

Si(100)基板上 GaN の結晶成長及び評価に関する研究

西村 鈴香

論文の内容の要旨

大容量情報化時代を迎え大量に情報処理できる集積デバイスの開発が各研究機関において活発に行われている。Si集積回路はムーアの法則から残り10年で微細化の限界を迎える。Si結晶の耐圧の限界が微細化限界の決定要因である。一方、国内において発光デバイス用結晶として注目を集めている GaN 結晶は Si 結晶の数十倍の耐圧を有し、ゲート長 10nm までの微小デバイスまで動作可能と考えられる。

本研究において上記 GaN 結晶と電子デバイスで最も優位に立つ Si 結晶とを組み合わせた光・電子融合型集積回路(OEIC)の可能性を追求する材料探索、結晶成長技術、要素デバイスの試作検討を実施した。光デバイス、電子デバイス何れの素子においても、SiCやサファイア基板上 GaN 結晶、あるいは GaN バルク基板結晶を用いたのでは、実用化にあたっての生産性、高利便性、対環境性、低価格化を打破することは不可能である。これらの結晶では今までに蓄積されてきた高度な技術を十分に活用する事が実用上不可欠である。数多くある化合物半導体の中で Si 結晶と親和性があり格子定数が c-GaN と一致する材料は BP であると判断した。BP は共有結合性が強く安定な物質である。Si 基板上に BP をバッファ層として結晶成長して、その上に高品質 GaN 結晶を作製するとデバイスの高性能化だけでなく、新たな動作原理、あるいは動作メカニズムを持ったデバイスの実現が期待できる。

第1章序論に結晶材料の選定を詳細に述べる。Si(100)基板上にハロゲンガスを原料として BP の成長を試みた。本研究では基礎的研究としてハロゲン気相成長、有機金属成長を使用し応用研究として量産型の大型装置を使用した。成長法を含めて第2章にエピタキシャル全体の記述を行った。さらに BP 結晶は間接遷移型の結晶であり c-GaN 及び w-GaN の物性値をまとめて第3章に示した。特に結晶の電気機械結合定数はデバイス動作時での歪みが電氣的に大きく影響する重要な定数である。さらには電子の有効質量などの重要な物性値の変化を示す。通常成長を実施すると Si 基板表面上にピラミッド型の島状結晶が分散して成長する。これらは Si 基板表面上における BP 分子の動きと相関があると考え低温成長層を挟む方法を取り入れ平坦な成長膜の成長に成功した。BP 成長に関しては第4章に詳細を述べる。この低温成長層が後に大型結晶基板上に成長した場合でも基板がそることなく IC 化への可能性を引き出している。第5章で有機金属成長法を応用した GaN の成長を述べる。850°C 以下の温度で GaN は c-GaN が主に成長することを見いだした。第6章に応用研究に用いた量産型装置及び初期基本データを述べる。第7章に試作した発光デバイスについて予備的検討結果及び将来性について示す。第8章にまとめを述べる。

本研究を通しGaN on BP/Siの実現の可能性が明らかになった。企業の装置(量産用)の借用、手作りの成長炉の管理など実験研究の限界があり、今後追跡すべき点は多々あるものの、本結晶材料系のOEIC実現への可能性を見いだした。

以上