

新しい光誘起容量電圧法による絶縁膜/ワイドバンドギャップ半導体 界面深い準位の検出

Advanced photo-assisted capacitance characterization of deep traps at insulator/wide-bandgap semiconductor interface

早大ナ・ライワ¹, 名大未来研², 早大理工³, 早大材研⁴

○平岩 篤^{1,2}, 大久保 智³, 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}, S. Okubo³, 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、かつ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 Si 素子にて定評ある熱酸化 SiO₂ を形成することができないため、高性能・高信頼の表面保護膜・ゲート絶縁膜の形成が大きな課題である。同膜は半導体基板との界面にてトラップの少ないことが必要であるが、通常の容量電圧 (C-V) 法では深い準位を検出することが困難である。このため、光を照射した後に測定を行う光誘起 C-V 法が考案されたが[1]、界面トラップを正確に評価することが困難であった(下記第3項参照)。本研究ではこの問題を解消する。

2. 実験方法 (1) 先報[2]同様、*n* 型ホモエピタキシャル膜 (Si $4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 2 μm) 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) 従来と異なり深い(-10V 以下) 空乏化電圧の下でハロゲンランプ光を 300s 照射した後、同電圧から蓄積状態(+2V) に向け C-V 測定を行い(図1中塗りプロット)、引続き逆方向に C-V 測定を行った(同中白プロット)。ちなみに、上記ハロゲンランプ光は 3.4eV 以上の成分を含み、GaN 基板内に電子・ホール対を発生させる。

3. 結果とその検討 光照射を-10V 以下にて行った場合、同一容量に対するゲート電圧の差 ΔV_G を 20pF 以下の容量に対し求めることが可能であり値がほぼ一定となる(図2)。この値から界面トラップ密度 D_{it} の総量 $N_{it,all}$ ($= C_{ins} \Delta V_G / (Sq)$, C_{ins} はゲート絶縁膜容量) が $(7.7-8.0) \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ と求まる。この総量には荷電子帯付近の U 字型分布成分が含まれ、これを除いた値を禁制帯幅で割った D_{it} 平均値は Terman 法[3]による伝導帯付近の値(U 字型分布成分を除く)とほぼ一致する。これに対して、従来のように浅い空乏化電圧(-6V 以上)の下で光照射を行うと、 ΔV_G が容量とともに大きく変化するのみならず $N_{it,all}$ を過小評価してしまう(図2)。

4. 結言 新しい光誘起 C-V 測定法を提案し、絶縁膜/ワイドバンドギャップ半導体界面の深い準位を正確に検出することを可能にした。

【参考文献】 [1] J. Tan, et al., *Appl. Phys. Lett.* 70 (1997) 2280. [2] A. Hiraiwa, et al., *J. Appl. Phys.* 123 (2018) 155303.

[3] L. M. Terman, *Solid-State Electron.* 5 (1962) 285. 【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。

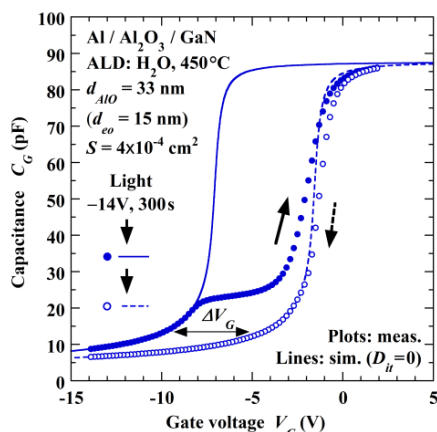


Fig. 1 Photo-assisted C-V characteristics of an ALD-Al₂O₃ capacitor.

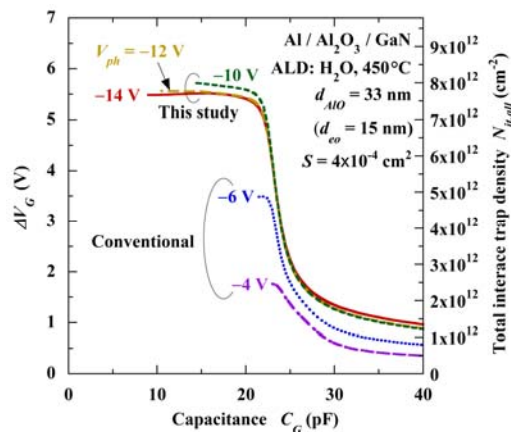


Fig. 2 Difference in the gate voltages for the same capacitance in the C-V characteristics shown in Fig. 1.