## 陽子線照射による III-V-N 混晶中の点欠陥低減効果の検証

## Investigation on Annihilation of Point Defects in III-V-N Alloys by Proton Irradiation

1.豊橋技科大,2.宇宙機構

○源常栄人<sup>1</sup>,山根啓輔<sup>1</sup>,二村綾<sup>1</sup>,今泉充<sup>2</sup>,若原昭浩<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Toyohashi Univ. Tech., <sup>2</sup>JAXA

## oS. Genjo<sup>1</sup>, K. Yamane<sup>1</sup>, R. Futamura<sup>1</sup>, M.Imaizumi<sup>2</sup>, A. Wakahara<sup>1</sup>

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

GaAsPN は混晶組成の調整により Si に格子整合させながら, 広い範囲でバンドギャップの制御が可能であることからモ ノシリック III-V/Si 多接合太陽電池の材料として期待できる. しかしながら, III-V-N 混晶では, 一般的に N 組成の増加に伴 い, N クラスタや N-N 対等の N 起因の点欠陥がバンド端のゆらぎやキャリアのトラップの原因となる. これらの解決策とし て, これまで熱処理による結晶性の回復が広く行われているが, 結晶性を完全に回復させるには至っていない[1]. そこで本 研究では新たな試みとして, III-V-N 混晶に陽子線を照射することで N-N 対等の欠陥の状態を変え, その後熱処理を行うこと により点欠陥濃度のさらなる低減の可能性を探った.

試料には分子線エピタキシー法で成長した GaPN<sub>0.02</sub> 薄膜を用いた. 陽子線の加速電圧は 380 keV とし, 陽子線照射量を 10<sup>10</sup>~0.8×10<sup>14</sup> cm<sup>-2</sup>の範囲で変化させて照射した. 熱処理は温度 920℃,処理時間 30 sec で行い, フォトルミネッセンス法 (PL)により評価した. また, 比較対象として GaAs を用いて同様に試験を行った.

Fig. 1 に顕著な差が見られた陽子線照射量10<sup>12</sup> cm<sup>-2</sup>の試料と As-grown の試料の 240 K での PL スペクトルを示す. なお, 室温では As-grown のサンプルの PL スペクトルが測定できなかったため, 240 K での結果を示した. 陽子線照射をせずに熱 処理のみ施した試料は 1.9 eV 付近にみられるバンド端近傍発光の積分強度が As-grown の試料に比べて約 1.5 倍となった. こ れに対して, 陽子線を照射後に熱処理を施した試料は, 熱処理のみ施した試料に比べて約 3.0 倍に増加した.

Fig. 2 (a) に陽子線を照射した GaPN のバンド端の発光積分強度  $I_0$  と照射していない GaPN のバンド端発光積分強度  $I_0$  と の比 $I_0/I_0$ を陽子線照射量に対して示す. 熱処理前では $10^{12}$  cm<sup>-2</sup>を境に強度比 $I_0/I_0$ が大きく減少し, 陽子線照射による損傷 の効果が表れている. 一方, 熱処理後では $10^{11} \sim 3 \times 10^{13}$  cm<sup>-2</sup>の範囲で強度比が 1 を超え, 陽子線照射が熱処理による結晶 性の回復効果を促進していることを示している. GaAs に対する同様なプロット(Fig. 2(b))では, 強度比 $I_0/I_0$ は 照射前の強 度を超える現象は見られなかった. 一般的に, III-V 族化合物半導体に陽子線を照射すると結晶中に空孔が生じることが知ら れている. 陽子線を照射した GaPN において観察された結晶性改善の理由として, 現段階では, 結晶中の空孔と N-N 対等の 点欠陥が相互作用し, 点欠陥の消滅が促進された可能性が挙げられる. 結論として, 陽子線照射と熱処理を併用することに より, 効果的に III-V-N 混晶の結晶性が回復することを見出すことができた.

謝辞:陽子線照射実験は原子力研究開発機構のもと行われた.



[1] S. Gies, M. Zimprich : J. Crystal growth, 402, 169-174 (2014).

Fig. 1 PL spectra of GaPN with a fluence of  $10^{12}$  cm<sup>-2</sup>. Fig. 2 PL spectra of proton irradiated samples for (a) GaPN (b) GaAs.