

Title	Self-organized InGaAs quantum wires grown on (775)B-oriented GaAs substrate by molecular beam epitaxy and 0.85- μ m emitting quantum wire lasers.
Author(s)	大野, 恭秀
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43563
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	おおの やすひで 大野 恭秀
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17127 号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	Self-organized InGaAs quantum wires grown on (775) B-oriented GaAs substrate by molecular beam epitaxy and 0.85- μ m emitting quantum wire lasers. (775) B GaAs 基板上に MBE 成長した自己形成型 InGaAs 量子細線構造と0.85 μ m 帯量子細線レーザへの応用)
論文審査委員	(主査) 教授 冷水 佐壽 (副査) 教授 伊藤 正 教授 中島 尚男

論文内容の要旨

本論文は、(775)B GaAs 基板上への分子線エピタキシー (MBE) 成長中に自然形成される、高密度 InGaAs コラゲーションを利用して作製した自己形成型高密度 InGaAs 量子細線と、それを応用して作製された波長850nm 帯の量子細線レーザについての研究をまとめたものである。

これまでの研究で、(775)B GaAs 基板上に MBE 成長した GaAs/AlAs 高密度量子細線は非常に高い均一性を持ち、この量子細線を利用した量子細線レーザは微傾斜基板上の自己形成型量子細線としては初めて室温発振を確認している。しかしながら、(775)B GaAs 量子細線レーザの室温における発振波長は760nm 前後と、デバイス応用上あまり魅力のない波長での発振であった。そこで現在光通信用光源として実用化されている850nm 帯のレーザ作製を目指し、(775) B GaAs 基板上の InGaAs の MBE 成長を調べた。その結果、InGaAs 層も GaAs 層と同様、成長温度 (T_s) 620°C以上で非常に均一なコラゲーション構造が自己形成されることが分かった。また、InGaAs/AlAs 量子井戸のフォトルミネッセンス (PL) を評価することにより、(775)B GaAs 基板上では $T_s \geq 620^\circ\text{C}$ でも、基板に照射された In 原子のうち、約半分の In 原子が取り込まれることが分かり、高温成長に適していることが分かった。これらのことをふまえ、高均一の $\text{In}_{0.14}\text{Ga}_{0.86}\text{As}/(\text{GaAs})_5(\text{AlAs})_5$ 量子細線構造を MBE で作製することに成功した。(775)B 基板上に MBE 成長した井戸幅2.2nm の量子井戸からは細線方向に大きく偏光した PL スペクトルが観測され、その偏光度 [$P \equiv (I_{\parallel} - I_{\perp}) / (I_{\parallel} + I_{\perp})$] は0.19という大きな値を示し、発光半値幅も17meV と非常に小さい値を示した (14K)。この (775) B InGaAs 量子細線を活性層に利用した量子細線レーザは室温発振を示し、発振波長を850nm 前後まで長波長化することに成功した。

(775)B InGaAs 量子細線層を非常に薄い AlAs 障壁層 ($L_b = 0.5 \sim 1$ nm) で積層する事により、(775)B 量子細線の光学的特性を向上させることに成功した。この積層型量子細線構造からの PL ピークは積層しない量子細線構造よりも約70meV 低エネルギー側での発光であり、成長方向のより高いキャリア閉じ込めが実現されていることが分かった。また積層型量子細線からの PL ピークの偏光度 ($P = 0.18 \sim 0.20$) は積層していない量子細線構造のもの ($P = 0.16$) よりも高く、キャリアの波動関数が成長方向にしみ出している効果であると考えられる。この積層型量子細線構造を活性層に利用した量子細線レーザも室温発振し、特にその特性温度 (T_0) はこれまで報告してきた (775)B GaAs、InGaAs 量子細線構造のもの ($T_0 = 70 \sim 90\text{K}$) よりも高く、243K という値を示した。

(775)B GaAs 基板上に InGaAs 量子細線構造を活性層にもつ面発光型量子細線レーザ構造を MBE 成長し、それ

を光励起によって室温発振させることに成功した。その閾値励起パワーは $1.8 \mu\text{W}/\mu\text{m}^2$ であり、発振波長は846.1 nmであった。これは自己形成型量子細線としては初めて室温で発振した面発光型量子細線レーザである。面発光型量子細線レーザは、面発光レーザの発振モードの不安定性を解消する有力な素子で、量子細線の応用として最も高い効果が期待されるものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、(775)B GaAs 基板上への分子線エピタキシー (MBE) 成長中に自然形成される、高密度 InGaAs コラゲーションを利用して作製した自己形成型高密度 InGaAs 量子細線と、それを応用して作製された波長850nm 帯の量子細線レーザについての研究をまとめたものである。

これまでの研究で、(775)B GaAs 基板上に MBE 成長した GaAs/AlAs 高密度量子細線は非常に高い均一性を持ち、この量子細線を利用した量子細線レーザは微傾斜基板上の自己形成型量子細線としては初めて室温発振を確認している。しかしながら、(775)B GaAs 量子細線レーザの室温における発振波長は760nm 前後と、デバイス応用上あまり魅力のない波長での発振であった。そこで現在光通信光源として実用化されている850nm 帯のレーザ作製を目指し、(775)B GaAs 基板上の InGaAs の MBE 成長を調べた。その結果、InGaAs 層も GaAs 層と同様、成長温度 (T_s) 620°C以上で非常に均一なコラゲーション構造が自己形成されることが分かった。また、InGaAs/AlAs 量子井戸のフォトルミネッセンス (PL) を評価することにより、(775)B GaAs 基板上では $T_s \geq 620^\circ\text{C}$ でも、基板に照射された In 原子のうち、約半分の In 原子が取り込まれることが分かり、デバイスに有利とされる高温成長に適していることが分かった。これらのことをふまえ、高均一の $\text{In}_{0.14}\text{Ga}_{0.86}\text{As}/(\text{GaAs})_s(\text{AlAs})_s$ 量子細線構造を MBE で作製することに成功した。(775)B 基板上に MBE 成長した井戸幅2.2nm の量子井戸からは細線方向に大きく偏光した PL スペクトルが観測され、その偏光度 [$P \equiv (I_{\parallel} - I_{\perp}) / (I_{\parallel} + I_{\perp})$] は0.19という大きな値を示し、発光半値幅も17meV と非常に小さい値を示した(14K)。この (775)B InGaAs 量子細線を活性層に利用した量子細線レーザは室温発振を示し、発振波長を850nm 前後まで長波長化することに成功した。

(775)B InGaAs 量子細線層を非常に薄い AlAs 障壁層 ($L_b = 0.5 \sim 1 \text{ nm}$) で積層する事により、(775)B 量子細線のレーザ用半導体材料としての光学的特性を向上させた。この積層型量子細線構造からの PL ピークは積層しない量子細線構造よりも約70meV 低エネルギー側での発光であり、より高いキャリア閉じ込めが実現されていることが分かった。また積層型量子細線からの PL ピークの偏光度 ($P=0.18 \sim 0.20$) は積層していない量子細線構造のもの ($P=0.16$) よりも高く、キャリアの波動関数が成長方向にしみ出している効果であると考えられる。この積層型量子細線構造を活性層に利用した量子細線レーザも室温発振し、特にその特性温度 (T_0) はこれまで報告してきた (775)B GaAs、InGaAs 量子細線構造のもの ($T_0 = 70 \sim 90\text{K}$) よりも高い243K という値を示した。

(775)B GaAs 基板上に InGaAs 量子細線構造を活性層にもつ面発光型量子細線レーザ構造を MBE 成長し、それを光励起によって室温発振させることに初めて成功した。その閾値励起パワーは $1.8 \mu\text{W}/\mu\text{m}^2$ であり、発振波長は846.1nm であった。これは自己形成型量子細線としては初めて室温で発振した面発光型量子細線レーザである。面発光型量子細線レーザは、面発光レーザの発振モードの不安定性を解消する有力な素子で、量子細線の応用として最も高い効果が期待されるものである。

以上のように、(775)B GaAs 基板上に MBE 成長した自己形成型 InGaAs 量子細線を半導体レーザの活性層に利用することで、実用上有用な0.85 μm 帯の量子細線レーザが開発されており、本論文が博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。