

空孔ガイドMg再分配法によるp型イオン注入GaNの少数キャリア寿命の改善

(東北大多元研¹、富士電機²、筑波大³、産総研⁴)嶋紘平¹, 田中亮², 高島信也², 上野勝典², 江戸雅晴², 小島一信¹, 上殿明良³, 石橋章司⁴, 秩父重英¹

Editor's Pick

Improved minority carrier lifetime in p-type GaN segments prepared by vacancy-guided redistribution of Mg

K. Shima, R. Tanaka, S. Takashima, K. Ueno, M. Edo, K. Kojima, A. Uedono, S. Ishibashi, and S. F. Chichibu

カーボンニュートラルに貢献するGaN高周波パワートランジスタの実用化には、Mgイオン注入(I/I)により場所を選択してp型GaNセグメントを形成することが必須となる。I/Iによるダメージを低減する手法として、浅いMgのI/IとNの追I/I後に常圧アニールを施す「空孔ガイドMg再分配法」が有効と考えられる。この手法では、表面近傍のMgが1300 °Cのアニール中にN-I/I誘起欠陥にガイドされて再分配され、右図のようなMgの箱型濃度プロファイル(220 nm深さ)が形成される。この試料の静的フォトルミネセンスおよび断面に対する空間分解カソードルミネセンス測定の結果、Mg再分配領域において Mg_{Ga} アクセプタ活性化のサインといえる青色および紫外線発光帯が観測された。また、Mg再分配領域における少数キャリア寿命を時間分解PLで測定したところ、Ga極性面p型I/I-GaN:Mgとしては最長の値(1.4 ps)を呈した。陽電子消滅測定により推定された主要な空孔型欠陥(Ga空孔とN空孔の複合欠陥; $(V_{Ga}V_N)_{2-3}$)が主要な非輻射再結合中心として働く可能性が高く、電子の捕獲係数が通常のp型I/I-GaN:Mgと同程度と改定すると $(V_{Ga}V_N)_{2-3}$ 濃度は 10^{17} cm^{-3} 程度と推定された。

To accelerate the development of GaN power devices, reproducible fabrication of p-type GaN (p-GaN) segments by ion-implantation (I/I) that enables selective-area doping is preferred. The p-GaN samples were fabricated by sequential I/I of Mg and N followed by atmospheric-pressure post-implantation annealing (PIA). During PIA, Mg redistribution was guided by the N-I/I-induced vacancies. The species of major vacancy-type defects in the box-shaped [Mg] area was determined using positron annihilation spectroscopy, as vacancy clusters comprised of a few Ga-vacancies (V_{Ga}) and N-vacancies (V_N) such as $(V_{Ga}V_N)_{2-3}$. Cross-sectional cathodoluminescence linescan images revealed certain activation of Mg from the surface to the leading edge of the box-shaped [Mg] profile, while nonradiative recombination centers (NRCs) remained at the depths right below the box-shaped profile. A record-long room-temperature photoluminescence lifetime for the near-band-edge emission of Ga-polar Mg-implanted p-GaN (1.4 ps) was obtained. The NRC concentration is roughly estimated at around 10^{17} cm^{-3} provided that $(V_{Ga}V_N)_{2-3}$ are major NRCs with the electron-capture-coefficient of $7 \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$.

本研究の一部は文科省による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(JPJ005357)および革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業(JPJ009777)の援助を受けた。

