

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	面発光レーザのモード制御と波長可変動作に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	井上俊也
Author(English)	Shunya Inoue
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10861号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小山 二三夫,浅田 雅洋,植之原 裕行,渡辺 正裕,宮本 智之,東盛 裕
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10861号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	井上 俊也		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	小山二三夫	教授	審査員	渡辺 正裕	准教授
	審査員	浅田 雅洋	教授		宮本 智之	准教授
		植之原裕行	教授		東盛 裕一	学外審査員 (<small>ツルギフホニクス(株)</small>)

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「面発光レーザのモード制御と波長可変動作に関する研究」と題し、7章から構成されている。

第1章「序論」では、将来の短距離光通信や OCT 等の光源への要求、および現在の面発光レーザ(VCSEL)の現状を述べ、ビーム制御技術と波長制御技術の重要性と課題を示し、本研究の目的と意義を述べている。

第2章「高屈折率差サブ波長格子(HCG)を用いた面発光レーザの横モード制御」では、面発光レーザの上部反射鏡として、反射率が光の入射角に対して大きく変化するサブ波長回折格子(HCG)を用い、一つの横モードのみを選択的に発振させる単一モード化手法を提案している。まず格子材料/クラッドをアモルファスシリコン(a-Si)/SiO₂とした固定波長の HCG VCSEL において角度依存性の強い HCG を設計し、1次モードと2次モードに対する反射率から、15 μ m を超える酸化開口径を持つ大口径 VCSEL でも単一モード動作が得られることを示している。また波長可変マイクロマシン面発光レーザ(MEMS VCSEL)への応用を目指し、広帯域で角度依存性の強い AlGaAs/Air の HCG を設計し、60nm の波長帯域で酸化開口 20 μ m 以上でも単一モード動作が得られる設計条件を提示している。

第3章「HCG マイクロマシン面発光レーザの波長温度無依存化」では、HCG MEMS VCSEL のマイクロマシン反射鏡をバイモルフ構造とすることで、波長温度無依存化(アサーマル化)を実現することを提案している。HCG 薄膜片持ち梁上に 15nm の AlGaAs 層を成膜することで長さ 50 μ m の片持ち梁構造でアサーマル化が得られることを計算により示している。

第4章「ナノインプリントリソグラフィを用いた HCG 面発光レーザの作製と評価」では、第2章と第3章で設計した HCG VCSEL の作製と評価結果について述べている。HCG はナノインプリントリソグラフィを用いて製作し、断面観察・反射率測定により設計通りに製作できることを示している。a-Si を HCG として用いた固定波長 HCG VCSEL では、5 μ m の酸化開口径のデバイスで単一モード動作が得られ、HCG の角度依存性による横モード制御の有用性を示している。さらに角度依存性を増強した HCG を用い、10 μ m の酸化開口径デバイスで単一モード動作が得られ、角度依存性の強さによる横モード制御への有効性を示している。また、上部反射鏡をバイモルフ構造マイクロマシンとして製作した HCG MEMS VCSEL では、5 μ m の酸化開口径デバイスに対して単一モード動作を確認したと述べている。また温度上昇に対して発振波長のブルーシフトを観測し、アサーマル化の可能性が得られたことを述べている。

第5章「マイクロマシン面発光レーザの波長スイッチングの高速化」では、マイクロマシンの駆動の際のリングングを抑制することで波長切替の高速化の検討を行っている。電圧波形の設計のため、静電アクチュエータの梁構造をモデル化し、計算により 2 ステップ波形の電圧でリングングを抑制し、スイッチング速度を梁構造の機械的共振周波数の逆数の 2 倍程度まで高速化できることを示している。さらに製作した MEMS VCSEL において、約 2.5 μ s でスイッチングできることを実証している。また、オーバードライブ波形によりスイッチング時間をさらにその半分程度まで短縮できることを述べている。

第6章「波長可変面発光レーザの機能集積化」では、MEMS VCSEL のビーム掃引機能の集積・高出力化を目的として、Bragg 反射鏡スローライト導波路と MEMS VCSEL の平面集積構造を提案し、デバイス製作と評価を行っている。VCSEL とスローライト導波路の電気的アイソレーションをイオン注入により行い、Bragg 反射鏡を半導体と誘電体のハイブリッドミラーとしたデバイスを製作し、レーザ発振を得たことを述べている。またマイクロマシンを電圧印加により駆動することでスローライト導波路への光結合量に変化するなど、横方向結合の結果について述べている。

第7章「結論」では、本研究で得られた成果を総括している。

以上を要するに本論文は、面発光レーザのモード制御と波長制御を目的として、角度依存性を持つ HCG による横モード制御、熱バイモルフ構造を用いた HCG MEMS VCSEL の波長温度無依存化、MEMS VCSEL の高速波長切替を実証するとともに、高出力・ビームスキャン機能を併せ持つスローライト導波路集積 VCSEL の実現の可能性を示したものであり、工学上ならびに工業上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認められる。