

選択的 p 型 GaN 形成に向けた活性化アニールの検討

Investigation of activation anneal for selective p-GaN layer.

トヨタ自動車 (株)¹, (株) 豊田中央研究所², 大分大学³ °渡邊 健太¹, 井口 紘子²,
白石 舞翔³, 宮崎 泰成³, 和田 竜垂³, 大森 雅登³, 大川 峰司¹, 長里 喜隆¹

Toyota Motor Corp.¹, Toyota Central Research Lab.², Oita Univ.³,

°Kenta Watanabe¹, Hiroko Iguchi², Maito Shiraishi³, Taisei Miyazaki³, Ryusui Wada³,

Masato Omori³, Takashi Okawa¹, Yoshitaka Nagasato¹

E-mail: kenta_watanabe_ab@mail.toyota.co.jp

【はじめに】

縦型 GaN パワーデバイス を低コストに作製するためには、イオン注入法により選択的に p 型層を形成する必要がある。p 型層のドーパントである Mg を活性化させるためには、GaN の分解温度 (900°C) 以上での活性化アニールが報告されている [1,2]。GaN の分解を抑制する手法としては、GaN 上に保護膜を形成する手法 [1] と圧力で分解を抑制する手法 [2] がある。前者は AlN が保護膜としてよく用いられるが、温度は 1300°C 程度に制限され、十分な活性化が得られていない [1]。一方、後者は 1GPa の超高压下で 1400°C 以上の活性化アニールを実施し p 型化を確認しているが [2]、特殊な設備を必要とするため量産へ向けては低圧化が必要と思われる。本報告では、AlN 保護膜と量産設備で実現できる圧力 (190MPa) を組み合わせた活性化アニールの検討を行った。

【実験と結果】

試料は GaN on GaN を使い、Mg 濃度 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、深さ約 500nm の BOX-profile を形成した。その後、保護膜として AlN を 200nm 表裏面に成膜し、190MPa の圧力で 1400°C、5min の活性化アニールを行い、TMAH 溶液で保護膜を除去した後の表面状態を観察した (Fig.1)。常圧 (0.1MPa) で活性化アニールを行った場合、GaN 表面に直径数十 μm のピットが形成されており、GaN の分解が進行していることが分かる (Fig.1(a))。一方、高压 (190MPa) で活性化アニールした場合、GaN 表面にピットは形成されず、as impla. の表面粗さ ($R_a=0.14 \text{ nm}$) とほぼ同等の表面粗さを維持していた (Fig.1(b)(c))。また、活性化アニール後も Mg プロファイルに変化がなく先行研究 [2] で見られたような Mg の拡散は見られなかった (Fig.2)。Fig.3 に PL 測定結果を示す。活性化アニール後、バンド端発光 (NBE [~3.4eV]) 及びアクセプタ起因と思われる発光 (DAP [3.1~3.3eV]) が観測され、全体の発光強度が増大した。このことから活性化アニールにより結晶性が回復し、Mg が一部活性化したことが示唆される。当日は縦型 MOSFET の電気特性結果も合わせて報告する。

【参考文献】

[1] R. Tanaka *et al.*, APEX **12**, 054001 (2019)

[2] H. Sakurai *et al.*, APL **115**, 142104 (2019)

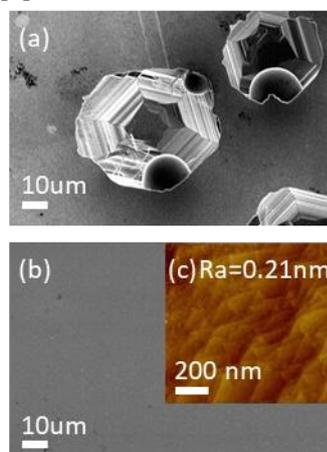


Fig.1. Surface morphology of GaN after 1400°C anneal (a) 0.1MPa [SEM] (b) 190MPa [SEM] (c) 190MPa [AFM]

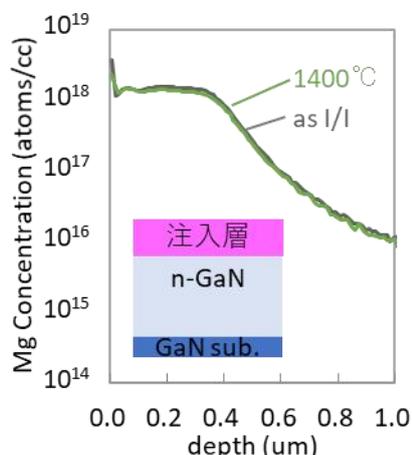


Fig.2. Mg SIMS profile

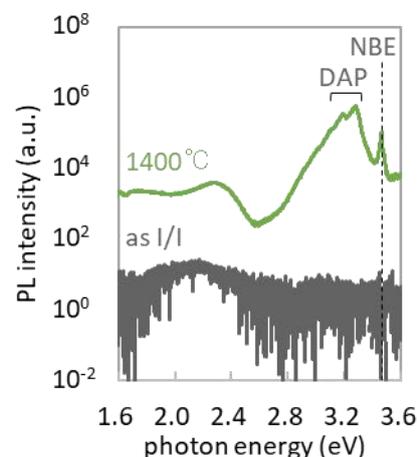


Fig.3. Low-temperature (5K) PL spectra