

イオン注入法による窒化物半導体の電気的特性の制御と集積回路への応用の検討

Control of electrical properties using ion implantation and application to

GaN-based integrated circuit

エレクトロニクス先端融合研究所¹, 豊技大工²○岡田 浩^{1,2}, 関口 寛人², 上月 誠也², 山根 啓輔², 若原 昭浩^{2,1}Electronics-Inspired Interdisciplinary Res. Inst. (EIIRIS)¹, and Faculty of Eng.,² Toyohashi Tech.○H. Okada^{1,2}, H. Sekiguchi², S. Kamizuki², K. Yamane², A. Wakahara^{2,1}

E-mail: okada@ee.tut.ac.jp, sekiguchi@ee.tut.ac.jp

窒化物半導体は広いバンドギャップ、高い化学的、機械的安定性などの物性や、良好な電子輸送特性を有し、パワーエレクトロニクス分野で期待されている。これらの特性は高温など過酷な環境で動作する電子デバイスやエレクトロニクス実現にも有益である。複数のトランジスタや素子をワンチップに組み合わせた窒化物半導体集積回路は次世代のエレクトロニクスに大きな意義があり、その実現に向けた技術的課題の検討が必要である。例えば、シリコン集積回路においてイオン注入法はチップ内のトランジスタの閾値制御等に重要な技術であるが、窒化物半導体集積回路への適用は確立されていない。本研究では、p-GaNに対してSiのイオン注入による電気的特性の制御を試みるとともに、窒化物半導体の集積回路への応用を検討した。

p-GaNに対してSiをエネルギー100 kV、ドーズ量 $4 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ でイオン注入を行い、アニールを行った後の表面の顕微鏡写真をFig.1に示す。GaN表面に保護層は設けていない。Fig.1(a)で明らかなように、N₂中の1075°Cのアニールでは窒素脱離によると考えられる表面荒れが観察された。これに対し、NH₃とN₂を2:1で混合した雰囲気アニールした表面では、温度が1150°Cであったにもかかわらず鏡面が維持できていることが分かり、チャネルへのイオン注入による閾値調整で重要な結晶のクオリティの保持に有益な結果が得られた。また、Table 1に示すように、Si注入によりn形の導電性が得られ、その特性に注入量依存性も確認された。

Fig.2には試作しているGaN系集積回路の顕微鏡写真を示す。Si集積回路のテストパターンとして用いられているMOSトランジスタやインバータ、リング発振器などが組み込まれている。p-GaN基板上にイオン注入、poly-Si配線などのプロセスを適用して作製しており、ウェハレベルでのGaN系集積回路作製プロセスを検討している。

[1]上月他、第63回応用物理学会春季学術講演会22a-P6-13 (2016)

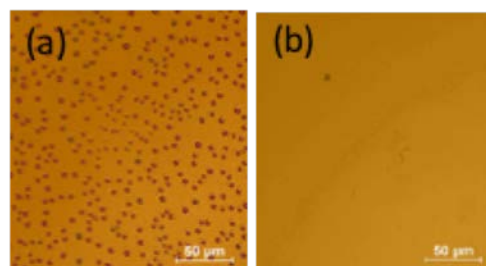


Fig.1 Surface morphology of GaN surfaces after annealing process (a) in N₂ at 1075 °C, and (b) in NH₃+N₂ at 1150°C.

Table 1. Result of Hall effect measurement of Si implanted p-GaN.

Si dose (cm ⁻²)	1.5x10 ¹⁵	4.5x10 ¹⁵
Sheet carrier density (cm ⁻²)	5.8x10 ¹³	3.4x10 ¹⁴
Activation ratio (%)	3.8	7.5

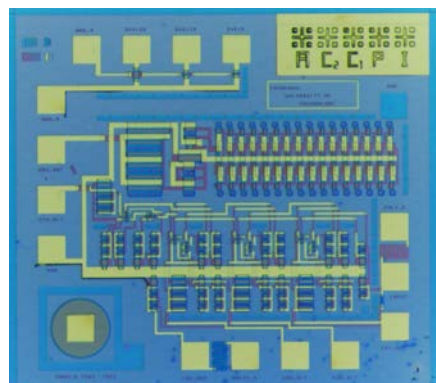


Fig.2 Microscope image of fabricated GaN-based integrated circuit.