

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 野村 政宏

GaN系半導体は、近年青色発光ダイオード、400 nm 帯半導体レーザーの実用化とともに大いに注目されている。特に、次世代光ディスクである、Blu-ray disc および、HD-DVD での光源として採用されたことのインパクトは大きい。本研究はこの GaN 系半導体の量子井戸構造を用いて、光源としてではなく、光-光制御による空間光変調器としてのデバイス実現を目指して、光誘起吸収変化の基礎的な検討と、そのメカニズムの解明を目的としている。

半導体量子井戸を用いた光デバイスでは、しばしば外部電場を印加することによる効果の増強が行われる。GaN/InGaN 系量子井戸では、大きな格子不整合のために量子井戸層に歪が生じ、圧電効果を介してピエゾ電場が誘起される。このため、外部電場を印加することなく、大きな光誘起吸収率/屈折率変化が引き起こされることが期待できる。本研究では、さまざまな厚さを持つ量子井戸層を作成し、光照射による吸収変化とキャリアダイナミクスについて実験的な検討を行った。特に消去の次定数の長い現象に着目し、1 mW から 1 W クラスの微弱な連続光で 20% 以上という大きな吸収率変化を誘起することができた。

本論文は以下の 7 章からなる。以下に各章の内容を要約する。

第1章では、GaN系発光素子、および周辺材料の研究の現状など、本研究の背景について紹介し、これらを踏まえた上で本研究の目的を示し、さらに本論文の構成について述べている。

第2章では、三族窒化物半導体研究の歴史、応用に関する展望、三族窒化物半導体の性質、GaNへのイオン打ち込みについて述べられている。

第3章では、InGaNヘテロ構造の結晶成長および素子作製に関して述べている。有機金属化学気相成長法(MOCVD)の原理、サファイア基板上へのInGaNエピタキシャル層の成長、素子構造、バリア層の設計、多重量子井戸構造InGaN/GaNサンプルの作製、試料のフォトルミネッセンス測定、およびHeイオンの打ち込みに関して説明がなされている。

第4章では、フェムト秒パルスによるInGaNヘテロ構造のポンプ=プローブ分光による、光誘起透過率変化の計測とキャリアダイナミクスについて述べている。量子井戸層の厚さの異なるサンプルを作製し、非縮退フェムト秒ポンプ=プローブにより、励起後の吸収スペクトルの時間変化を測定し、その違いを議論している。バンドフィリング効果による比較的速い緩和の吸収率の減少と、長い緩和の時定数を持つ吸収の増加が観測された。量子井戸層が厚いほど時定数の長い吸収変化の成分が大きいという結果が得られた。この吸収の増加は、外部電場による吸収率変化、Yellow Luminescence 光誘起吸収率変化の温度依存性等からの総合的な検討により、光励起されトラップされた電荷がピエゾ電荷を遮蔽することにより現れるものである、と結論付けられている。

第5章では連続光による光誘起吸収率変化に関して述べられている。第4章の結果から、長い時定数を持つ吸収率変化は連続光でも現れることが予測された。このことが実験的に確かめられ、特に厚いサンプルで効果が顕著であることが明らかになった。これにより光照射による光の透過率の制御の可能性が示された。この減少は時定数が光強度に反比例するため、光励起されたキャリアがトラップされる過程が、この現象の本質であることが示された。10 W/cm<sup>2</sup>の連続光の照射により、最大29%の吸収率変化が観測され、

第6章ではHeイオンの打ち込みによるサンプルの抵抗率の増大と、キャリア拡散の低減による空間分解能の向上に関する試みが述べられている。Heイオンの打ち込みにより、空間分解能と時間分解能の向上が実現された。

第7章では、本研究の結果がまとめられている。

以上のように、本研究は GaN 系量子井戸を用いた光変調素子を作製し、光照射による吸収率変化について考察した。フェムト秒光パルスの照射による吸収率変化の実験から、長い時定数を持つ吸収変化が現れることを示し、その発現のメカニズムを明らかにした。さらに連続光でもこの吸収変化が現れることを示し、実用デバイスへの実現の可能性を示した。さらにイオン打ち込みにより、空間分解能、および時間分解能の向上を図り、良好な結果を得た。

これらの研究は、弱い連続光で動作可能な 400nm 帯の半導体光変調デバイスの実現可能性を示し、またその吸収率変化の起こるメカニズムに関して詳細な検討を加え、今後のデバイス実現への基礎的かつ新たな知見を与えた点で重要な意義があり、理工学への寄与は大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。