超低濃度 Si イオン注入 GaN における実効ドナー密度深さ方向分布のアニール温度依存性

Annealing temperature dependence of depth distribution of net donor density in ultra-low concentration Si-ion implanted GaN

名大院工 [1]，名大未来研 [2]　○井口 紘子 [1]，堀田 昌宏 [1,2]，須田 淳 [1,2]

Nagoya Univ. [1], IMaSS, Nagoya Univ. [2]

○Hiroko Iguchi[1], Masahiro Horita[1,2], Jun Suda[1,2]

E-mail: iguchi.hiroko.2p@s.mail.nagoya-u.ac.jp

次世代パワーデバイスとして期待されている窒化ガリウム(GaN)縦型 MOSFET の作製にはイオン注入による選択的な n 型、p 型領域の形成技術が必要不可欠である。近年、Mg イオン注入後の 1300℃以上での超高圧アニールにより、p 型領域を形成できることが報告され[1]、さまざまな手法で点欠陥の挙動について研究が進められている。一方 n 型領域については、高濃度にドープされた n^{++}領域については Si イオン注入後の 1100~1200 ℃のアニールによって形成可能であることが以前から報告されている[2]。p 型と比較して低いアニール温度で低抵抗の n 型領域が形成できてしまうため、Si イオン注入とその後のアニールにより形成される欠陥についての詳細は明らかになっていない。そこで本研究では、Si イオン注入欠陥の挙動を明らかにするため、n 型エピタキシャル成長層に対してその実効ドナー密度(N_D)の 1/10 以下の超低濃度で Si をイオン注入、アニールを行った試料について N_D の深さ方向分布を詳しく調べたので報告する。

n 型 GaN 自立基板上に MOVPE 法により成膜した n 型 GaN (N_D=3~6×10^{15} cm^{-3})に、加速エネルギー700 keV、ドーズ量 1×10^{10} cm^{-2} で Si をイオン注入した。**図 1** に注入した Si 濃度の深さ方向分布を示す。Si イオン注入後、温度を 300~1100 ℃とし、常圧窒素雰囲気中で 3 分間のアニールを行った。700 ℃以上のアニール試料には、プラズマ CVD 成膜 SiO_2 をキャップ層として用いた。比較のため、Si イオン注入をせずに 1100 ℃のキャップアニールのみを行った試料も準備した。キャップ層除去後、ショットキー電極として表面に Ni/Au、オーミック電極として裏面に Ti/Al/Ni を蒸着し、容量-電圧(C-V)測定により、各試料の N_D の深さ方向分布を評価した。

図 1 に各試料の N_D の深さ方向分布を示す。矢印は 0 V での空乏層位置を示している。700℃以下のアニール試料は、電圧 0 V で Si イオン注入領域が空乏化しており、高濃度の補償アクセプタの存在が示唆された。一方 900, 1100℃のアニール試料は、Si イオン注入領域より十分深い位置（1000 nm 以上の領域）と比較して注入領域の N_D が明らかに高かった。その増加量はそれぞれ 1×10^{15} cm^{-3},　3×10^{15} cm^{-3} であり、注入した Si のピーク濃度 (3×10^{14} cm^{-3})より格段に大きい。イオン注入をせずに 1100 ℃のアニールを行った試料の N_D（黒破線）は深さによらず一定であったことから、Si イオン注入とその後のアニールにより誘起された欠陥の一部がドナーとして検出されたと考えている。

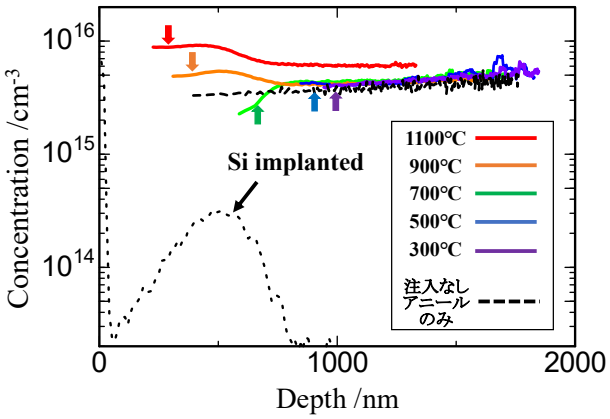

Figure 1 Depth profiles of implanted Si and effective donor in annealed samples.

[1] K. Hirukawa *et al.*, Appl. Phys. Express 14, 056501 (2021).

[2] S. Satoh *et al.*, Phys. Status Solidi C 4, 2621 (2007).

© 2022年 応用物理学会