

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: 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

2. 研究代表者名: 吉川 明彦 (千葉大学 教授)

### 3. 研究概要

窒化物半導体の中で、もっとも小さいバンドギャップを持ち、かつ高い電子移動度を有する InN を対象としてエピタキシおよび物性制御を図るために、極性制御に着目した成膜プロセスのその場観察制御を行っている。これにより高品質 InN 単結晶の成長技術および InN を組み込んだナノデバイス構造の形成プロセスを MBE 法により確立し、InN を用いた窒化物系ナノ構造の極限機能発現と活用によって、光通信波長域で動作する超高速光デバイスや超高速・超省電力デバイスの実現可能性を検討する。

### 4. 中間評価結果

#### 4 - 1. 研究の進捗状況と今後の見込み

極性を制御した InN の高度な結晶成長技術が確立されつつある。それにより、InN のさまざまな物性がより良く評価できるようになって来た。また、InN/InGa<sub>N</sub>、InN/InAl<sub>N</sub> の量子井戸構造の成長および InN ナノドットやナノコラムの成長など、着実な進展が見られる。また、InN の1分子層を周期的に挿入した InN/GaN 超格子構造の試作も進んでいる。これらの構造を利用したデバイス化の検討が進み、方向性を明示することを期待する。

#### 4 - 2. 研究成果の現状と今後の見込み

In 極性と N 極性など結晶成長条件の違いが結晶の品質に予想以上の影響をおよぼすことを見出して、良好な InN 膜を MBE 成長する条件をかなりの程度明らかにした。また成長膜の電気的特性を調べ、バンドギャップ内準位の存在を指摘した。高度な成長技術は外部からも評価され、他の研究機関との共同研究や試料提供も行っている。成長技術に関しては高いレベルの研究が期待できる。InN、Ga<sub>N</sub>、Al<sub>N</sub> 系の窒化物混晶がカバーする禁制帯幅範囲は、既存の半導体を陵駕しているので、高品質な InN エピタキシャル膜の成長とそのデバイスへの応用が達成できればインパクトは非常に大きい。

#### 4 - 3. 今後の研究に向けて

InN をベースにしたヘテロ構造やナノ構造の成長に関して順調に研究が進捗しているため、後半はデバイスに向けて電気的・光学的測定を強化し、成長した構造をデバイス機能の実証につなげることを積極的に進めることが望まれる。デバイス応用上では残留キャリアの制御が非常に重要であるため、今後伝導型とキャリア密度の制御手法を確立して欲しい。今回チームを組んでいる

研究代表者のグループとその他のグループ、さらにはグループ外の研究者への結晶の提供と共同評価を通して、InN 結晶膜・コラム・ドットなどの高品質化をさらに進めるとともに、デバイス展開へと進めることが望ましい。このためには、チーム内で共通の目標と共同作業の設定により一層の連携を深めることが望まれる。

#### 4 - 4 . 戦略目標に向けての展望

極性の違いによる成長条件の違いに着目し高度な InN の結晶成長技術を確立しており、結晶成長と物性評価に関して目標を達成見込みである。今後、ナノドット、ナノコラムや1分子層といったナノプロセスを利用して、新しいデバイス機能の実証に向けた取り組みが課題となる。

#### 4 - 5 . 総合的評価

InN は N 系の新しい半導体材料であり、結晶成長が難しいものの将来が期待される新しい材料である。本プロジェクトはこの InN に関して、様々な基板上への成長、高品質化、InGaN や InAlN と組み合わせたヘテロ構造の作製を実現し、世界でトップレベルの結晶成長を実現している。今後は得られた知見をもとに、InN 系ヘテロ構造の潜在的な優位性を具現化できるデバイス構造の試作と機能の実証を期待したい。