Mg/N イオン共注入と超高圧 N_2 活性化アニールを用いた GaN への p 型ドーピング

Mg/N co-implantation and ultra-high pressure N_2 thermal activation process for p-doping into GaN

名大 未来材料・システム研究所 [1]、名大院工 [2]、(株)アルバック 半電研 [3]、UNIPRESS[4]
○櫻井 秀樹 [1,2,3]、山田 真嗣 [1,2,3]、大森 雅登 [1]、古川 幸弘 [3]、鈴木 英夫 [3]、M. Boćkowski[1,4]
須田 淳 [1,2]、加地 徹 [1] Nagoya Univ. IMaSS[1], Nagoya Univ.[2], ULVAC ISET[3], UNIPRESS[4]
H. Sakurai[1,2,3], S. Yamada[1,2,3], M. Omori[1], Y. Furukawa[3], H. Suzuki[3]
M. Boćkowski[1,4], J. Suda[1,2] and T. Kachi[1] E-mail: sakurai@imass.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】選択的に任意の高キャリア濃度領域を形成可能とするイオン注入は GaN パワーデバイスにおいて重要な技術である。特に p 型ドープとなる Mg イオン注入は実現が難しいとされていたが、近年 GaN 自立基板を用いる事によって p 型化の実証例が報告され始めている。

しかし実用化に向けては、注入および活性化プロセス中に誘起される結晶欠陥の発生や、高い温度を必要とする活性化処理時に引き起こされる GaN 表面の熱分解など、大きな技術課題が存在する。今回、結晶欠陥種同定および欠陥補償効果を目的とした Mg/N イオン共注入と、超高圧下の平衡状態維持による熱分解抑制効果を目的とした活性化処理の結果を報告する。

【実験】サンプルは GaN on GaN 中に Mg 濃度 $1x10^{19}$ cm^{-3}、深さ約 300 nm の Box-profile を固定条件とし、N 濃度は 0(注入なし)～$1x10^{20}$ cm^{-3} まで変化させ、注入順は Mg→N としたものを用いた。活性化処理は比較対象として常圧下ランプアニール 1300℃を行った条件と、超高圧(1GPa)下で温度を 1300～1480℃まで変化させた条件のものを用意し、評価は低温 CL(T = 10K)を用いて行った。

【結果と考察】Fig. 1 に N 濃度を変化させた時の CL スペクトルを示す。活性化処理はランプアニールである。3.2 eV 付近に Donor-Acceptor-Pair (DAP)、2.3 eV 付近に Green Luminescence (GL)準位からの発光が観測される。Mg のみの注入では GL が支配的に発光しているのに対し、N 濃度を最適化することによって GL 発光強度が減少する。この結果は GL の起源は窒素空孔関連であることを強く示唆し、N イオンの共注入によって欠陥補償が起こっているものと考えられる。また Fig. 2 に示すように、Mg/N 共注入最適条件を用いて更なる高温処理を超高圧下で行なった。N 注入によって GL 強度減少の再現が見られかつ DAP が支配的に発光し、高圧アニール温度に応じて発光強度は増加する。この結果から N 共注入と高温高圧アニールの相乗効果によって p-GaN 形成領域内の非輻射成分が減少し、結晶回復効果および Mg アクセプタ化が向上しているものと考えられる。

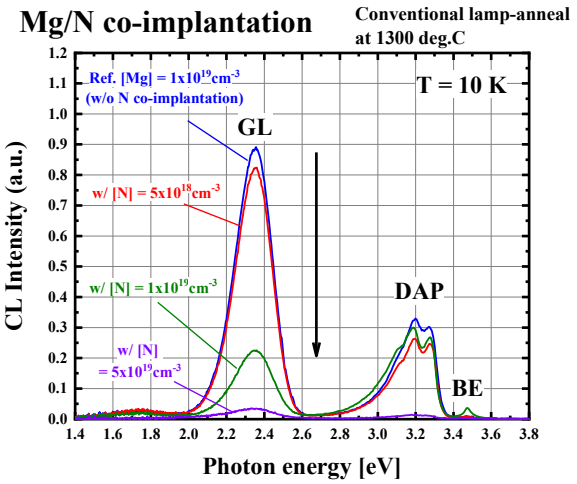

Fig.1 GaN への Mg/N 共イオン注入品の低温 CL スペクトル N ドーズ量依存性 (ランプアニール処理)

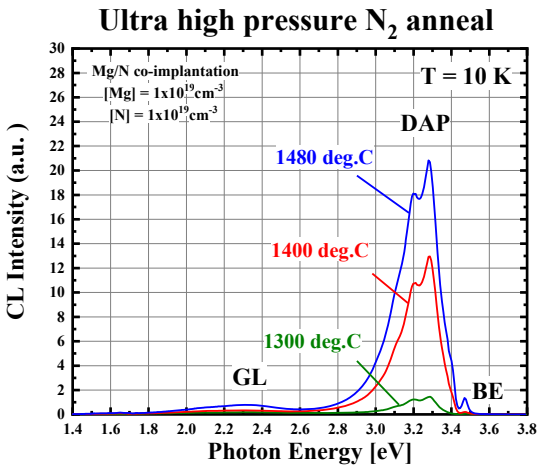

Fig.2 GaN への Mg/N 共イオン注入品の低温 CL スペクトル超高圧アニール温度依存性

【謝辞】分析評価の協力をいただきました豊田中研 片岡氏、成田氏に感謝いたします。本研究は文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」の委託を受けたものです。