

平成21年 4月14日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2006～2010

課題番号：18069006

研究課題名（和文） 高Al組成AlGa_xNのエピタキシャル成長と欠陥制御技術研究課題名（英文） Epitaxial growth and defect controlling technique of AlGa_xN with high AlN molar fraction研究代表者 平松 和政 (HIRAMATSU KAZUMASA)
三重大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：50165205

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎 ・ 応用物性・結晶工学

キーワード：窒化物半導体、エピタキシャル成長、貫通転位密度、クラック、反り、無極性

1. 研究計画の概要

窒化物半導体のうち、AlN と GaN との混晶 Al_xGa_{1-x}N（以下、本申請では AlGa_xN と略す）は、波長 300nm 以下の深紫外域の発光・受光素子への応用において非常に重要な材料である。本研究では、バイオ光化学分野で新たに応用が期待されている波長 250 から 300nm をターゲットとした発光・受光素子の開発を目指して、AlN モル分率 x が 0.5 以上で、転位密度が 10^7cm^{-2} 以下の AlGa_xN 成長技術の開発を目的とする。また、点欠陥密度の低減により、真性キャリア密度の低い AlGa_xN 成長技術の開発を目指す。

この目的のために本研究では、サファイア上の AlN エピタキシャル結晶上への AlN 及び高 Al 組成 AlGa_xN の低欠陥密度結晶を作製する技術を確認し、さらに深紫外線発光・受光素子の試作により、AlGa_xN 系発光素子の転位密度と発光効率の関係を調べる。

2. 研究の進捗状況

①高Al組成の高品質AlGa_xN エピタキシャル成長

本研究では AlN 下地基板からの貫通転位と結晶成長中にクラックが生じる問題を解決するため、AlN 基板上に低転位密度 GaN を選択成長法により作製し、それを下地として AlGa_xN の成長を行った。

反射光モニタリングにより、選択成長による GaN の成長条件を詳細に検討したところ、側面に理想的な(11-20)面を持った GaN が作製できた。これを下地に用いて AlGa_xN の成長を行うと、クラックフリーで平坦な AlGa_xN 膜が作製できた。

さらに高品質な AlGa_xN 結晶を得るために

は、結晶成長中に発生する基板の反りの抑制も必要である。本研究では、基板の反りのその場観察を行いながら、サファイア基板上への AlGa_xN の成長を行ったところ、サファイア基板上に AlN を成長させた基板を用いると、AlGa_xN 成長前に存在した基板の反りが減少することがわかった

②無極性AlGa_xNのエピタキシャル成長

本研究では r 面サファイア上に MOVPE 法により高品質な a 面 GaN 及び AlGa_xN を得ることを目的として、結晶成長条件の検討を行った。

a 面 GaN の成長において、500Torr での成長を行うと、成長初期は島状の成長が見られるが、平坦な膜になった。一方、a 面 AlGa_xN は、50 Torr、1100°C で結晶成長を行ったとき、比較的良好な結晶を得ることができた。

③クラックフリーAlNバルク単結晶成長

本研究ではサファイアと AlN の熱膨張係数差により発生するクラックを抑制し、クラックフリーの AlN バルク単結晶を得るために、サファイア上に成長した AlN に周期的な溝を加工し、HVPE 法により AlN の厚膜成長を行った。結晶成長中に発生するポイドによって結晶中の応力が緩和され、表面の平坦性に優れ、クラックフリーで、転位密度が従来より 1桁少ない高品質な AlN バルク単結晶を得ることができた。

3. 現在までの達成度

これまでのところ、研究はおおむね順調に進んでいると考えている。

AlN モル分率が 0.5 で転位密度が 10^8cm^{-2}

台の AlGa_xN エピタキシャル層を得ることができており、当初の目標としている転位密度が 10⁷cm⁻³以下の AlGa_xN 成長までもう少しのところまで来ている。無極性 AlGa_xN やクラックフリー AlN に関する知見も踏まえ、AlN モル分率 x が 0.5 以上で、転位密度が 10⁷cm⁻³以下の AlGa_xN 成長技術の確立していきたいと考えている。

4. 今後の研究の推進方策

これまでに得られた成果を基に、AlN モル分率 x が 0.5 以上で、転位密度が 10⁷cm⁻³以下の AlGa_xN 成長技術の確立すると共に、深紫外線発光素子の試作により、AlGa_xN 系発光素子の転位密度と発光効率の関係を明らかにしていきたいと考えている。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 16 件)

- (1) H. Miyake, N. Masuda, Y. Ogawahara, M. Narukawa, K. Hiramatsu et al., “Growth of crack-free AlGa_xN on selective-area growth GaN”, Journal of Crystal Growth, 310 (2008) pp.4885-4887. (査読有り)
- (2) R. Miyagawa, M. Narukawa, B. Ma, H. Miyake and K. Hiramatsu, “Reactor-pressure dependence of growth of a-plane GaN on r-plane sapphire”, Journal of Crystal Growth, 310 (2008) pp.4979-4982. (査読有り)
- (3) D. Li, M. Aoki, H. Miyake and K. Hiramatsu, “Improved surface morphology of flow-modulated MOVPE grown AlN on sapphire using thin medium-temperature AlN buffer layer”, Physica Status Solidi (c), 5 (2008) pp.1818-1821. (査読有り)
- (4) K. Hiramatsu, H. Miyake and D. Li, “Selective area growth of III-nitride and their application for emitting devices”, Journal of Light & Visual Environment, 32 (2008) pp.177-182. (査読有り)
- (5) K. Tsujisawa, S. Kishino, D. Li, H. Miyake, K. Hiramatsu et al., “Suppression of crack generation using high-compressive-strain AlN/Sapphire template for hydride vapor phase epitaxy of thick AlN film”, Japanese Journal of Applied Physics, 46 (2007), pp.L552-L555. (査読有り)

- (6) H. Miyake, K. Nakao and K. Hiramatsu, “Blue emission from InGa_xN/GaN hexagonal pyramid structures”, Superlattices and Microstructures, 41 (2007), pp.341-346. (査読有り)

[学会発表] (計 63 件)

- (1) H. Miyake, Y. Katagiri, K. Okuura and K. Hiramatsu, “HVPE growth of AlN on trench patterned sapphire (招待講演)” SPIE Photonic West, 2009年1月26日.
- (2) H. Miyake, Y. Katagiri, S. Kishino, K. Okuura, and K. Hiramatsu, “HVPE Growth of Crack-free Thick AlN Using Strain-Control Technique”, International Workshop on Nitride Semiconductors 2008, 2008年10月8日.
- (3) H. Miyake, N. Masuda, Y. Ogawahara, M. Narukawa, K. Hiramatsu et al., “Growth of crack-free AlGa_xN on selective area growth GaN”, 14th International Conference on Metalorganic vapor phase epitaxy, 2008年6月4日.
- (4) K. Hiramatsu, H. Miyake and D. Li, “Selective area growth of III-nitride and their application for emitting Devices (招待講演)”, 1st International Conference on White LEDs and Solid State Lighting, 2007年11月28日.
- (5) 平松和政, 劉玉懷, 三宅秀人, “HVPE法による GaN・AlN 成長の現状と課題(招待講演)”, 第68回応用物理学会学術講演会, 2007年9月6日.

[その他]

<http://www.opt.elec.mie-u.ac.jp> (研究室HP)

<http://www.mie-u.ac.jp/research/intro/ct0003-00.html> (三重大学極限ナノエレクトロニクスセンターHP)