

選択再成長を用いたノーマリーオフ GaN 系トランジスタの閾値のばらつきの検討

Threshold Voltage fluctuation in Normally-off GaN based transistor by selective area growth technique

名工大院, °井上 恵太, 成田 知隆, 分島 彰男, 江川 孝志

Nagoya Inst. of Tech. °Keita Inoue, Tomotaka Narita, Akio Wakejima, and Takashi Egawa

E-mail: 26416512@stn.nitech.ac.jp

GaN 系横型トランジスタのノーマリーオフ化には、一般的にゲート領域のリセスが用いられる。この手法では、ゲートが接触する層にリセス深さのばらつきやエッチングダメージがあるため、しきい値のばらつきを制御することが困難である。この問題を解決する方法の一つに、選択再成長がある。ゲートに接触する層まで最初に結晶成長を行い (1st エピ)、それ以外は選択再成長を行うことで、ノーマリーオフ化と低 ON 抵抗を両立することができる。この手法では、ゲートに接触する部分が 1st エピであるため、しきい値のばらつきは主に 1st エピで制御できると考えている。今回、この手法を用いたトランジスタのしきい値のばらつきを調査し、1st エピとの関係を検証した。

実験は、図 1 のノーマリーオフが期待されるトランジスタを作製した。1st エピとして、Si 基板上の $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 5nm / AlN 1nm / GaN ヘテロ構造を用いた。ゲート領域の $2\mu\text{m}$ を SiO_2 マスクで保護した状態で、MOCVD 装置にて $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 4nm 再成長を行った。

作製したトランジスタの伝達特性の一例を図 2 に示す。チップ内でのしきい値は 0V を中心として $\pm 0.2\text{V}$ のばらつきがあった。検討のため、1st エピに簡易モデルとして完全空乏近似式

$$V_{TH} = \Phi_b - \Delta E_C - qdP_{\text{total}}/\epsilon$$

を仮定し [1]、Al 組成または $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 膜厚のばらつきによるものと考えた (図 3(a), (b))。ここで、ゲート電極とゲート直下の AlGa_N 層との電位障壁高さを Φ_b 、ゲート直下の AlGa_N 層と GaN 層の界面における伝導帯の不連続量を ΔE_C 、分極電荷の総量を P_{total} 、ゲート直下の AlGa_N 層の膜厚を d 、誘電率を ϵ とした。 $\Phi_b = 1.35\text{V}$ とした。 ΔE_C , P_{total} , ϵ は、Al 組成で変化する。図 3(b) では Al 組成 20% に固定した。

今回のしきい値のばらつきは、Al 組成に換算すると 5%、 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 膜厚に換算すると 1.5nm に相当する。Al 組成のばらつきは 4inch フルウェハー全面に対して 1% 未満であることから、Al 組成がしきい値に与えている影響はほとんどないと考えられる。そのため、しきい値のばらつきの要因は、1st エピの $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 膜厚のばらつきによるものと予想している。

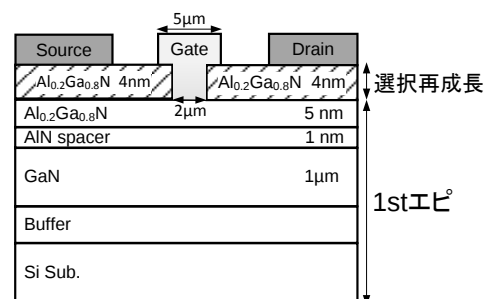


図 1. 実験に用いたトランジスタ構造

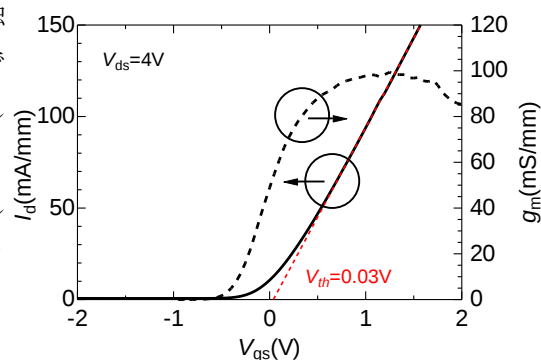


図 2. 伝達特性

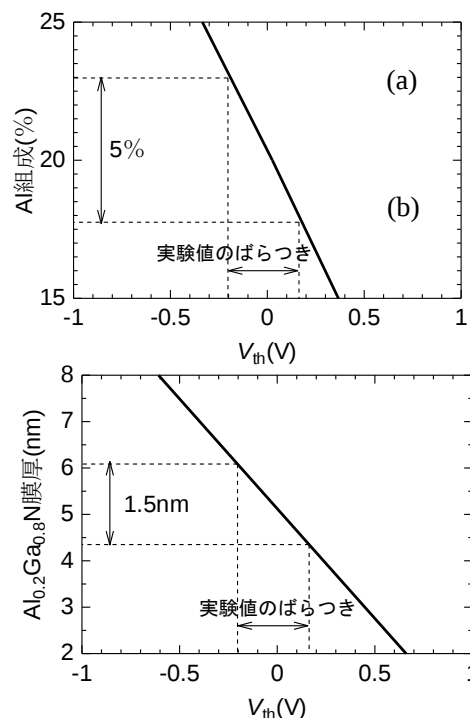


図 3. 完全空乏近似を用いたしきい値と

Al 組成 (a), $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 厚さ (b)

[1] Kuzmik, J., IEEE Electron Device Lett. 22, 510 (2001).