T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	マイクロマシン波長可変面発光レーザの高機能化に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	中濵正統
Author(English)	Masanori Nakahama
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9653号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小山　二三夫,淺田　雅洋,梶川　浩太郎,植之原　裕行,宮本　智之,石井　啓之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9653号, Conferred date:2014/9/25, 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

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）

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		中濵　正統	
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	植之原裕行	教授
	審査員	浅田　雅洋	教授		宮本　智之	准教授
		梶川浩太郎	教授		石井　啓之	学外審査員 (NTT)

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は，「マイクロマシン波長可変面発光レーザの高機能化に関する研究」と題し，6 章から構成されている．

第 1 章「序論」では，将来の短距離光ネットワーク用光源への要求，およびマイクロマシン面発光レーザ(MEMS VCSEL)の現状を述べ，波長制御技術の重要性と課題を整理し，本研究の目的と意義を述べている．

第 2 章「熱駆動のマイクロマシンを集積した面発光レーザの波長及び波長温度係数制御」では，面発光レーザに熱駆動及び静電力駆動のマイクロマシン反射鏡を集積し，面発光レーザの波長可変動作および波長温度無依存化を同時に行う構造を提案している．動作原理と設計方針を明らかにするために，一般化した解析モデルを導入し，極限性能について議論している．波長温度係数を小さく留めながら得られる波長可変幅は，マイクロマシンの初期エアギャップ厚さ，および波長可変効率にのみ依存することを明らかにし，最適な初期エアギャップ厚さが存在することを明らかにしている．同様の構造を用いて波長温度無依存化と多波長集積化を可能にする多波長面発光レーザアレイを提案している．すなわち，素子ごとに片持ち梁の長さを変えることで共振器長を制御し，温度無依存条件に近い片持ち梁の構造にすることで，多波長化と波長温度無依存化が同時に実現できることを示している．

第 3 章「波長温度無依存・波長可変面発光レーザおよび多波長アレイの製作と評価」では，第 2 章で設計した静電力駆動型の温度無依存・波長可変面発光レーザの製作と評価を行っている．静電力駆動により連続波長掃引幅として 34nm を得るとともに，波長温度係数を通常素子の 1/10 以下に保ったまま，約 10 nm に渡って連続波長掃引を行うことに成功したことを述べている．さらに， 4 波長集積面発光レーザアレイを製作し，発振波長を約 2.5 nm 間隔で配置しながら，波長温度係数を通常素子の 1/5 以下に抑制できることを実証している．また，片持ち梁の反射鏡の傾斜が，面発光レーザの閾値に大きな影響を及ぼすことを指摘し，これを回避する両持ち梁構造を適用することで波長可変幅を 40 nm 程度にまで拡大できる可能性を計算により示すとともに，実際に両持ち梁構造を試作し，波長可変幅 38nm まで拡大できることを実証している．

第 4 章「巨大な温度係数を有する熱バイモルフ反射鏡を集積した波長可変面発光レーザ」では，波長温度係数を巨大化して，加熱により広い波長可変動作を行う構造を提案している．線膨張係数の大きく異なる金属/半導体バイモルフ反射鏡に微小な金属ヒータを集積し，電気的に加熱することで波長可変動作を行い，さらに，加熱機構を改善することで，波長可変効率 2.7 nm/mW を得ることに成功している．また，製作した構造を用いて，その波長掃引特性を測定することで，アサーマル動作のために極めて重要である反射防止層の特性評価ができることを明らかにし，反射防止層の挿入により空気/半導体界面における反射を 1.5%以下まで低減できていることを明らかにしている．

第 5 章「マイクロマシン面発光レーザと Bragg 反射鏡スローライト導波路の平面集積」では，MEMS VCSEL の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ている．解析により，素子間の光結合効率は 40-60%であり，導波路のスローライト導波モードを MEMS VCSEL から直接励振できることを示している．また，光増幅機能を有する素子構造を検討し，素子長 50 μm の短い光増幅器であっても 10 dB 以上の小信号利得が得られ，かつその利得は光増幅器の長さに比例して増大し，20dB 以上の利得が得られることを明らかにしている．さらに，Bragg 反射鏡スローライト導波路の別の機能として，波長可変光源としての MEMS VCSEL を集積し，出力ビームの角度を連続的に変化できるビーム掃引デバイスを提案し，24 nm の波長変化により，30°以上の大きなビーム偏向角と解像点数 300 以上の高解像度ビーム掃引の可能性を示している．

第 6 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 MEMS VCSEL の高機能化を目的として，面発光レーザにマイクロマシン反射鏡を集積した構造により，波長温度無依存化と波長可変動作の両立，波長温度係数制御による広帯域波長可変動作を実証するとともに，MEMS VCSEL の高出力化と新機能創出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．