

Title	高指数面基板上III-V族半導体短周期超格子量子ドット構造の作製とデバイス応用
Author(s)	森, 淳
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44929
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	もり 森	じゅん 淳
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	
学位記番号	第 18709 号	
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日	
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻	
学位論文名	高指数面基板上Ⅲ-V族半導体短周期超格子量子ドット構造の作製とデバイス応用	
論文審査委員	(主査) 教授 朝日 一	
	(副査)	
	教授 田中 和夫	教授 西川 雅弘
	教授 飯田 敏行	教授 三間 罔興
	教授 栗津 邦男	助教授 長谷川繁彦
	教授 堀池 寛	教授 西原 功修

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高指数面基板上にⅢ-V族半導体短周期超格子を成長することにより自己形成される量子ドット構造に関して、特異な発光特性ならび短周期超格子構造と発光特性の関係を調べ、短周期超格子構造を変えることにより発光波長を広い範囲で調整できることを明らかとし、さらに、発光デバイスを作製しデバイス応用可能性を示している。

第 1 章では、本研究の背景と目的について述べている。

第 2 章では、本研究で結晶成長に用いたガスソース分子線エピタキシ (MBE) 法の特徴と実験装置を説明し、成長された材料に対する評価方法について述べている。

第 3 章では、GaAs (311) A 基板上に GaP/InP 短周期超格子を InGaP 障壁層で挟んだ構造で高密度に自己形成される多重量子ドット構造からは、赤色領域の発光が得られることを見出している。発光の励起光強度依存性には、格子定数が違うものを積層したことによるピエゾ電界の効果が現れることを明らかとしている。また、超格子周期数を変えることにより、発光波長を長波長化させることに成功している。

第 4 章では、InP (411) A 基板上に GaAs/InAs 短周期超格子を成長して自己形成される多重量子ドット構造の発光特性の解明と波長変化の考察を行っている。はじめに、成長条件の最適化を行っている。作製した多重量子ドット構造の発光波長は、 $1.5\mu\text{m}$ 帯の領域に位置することを見出している。PL 半値幅の温度に対する増加の割合は、かなり小さく、理想の量子ドットに近い特性が得られている。また、励起準位に起因するピークも観測している。発光波長の制御を試み、(1)超格子周期数を増やすと発光波長を大きく長波長化できること、(2)InAs の分子層数を増やすと発光波長を細かく制御できることを見出している。

第 5 章では、第 4 章で述べた多重量子ドット構造を活性層とした発光ダイオードを作製し、その発光特性を明らかにし、 $1.3\text{-}1.5\mu\text{m}$ での発光の観測に成功している。また、発光強度の温度変化は、80 K から 300 K の間で 1 桁程度と良好な結果を得ている。

第 6 章では、本研究で得られた成果について要約し、本論文のまとめとしている。

論文審査の結果の要旨

半導体量子ドットは、 δ 関数的なエネルギー状態密度を持ち、広く研究されている。本論文で研究した高指数面基板上に III-V 族半導体短周期超格子を成長することにより自己形成される量子ドット構造は、量子ドットと超格子としての特性を併せ持つものであり、以下の結果を得ている。

(1) ガスソース MBE 法を用いて、GaAs (311) A 基板上に GaP/InP 短周期超格子を InGaP 障壁層で挟んだ多重量子ドット構造を作製し、赤色の発光を観測している。また、発光波長が超格子の繰り返し数によって、変えられることを明らかとしている。

(2) 光通信で用いられる $1.3\ \mu\text{m}$ から $1.5\ \mu\text{m}$ 波長帯での発光を目指して、InP (411) A 基板上に GaAs/InAs 短周期超格子を InP 障壁層で挟んだ多重量子ドット構造を作製し、 $1.3\ \mu\text{m}$ から $1.5\ \mu\text{m}$ での強い室温発光を確認している。励起光強度を上げることにより、励起準位からの発光を観測している。温度上昇にほとんど無依存な発光半値幅を持つ量子ドットの作製に成功している。さらに、超格子周期数や InAs 層の層厚を変えることにより、発光波長が変えられることを示している。

(3) 発光ダイオード構造を作製し、多重量子ドットからの発光を得ている。 $80\ \text{K}$ から $300\ \text{K}$ に温度上昇させた時の発光強度での減少が、わずか 1 桁程度であるという良好な結果を得ている。この結果は、広く研究が行われている Stranski-Krastanov (S-K) 成長モードによる量子ドットでは達成困難な $1.5\ \mu\text{m}$ での発光デバイス作製応用への可能性を示している。

以上のように、本論文はガスソース MBE 法による高指数面基板上 III-V 族半導体短周期超格子量子ドット構造の結晶成長、特異な物性を明らかにしている。また、波長制御性という S-K モードにはない特性を見出している。さらに、量子ドットのひとつの特性である半値幅が温度にほぼ無依存という特性も得られている。応用面としては、発光ダイオードの作製を試み、 $1.5\ \mu\text{m}$ での発光を達成している。光通信デバイスへの応用が可能な新しい材料系を確立したものと考えられる。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。