

ワイドバンドギャップ半導体素子における 界面準位起因の新しい不安定現象

New instability caused by interface states in wide-bandgap semiconductor devices

早大ナノライフ¹, 名大未来研², 早大理工³, 早大材研⁴

○平岩 篤^{1,2}, 堀川 清貴³, 川原田 洋^{1,3,4}

RONLI, Waseda Univ.¹, IMASS, Nagoya Univ.², Fac. Sci. Eng., Waseda Univ.³, KMLMST, Waseda Univ.⁴

○A. Hiraiwa^{1,2}, K. Horikawa³, and H. Kwarada^{1,3,4}

1. 緒言 ワイドバンドギャップ半導体は絶縁破壊耐圧が高く、高温にてもリーク電流が少ないため、高耐圧電力素子の半導体基板に適する。同半導体上には定評ある熱酸化 SiO₂を形成することができないため、界面準位の低減が大きな課題である。その問題として、従来は電界効果トランジスタのしきい値電圧変動、移動度低下等初期特性の劣化が注目されていたが、ここでは長期信頼性を損なう新たな不安定現象を報告する。

2. 実験方法 (1) 先報[1]同様、*n* 型ホモエピタキシャル膜(Si 5×10¹⁶cm⁻³, 2μm)を有する低抵抗 *n* 型 c 面 GaN 基板上に、トリメチルアルミニウムと H₂O を用いた原子層堆積法により 450°C にて Al₂O₃ 膜を形成した(厚さ 33nm)。ついで、マスク(開口面積 $S=4\times 10^{-4}\text{cm}^2$)を用いた抵抗加熱蒸着法により Al ゲート電極を形成した。(2) 400nm ロングパスフィルタ付の重水素・ハロゲン光源(3.1eV 以下)を用い光照射しながら、ゲート電圧を蓄積電圧から空乏電圧 V_{dep} に変化させゲート電流を 100 秒間、経時的に測定した(図1)。照射光のエネルギーは GaN の禁制帯幅(3.4eV)より小さいので、電子・正孔対を形成することはない。

3. 結果とその検討 (1) 図1に示すように、空乏化が浅い場合 ($|V_{dep}| \leq 7\text{V}$)、ゲート電流は主に界面捕獲電子の光放出に伴う電流(変位電流、図2)から構成される。照射時間 t_{ph} が長くなると同捕獲電子が減少するので、ゲート電流も減少する。なお、ゲート電流は変位電流と異なり $3\times 10^{-9}\text{A/cm}^2$ を最小とし、それ以下には減少しない。これは、ゲート電極から放出される光電子電流を含むためである。(2) 空乏化が深い場合、ゲート電流は変位電流よりも顕著に大きくなる。(3) 空間電荷制限電界放出解析[2](図3、太い一点鎖線)によると、捕獲電子の光放出に伴う界面準位の帯電によりゲート絶縁膜電界強度(絶対値)が増加し、これによりゲート電極から電界放出された電子がゲート電流として観測されることが分かる。また、時間が経過し電界が大きくなると、上記電流によりゲート電極近傍に存在していた正電荷が中和されるために電流の増加が抑制されることも分かる。(4) 光を照射しなくとも高電圧オフ状態においては欠陥等により正孔が発生し再結合により界面準位の電子を放出させるので、上記同様リーク電流が生ずるのみならず絶縁破壊の生ずる可能性がある。

4. 結言 光照射下のみならず高電圧オフ状態においては、界面準位の帯電によりゲート絶縁膜にリーク電流増加・絶縁破壊の生ずる可能性があり、深いものを含め界面準位の的確な把握と低減が肝要である。

【参考文献】 [1] A. Hiraiwa, et al., *J. Appl. Phys.* 123 (2018) 155303. [2] A. Hiraiwa, et al., *J. Appl. Phys.* 119 (2016) 064505.

【謝辞】 本研究は文部科学省「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」の委託を受けたものである。

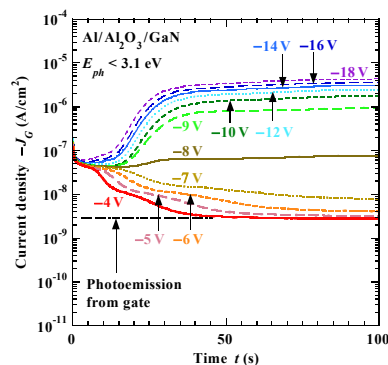


Fig. 1 Gate current in an Al/Al₂O₃/GaN capacitor vs. t_{ph} .

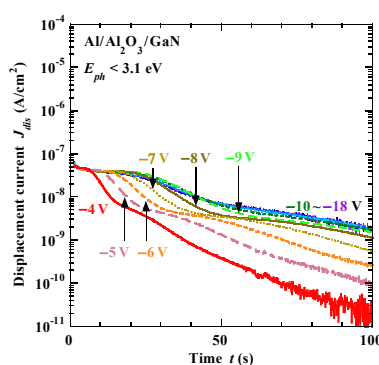


Fig. 2 Displacement current in an Al/Al₂O₃/GaN capacitor vs. t_{ph} .

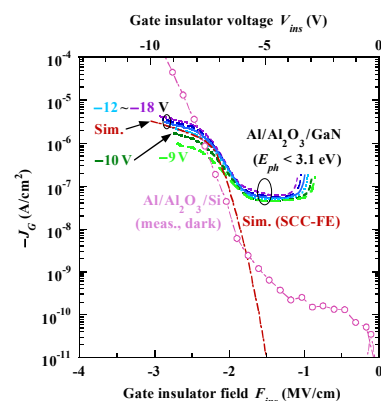


Fig. 3 Gate current of an Al₂O₃ capacitor vs. insulator field.