

「超高速・超省電力高性能ナノデバイス・システムの創製」

平成 14 年度採択研究代表者

吉川 明彦

(千葉大学 教授)

「InN系窒化物ナノデバイス/ナノプロセスの分子線エピタキシによる新展開」

1. 研究実施の概要

InNをベースとした窒化物系材料の「超薄膜・超急峻界面制御」分子線エピタキシ法ナノプロセス技術を開発し、これによりInN系ナノ構造本来の物性を発現させ、近未来の大容量・超高速画像環境情報を支える光通信波長域レーザ、超高速光制御素子、そして超高速・超省電力電子素子開発の可能性を検討することを目的とする。

14年度は、InNのMBEによるエピタキシ初期過程に重点をおいて研究を行った。特にIII族(In)またはV族(N)の極性の違いによる結晶性や表面モフォロジーの違いなどの観測によりInNに適した成長条件の検討や成長機構の検討を行った。また、デバイスの可能性として、まず発光デバイス構造による電流注入発光を試みた。物性評価では、移動度、電子濃度、バンドギャップ、格子振動モードなどの計測を行った。

成長機構については、InNの表面での凝集エネルギー、マイグレーションに必要なエネルギー、Nとの化学結合エネルギーなどのバランスから、これまで検討されたGaNと異なりIII族(In)極性よりV族(N)極性の方が結晶成長可能な基板温度など成長条件の窓が大きいことがわかった。残留キャリア密度は 10^{18}cm^{-3} 台前半まで、膜厚は $5\mu\text{m}$ を越えるものが製作された。これらは世界のトップクラスである。電流注入発光では赤外での発光が確認された。これは、世界でも未だ報告例がない。物性評価では電子・格子相互作用など基礎物性データが蓄積されている。

結晶成長機構については今度も探求する。残留キャリア密度はさらなる減少を試み、キャリア密度制御、大面積におけるキャリア密度・膜厚などの均一な結晶製作技術の探索などが行われる。デバイスでは、フォトルミネッセンス測定やHall測定などの計測手法を用いて活性層構造の光学特性やFEMT構造での電子移動度などの検討により、光通信デバイスや電子デバイスへの可能性について検討する予定である。物性では、デバイス動作を支配する上で重要であり、未だ明確な値が求められていない電子有効質量、バンドギャップなどの値や電子・格子相互作用および電子エネルギー緩和速度・過程などが検討される予定である。

2. 研究実施体制

千葉大学グループ

- ① 研究分担グループ長：吉川 明彦（千葉大学，教授）
- ② 研究項目
 1. 研究プロジェクト全体の研究計画立案・遂行・評価・総括（吉川）
 2. InNをベースとした窒化物系材料に対するMBEを基本とした「理論と実験によるエピタキシー制御」，「超薄膜・超急峻界面制御ナノ構造プロセスの研究開発」および「ナノデバイス構造の設計・作製・評価」

埼玉大学グループ

- ① 研究分担グループ長：吉田 貞史（埼玉大学，教授）
- ② 研究項目：
 1. InN/InGaN系結晶成長のための基盤の探索
 2. InN/InGaN系結晶の基礎物性解明
 3. InN/InGaN系プロトタイプデバイスの評価

産総研グループ

- ① 研究分担グループ長：奥村 元（産業技術総合研究所，センター長）
- ② 研究項目：InGaN系ヘテロ構造のプロセス制御と機能発現

帝京科学大学グループ

- ① 研究分担グループ長：永沼 充（帝京科学大学，教授）
- ② 研究項目：InN系ISBT構造の超高速光応答評価および光デバイスの設計・試作

古河電工グループ

- ① 研究分担グループ長：吉田 清輝（古河電気工業（株），主査）
- ② 研究項目：InN系電子ナノデバイスおよび光ナノデバイスの設計，試作，評価