

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物理電子システム創造 専攻	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	井上 俊也	指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	小山 二三夫
		指導教員 (副)： Academic Supervisor (sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

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、共振器内のモードの伝搬角差を利用し一つのモードのみを選択的に励振させることによる単一モード化を提案している。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 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 Al_{0.65}GaAs/Air の HCG を設計し、60nm の波長帯域で 20 μ m 以上の単一モード開口径が得られている。

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)を達成することを提案している。HCG 薄膜片持ち梁上に 15nm の Al_{0.3}GaAs を成膜することで 50 μ m の片持ち梁デバイスでアサーマル化が得られることを示している。

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・第3章で設計した HCG VCSEL の作製と評価を行っている。HCG はナノインプリントリソグラフィを用いて作製し、断面観察・反射率測定により設計通りに作製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モード制御の有用性を示している。また、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、角度依存性の強さの違いによる横モード制御性の違いを示している。

上部反射鏡をバイモルフ構造マイクロマシンとし作製した HCG MEMS VCSEL では 5 μ m の酸化開口径デバイスでも単一モード動作を確認している。また温度上昇に対して発振波長のブルーシフトが得られており、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、マイクロマシンを1次元モデル化し、計算により2ステップ電圧でリングングを抑制しスイッチング速度をマイクロマシンの共振周波数 f_0 に対し、 $1/2f_0$ 程度まで高速化できることを示している。さらに作製した MEMS VCSEL において、 $f_0 \approx 200$ kHz のデバイスで約 2.5 μ s でスイッチングできることを実験的に示している。またオーバードライブによりスイッチング時間をさらに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、デバイス作製と評価を行っている。VCSEL とスローライト導波路の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作製し、レーザ領域でレーザ発振を得ることに成功し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の結合量が増加することを示している。

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、VCSEL のモード制御・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 の温度無依存化，MEMS VCSEL の高速波長切替を実証すると共に，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 MEMS VCSEL の実現の可能性を示したものである。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	物理電子システム創造 専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名 : Student's Name	井上 俊也	指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	小山 二三夫
		指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis is titled “Study on control of the mode and wavelength tunability of vertical cavity surface emitting lasers”. In section 1, I explained the demands for light sources in short range WDM communication or OCT, and showed the purpose of this study. In section 2, I introduced angular dependent HCG to suppress higher order mode of VCSELs, and I showed possibility of a single mode VCSEL with an aperture larger than 20 μm in calculation. In section 3, in order to realize temperature control free tunable lasers, I introduced thermal bimorph cantilever to an HCG MEMS VCSEL. I analyzed thickness of a strain control layer for athermal operation in calculation. In section 4, I showed fabrication of HCG and HCG VCSELs. Reflectivity of the HCG fabricated by using nanoimprint lithography is in good agreement with calculation. A fabricated HCG VCSEL showed single mode operation thanks to angular dependence of the HCG even the oxide aperture is large. In addition, a fabricated HCG MEMS VCSEL with strain control layer on the beam shows thermal blue shift, exhibiting a possibility in athermal operations. In section 5, I showed demonstration of ringing free wavelength switching of a MEMS VCSEL. By applying optimized two-step voltage, ringing is completely removed, and the switching time is reduced to 2.5 μs . Moreover, I demonstrated 1.5 times faster switching by using overdrive. In section 6, I showed the proposal and fabrication of a MEMS VCSEL integrated slowlight waveguide beam scanner. I obtained lasing operation in the VCSEL region, and it shows change in coupled light intensity at slow light waveguide. In the section 7, I made a conclusion of the thesis. As a summary, I aimed to control the mode and wavelength of a VCSEL, I demonstrated single mode operation by implementation of HCG, athermalization by using thermal bimorph cantilever, high speed switching of a micromachinery, and feasibility of a MEMS VCSEL integrated slowlight beam scanner.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).