## Si 基板上格子整合系 GaAsPN 混晶の導電性制御

Doping control of GaAsPN alloy for lattice matched to Si

<sup>°</sup>佐藤 健人<sup>1</sup>、山根 啓輔<sup>1</sup>、西尾 卓也<sup>1</sup>、麦倉 俊<sup>1</sup>、関口 寛人<sup>1</sup>、岡田 浩<sup>2,1</sup>、若原 昭浩<sup>1</sup> (1.豊橋技科大院・工、2.豊橋技科大 EIIRIS)

<sup>o</sup>Kento Sato<sup>1</sup>, Keisuke Yamane<sup>1</sup>, Takuya Nishio<sup>1</sup>, Shun Mugikura<sup>1</sup>, Hiroto Sekiguchi<sup>1</sup>, Hiroshi Okada<sup>2,1</sup>, Akihiro Wakahara<sup>1</sup> (1.Toyohashi Tech., 2.Toyohashi Tech. EIIRIS.)

## E-mail: sato-ke@int.ee.tut.ac.jp, wakahara@ee.tut.ac.jp

III-V-N 混晶である GaAsPN 混晶は、As および N 組成がそれぞれ 19%および 6%において、1.6~1.7 eV のバンドギャップエネルギーをもち、Si と格子整合する。そのため、Si と組み合わせた多接合太陽電池の材料として有望である[1]。しかしながら、一般的に、不純物添加した III-V-N 混晶では、N組成の増加に伴う著しいキャリア濃度の低下が生じる。このため、デバイス化に不可欠の導電性制御に関しては、低窒素組成域(<2%)での報告例が中心である。本稿では、成長後の熱処理によりこのキャリア濃度の低下を抑制することで、高窒素組成(5%>)GaAsPN 混晶において n 形、p 形共に導電性制御が可能であることを報告する。

結晶成長には分子線エピタキシー装置を用いた。N 源には RF プラズマセルを用い、As および P 原料については、バルブドクラッカーセルによりそれぞれ As<sub>2</sub>および P<sub>2</sub> 分子線を供給した。ドーパントには S と Mg 原料を用い、GaS-Mg デュアルセルから供給した。基板には、半絶縁性 GaP(001)基板を用いた。GaP 緩衝層を 100 nm 成長し、その後、S または Mg 添加 GaAsPN 層を 300 nm 成長した。ここで、GaAsPN 層の成長では、成長温度 550°C, V/III 比 4.4, RF power 490 W, N<sub>2</sub>流量 0.3 sccm とし、S または Mg セルの温度を変更して試料を作製した。As および N 組成の設計値はそれぞれ 20%および 5.5% とした。作製した試料には、920°C, 1 分間の熱処理を窒素雰囲気中にて施した。試料の評価には、ホール効果測定およびフォトルミネッセンス(PL)法を用いた。

図1に熱処理前後における GaAsPN:S,Mg 層のキャリア濃度のドーパントセル温度依存性を示す。 熱処理後では、n形、p形ともに、キャリア濃度が10<sup>18</sup> cm<sup>-3</sup>程度上昇した。また、熱処理後では、ドー パントセル温度の増加に対し、キャリア濃度はそれぞれの原料の蒸気圧曲線に沿って増加している。 結果として、おおよそ 10<sup>17</sup>~10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>の範囲でキャリア濃度の制御が可能であることが示された。図 2 に熱処理前後の Hall 移動度のキャリア濃度依存性を示す。熱処理後の GaAsPN: S では、Hall 移動度が 10~20 cm<sup>2</sup>/Vs程度上昇し、GaAsPN: Mg では大きな変化は見られなかった。また、熱処理前後で、GaAsPN: S および GaAsPN: Mg 共に PLバンド端発光のピークエネルギーが 1.6 eV から 1.7 eV にブルーシフトし、 半値全幅は 0.18 eV から 0.10 eV に減少した。これは、熱処理により N クラスタが解消されたことを意 味している。N 原子は P, As に比べ、高い電子親和力をもつため、N クラスタはクーロン散乱中心とし てはたらく事が示唆されている[2]。また N クラスタは局所的な伝導帯エネルギーの低下をもたらす。 これらの要因が熱処理によって抑制されたため、GaAsPN: S の移動度が増加したと考えられる。



[1] T. Nguyen Thanh, et al., J. Cryst. Growth. **378** (2013) 25-28

[2]Y. Furukawa, et al., Applied Physics Letters, 88 (2006) 2004-2007.