

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	面発光レーザとスローライトデバイスの集積化に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	島田敏和
Author(English)	Toshikazu Shimada
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9532号, 授与年月日:2014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,梶川 浩太郎,植之原 裕行,宮本 智之,大橋 弘美
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9532号, Conferred date:2014/3/26, 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	島田 敏和	指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	小山 二三夫
		指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「面発光レーザとスローライトデバイスの集積化に関する研究」と題し、7章から構成されている。

第1章「序論」では、極短距離光インターコネクタにおける高速・低消費電力光源の要求、スローライトを利用した小型機能デバイスの現状と課題について述べるとともに、面発光レーザとスローライトデバイスの集積化による面発光レーザの高性能化・高機能化の必要性について述べる。また、以上の背景を基にした研究目的及び研究目標を述べている。

第2章「面発光レーザとスローライト導波路の横方向集積」では、ブラッグ反射鏡導波路における低群速度伝搬 (スローライト) 生成の原理について述べるとともに、本研究で新しく提案する面発光レーザとスローライト導波路の横方向集積の構造及び光結合の原理について述べている。モデリングにおいて両デバイス間の光結合効率は 50%以上が得られ、提案構造による集積化の可能性を示すとともに、実際に製作したスローライト導波路集積デバイスにより、面発光レーザからスローライト導波路への横方向光結合を初めて実証している。製作プロセスは従来の面発光レーザと同様であり、簡易な製作プロセスである。また、面発光レーザの共振モード制御手法として集積デバイスに対するくびれ構造の導入を検討し、結合モード安定化の可能性を示している。

第3章「面発光レーザとスローライト光増幅器の横方向集積」では、面発光レーザの横方向に集積したスローライト導波路に電流を注入することにより、スローライト SOA の集積化を検討している。モデリングにおいて $50\mu\text{m}$ の小型スローライト SOA 集積により、 7mW を超えるシングルモード出力の可能性を示しており、これはこれまで報告されている高出力シングルモード面発光レーザの出力と同程度の出力である。また、実際に SOA 集積デバイスを製作し、面発光レーザの横方向に集積したスローライト SOA による損失補償を実証し、最大出力 6mW 、 7dB 以上の微分量子効率の向上が得られている。また、現デバイスの課題を考察するとともに、更なる高出力化のための手法について検討している。

第4章「面発光レーザとスローライト変調器の横方向集積」では、面発光レーザの横方向に集積したスローライト導波路に電圧を印加することにより、電界吸収型スローライト変調器の集積化を検討している。モデリングにおいて $50\mu\text{m}$ の小型スローライト変調器集積により、挿入損失 2dB 以下で 5dB 以上の消光比が得られ、高速かつ低消費電力光変調器実現の可能性を示している。また、実際に変調器集積デバイスを製作し、面発光レーザの横方向に集積したスローライト変調器により、変調電圧 1.4V 以下で 15dB 以上の消光比の外部光変調を実証するとともに、スローライト変調器から面発光レーザへの戻り光が抑制されていることを明示している。この時、等価的な変調器長は $30\mu\text{m}$ 以下である。また、動特性としてスローライト変調器の小信号応答を測定し、約 4GHz の 3dB 帯域が得られている。帯域制限の主要因は素子サイズであると考えられ、デバイスの小型化による高速化が見込まれる。さらに、両デバイス間にイオン注入プロセスを導入し、イオン注入によるアイソレーションの課題克服が可能であることを示している。

第5章「ビーム偏向器の集積化」では、面発光レーザの高機能化の観点から、スローライトビーム偏向器の集積化を検討している。スローライトビーム偏向器の原理及び高解像点数実現の仕組みについて述べるとともに、熱光学効果を基礎とした熱駆動オンチップビーム偏向器を製作し、偏向角 4.5° 以上、解像点数 9 以上のオンチップビーム偏向を実証している。また、温度変化の増大及び導波路損失の低減による伝搬距離の増大により、大きな解像点数が得られる可能性を示している。

第6章「面発光レーザ横方向集積化の展望」では、各機能デバイス集積による更なる高性能化の可能性について検討し、スローライト変調器による低消費電力 ($<10\text{fJ/bit}$ @ 40Gbps) かつ高速 ($>50\text{GHz}$) 動作、スローライト SOA による 10mW を超えるシングルモード出力及び熱駆動オンチップビーム偏向器による 100 を超える解像点数実現の可能性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。

これを要するに本論文は、小型スローライトデバイスを面発光レーザの横方向に集積することで、面発光レーザの高性能化・高機能化を実現できることを明らかにした。本研究で確立した新しい集積手法により、面発光レーザフォトリクスに新たな展開が期待できるとともに、スローライトフォトリクスを基盤とした超小型光回路実現が期待できる。

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).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 物理電子システム創造 専攻
Department of
学生氏名： 島田 敏和
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員 (主)： 小山 二三夫
Academic Advisor(main)
指導教員 (副)：
Academic Advisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis consists of 7 chapters. In the first chapter, we mention demands of making vertical-cavity surface-emitting lasers (VCSELs) to have higher performances and integrating new functionalities to VCSELs. The second chapter deals with a novel integration scheme of a VCSEL and slow-light devices. The modeling shows that the lateral optical coupling from a VCSEL to a slow-light waveguide takes place and a slow-light mode is directly exited from a VCSEL. The coupling efficiency from a VCSEL to a slow-light waveguide can be over 50%, which shows the feasibility of compact slow-light devices with a VCSEL. In addition, we show the first demonstration of lateral integration of a VCSEL and a slow-light waveguide. In the third chapter, we present a lateral integration of a VCSEL and a slow-light semiconductor optical amplifier (SOA). We show the possibility of over 7mW output power for 50 μ m long slow-light SOA in the modeling. Furthermore, a maximum output power greater than 6mW and an external differential quantum efficiency of 43% were obtained in the experiment. In the fourth chapter, we present a lateral integration of a VCSEL and a slow-light electro-absorption modulator. The modeling results show that over 5dB extinction ratio and less than 2dB insertion loss can be expected for 50 μ m long slow-light modulator. And also, we present the experimental results on a compact slow-light modulator laterally integrated with a VCSEL. An extinction ratio of over 15dB for a voltage swing of 2.0V was obtained without noticeable change of threshold. In the fifth chapter, we present an on-chip electro-thermal beam deflector whose chip size is smaller than 300 μ m, followed by the characterization. Continuous electro-thermal beam steering of over 9° with a diffraction-limited divergence angle of 2.2° is obtained. In the sixth chapter, we mention the future perspective. In the seventh chapter, we summarize my study.

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 1 copy of 800 Words (English).