

Si イオン注入を用いた β -Ga₂O₃ へのオーミックコンタクト形成 Ohmic Contact Formation on β -Ga₂O₃ Using Si Ion Implantation

タムラ製作所¹, 情通機構², 光波³

°佐々木 公平^{1,2}, 東脇 正高², 倉又 朗人¹, 増井 建和³, 山腰 茂伸¹

Tamura Corp.¹, NICT², Koha Co., Ltd.³

°Kohei Sasaki^{1,2}, Masataka Higashiwaki², Akito Kurumata¹, Takekazu Masui³, Shigenobu Yamakoshi¹

E-mail: kohei.sasaki@tamura-ss.co.jp

β -Ga₂O₃ は、材料物性および量産性の点から、次世代の高耐圧パワーデバイス材料としての応用が期待される。これまでに、我々は単結晶 Ga₂O₃ トランジスタの動作実証に成功している[1]。今後、更なるデバイス特性向上のためには、ソース、ドレイン電極のコンタクト抵抗低減が一つの課題であった。前回我々は、Sn イオン注入を用いたオーミックコンタクト形成について報告した[2]。Sn イオン注入によりオーミック電極は形成できたものの、注入した Sn の活性化率が数%程度と低いこともあり、コンタクト比抵抗は $10^4 \Omega\text{cm}^2$ 台と依然高かった。今回、Si イオン注入により n^+ -Ga₂O₃ 層を作製し、その上部に低抵抗オーミックコンタクトを形成することに成功した。

Ga₂O₃ 基板は、残留キャリア濃度が $n=3\sim 4 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ のアンドープ基板と、Fe ドープ半絶縁基板上に厚さ 150 nm のアンドープ Ga₂O₃ 膜を MBE 成長したエピ基板の 2 種類を用意した。なお、MBE アンドープ Ga₂O₃ 膜は高抵抗である。基板面方位は共に(010)である。両基板の表面全面に Si の多段イオン注入を行い、深さ 150 nm のボックスプロファイルを形成した。注入領域の平均 Si 濃度は $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ とした。注入後の活性化アニール温度は 700~1100°C、アニール時間は 30 min、アニール雰囲気は N₂ ガスとした。実効キャリア濃度 ($N_d - N_a$) は、電解液 C-V 法を用いて評価した。また、注入した Si の活性化アニール後、基板表面に Ti/Au 電極を蒸着、リフトオフして円形 TLM パターンを作製した。最後に、N₂ ガス雰囲気中で 450°C、1 min の電極アニール処理を行った。

図 1 に、アンドープ基板へ Si を注入した試料における、活性化アニール温度と $N_d - N_a$ の関係を示す。注入濃度が $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下の試料は、アニール温度 700~800°C で $N_d - N_a$ が急激に増加し、900~1000°C で飽和した。アニール温度 1000°C では、60~80% という高い活性化率が得られている。一方、注入濃度 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ の試料は、他の試料とは異なる温度依存性を示し、活性化率は数%程度と低かった。図 2 に、MBE アンドープ Ga₂O₃ 膜へ Si を注入した試料における、注入濃度とコンタクト抵抗の関係を示す。活性化アニール温度は 950°C とした。全ての試料において、良好なオーミックコンタクトの作製に成功している。Si 注入濃度 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ の試料においては、コンタクト比抵抗 $4.6 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}^2$ と良好な特性が得られた。この値は、GaN や AlGaIn/GaN ヘテロ構造上に形成された一般的な Ti/Al 系合金電極のコンタクト抵抗とほぼ同程度である。

本研究の一部は、NEDO 委託研究「省エネルギー革新技術開発事業/挑戦研究」として実施した。

[1] M. Higashiwaki et al., Appl. Phys. Lett. **100**, 013504 (2012). [2] 佐々木他、第 60 回応物春季学術講演会 28p-G11-14 (2013)。

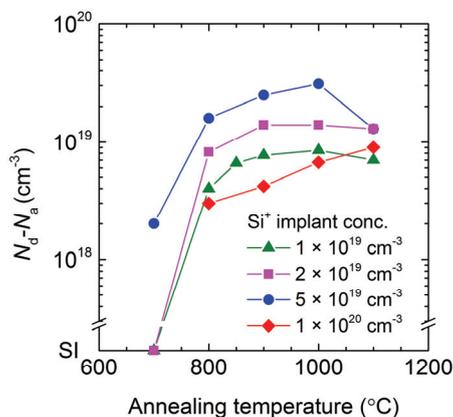


Fig. 1: Activation annealing temperature dependences of $N_d - N_a$.

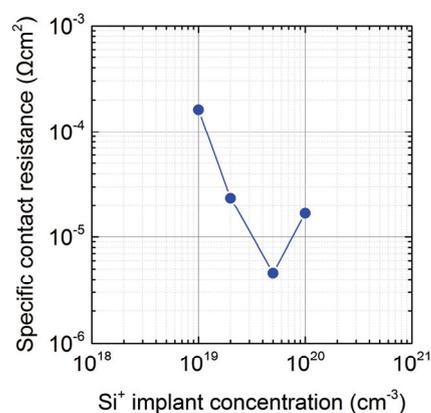


Fig. 2: Specific contact resistance as a function of implanted Si⁺ concentration.