

イオン注入技術を用いたプレーナ型 GaN-LED の作製

Fabrication of planar GaN-LED using the ion implantation techniques

豊技大工¹, EIIRIS² °上月誠也¹, 土山和晃¹, 山根啓輔¹, 関口寛人¹, 岡田浩^{2,1}, 若原昭浩^{1,2}

Toyohashi Univ. Tech.¹, Electronics-Inspired Interdisciplinary Research Institute (EIIRIS)²,

°S. Kamizuki¹, K. Tsuchiyama¹, K. Yamane¹, H. Sekiguchi¹, H. Okada^{2,1}, A. Wakahara^{1,2}

E-mail: kamizuki-s@int.ee.tut.ac.jp, wakahara@ee.tut.ac.jp

Si-LSI と化合物半導体発光デバイスを融合した光電子集積回路は低消費電力、高機能な新規デバイスとして期待される。これまでに、高密度・大規模微小 LED アレイと Si 集積回路をフリップチップ接合により一体化できることを示した[1]。しかしながら、フリップチップ接合の際に、p 型電極と n 型電極の段差が、異方性導電性樹脂内の金属フィラーによる絶縁不良や接合圧の違いによる接触不良など問題を招くこと明らかとなった。そこで本研究では、高浸透かつ低ダメージが期待できるチャネリング現象を利用したイオン注入技術を開発し、電極間の段差が無いプレーナ型 GaN-LED の作製を行った。

プレーナ構造実現には、Si をドナーとしてイオン注入する技術により p 型 GaN 層を n 型化させた n 型反転 GaN 層を形成する技術の確立が必要である。そこで、Transportation of Ion Material : TRIM を用いたイオン注入シミュレーションを行い、厚さ約 250 nm の p 型 GaN 層において表面近傍から約 250 nm の深さまで注入される Si の濃度が 10^{18} cm^{-3} 以上になるようにイオン注入条件を求めた。TRIM で計算上考慮出来ないチャネリングによる実際の不純物濃度プロファイルは、SIMS 測定の結果と比較することにより推定した。その結果、ランダム注入を仮定した計算結果に対し、不純物濃度に 1/2 倍、深さ方向に 2 倍の係数をとることにより経験的に推定可能であることを明らかとした。n 型反転 GaN 層の作製条件を調査するために注入エネルギーを 150 keV, 120 keV, 80 keV, 40 keV の順でかつドーズ量 $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ で p 型 GaN テンプレート(キャリア濃度 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)へのイオン注入を行った。この時、注入エネルギー 40 keV にはチャネリングを適用しなかった。イオン注入した p 型 GaN テンプレートのホール効果測定の結果から、 $\text{NH}_3 + \text{N}_2$ 雰囲気にて 1000°C 以上の条件で結晶性回復アニールを行うことにより n 型反転 GaN 層を形成可能であることが明らかとなった。

以上の結果をもとに、図 1 に示すプレーナ型 LED 構造を作製した。プレーナ型 LED プロセスでは、まず、素子分離のために ICP-RIE を行った後、低圧化学気相成長により SiO_2 を堆積し、イオン注入部の SiO_2 を除去した後にイオン注入を行った。続いて、結晶性回復アニールを行った後、n 型電極および p 型電極に Ti/Al/Ti/Au および Ni/Ag/Ni を用いて電極形成を行った。ここで、結晶性回復アニールにおいては、使用する LED 基板の InGaN MQW の熱耐性を考慮し、 $\text{NH}_3 + \text{N}_2$ 雰囲気で 1000°C 10 分間をアニール条件として行った。作製したプレーナ型 LED の I-V 特性の比較を図 3 に示す。また、作製したプレーナ型 LED において、図 3 に示すように InGaN 活性層からの青色発光が確認できた。以上の結果から、イオン注入による p 型 GaN 層への n 型反転 GaN 層形成技術を利用したプレーナ型 LED の作製に成功した。

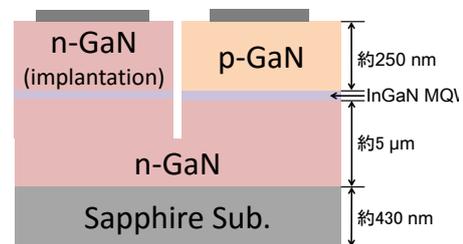


図 1 プレーナ型 LED 構造図

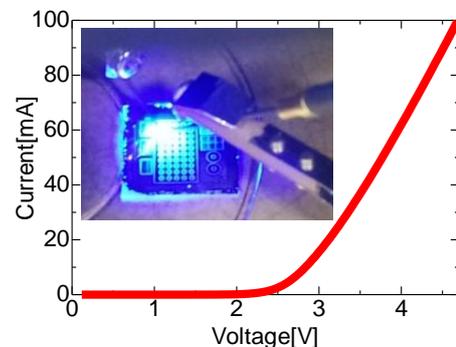


図 2 プレーナ型 LED の電流電圧特性

[1] S. B. Shin, K. Iijima, H. Okada, S. Iwayama, and A. Wakahara, IEICE trans. Electron. E95-C, 898(2012).