を XPS により評価した結果、O₂ anneal 表面では Ga-oxide 成分が多いのに対し、HPWVA 処理では Ga-OH 成分が多いことを確認した (図 1)。電荷量 Q は、HPWVA 処理した試料のみ負の値を示した。一方、PMA 後は、すべての試料でほぼ同じ Q 値となった (図 2)。 D_{it} については、 $10^{11} \sim 10^{12} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ であったが、PMA 後の UV/Ozone 処理のみ極端に低い値を示した。我々の SiO₂ 膜では膜中には負の Oxide trap charge (Q_{ot}) があることを確認しており、PMA 前後の Q_{ot} は、それぞれ $-1.2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $-0.2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度である。 Q_{ot} は今回の各処理で同じであると考え、界面付近に存在する固定電荷 Q_f を求めた。これまでの研究から SiO₂/GaN 界面付近には正の Q_f が存在することが分かっているが、図 3 に示すように、PMA 前では初期表面の Ga-OH 結合の割合が増加するにつれて Q_f が低下する傾向を示した。これより Ga-OH は負の Q_f を形成している、または正の Q_f を低減している可能性が考えられる。一方、PMA 後は各処理の初期表面状態によらずほぼ同程度の Q_f となった。また、Ga-OH が多い表面では、電圧ストレスに対する CV 特性のシフトが大きい傾向が PMA 前に見られた。これらの結果から、GaN 表面の -OH 結合は固定電荷や電荷トラップを形成するため低減させる必要があると考えられる。

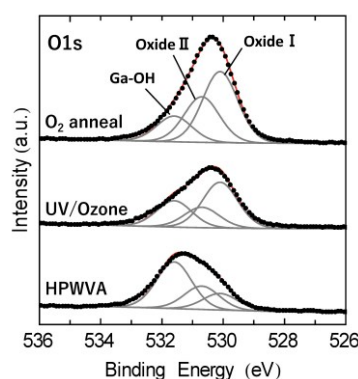


Fig.1 XPS spectra of O1s for the GaN surface after O₂ anneal, UV/ozone and HPWVA treatment.

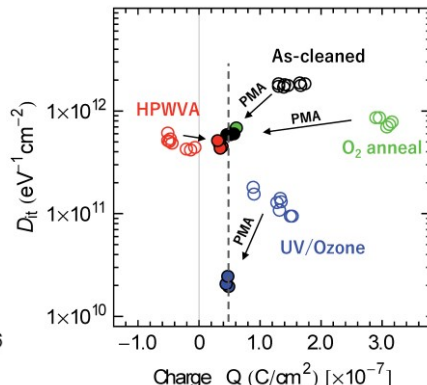


Fig.2 Total Charge Q and D_{it} of the samples before and after PMA.

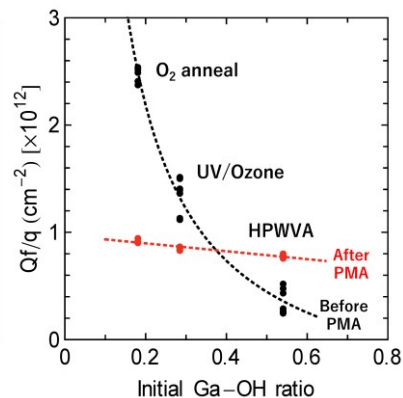


Fig.3 Initial Ga-OH ratio and fixed charge Q_f of the samples before and after PMA.