

様式 C - 7 - 1

平成24年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

1. 機関番号

1	4	6	0	3
---	---	---	---	---

 2. 研究機関名 奈良先端科学技術大学院大学
3. 研究種目名 基盤研究(S) 4. 補助事業期間 平成24年度～平成26年度
5. 課題番号

2	4	2	2	6	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---
6. 研究課題 高次機能半導体ナノフォトニックデバイスとその光RAMへの応用

7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
4 0 2 1 1 1 8 0	カワグチ ヒトシ 河川 仁司	物質創成科学研究科	教授

8. 研究分担者

研究者番号	研究分担者名	所属研究機関名・部局名	職名

9. 研究実績の概要

平成24年度は以下の3点で大きな研究成果を得た。

1. 偏光無依存高屈折率差サブ波長回折格子（HCG）と、これを光共振器として用いる光導波路結合型HCG-VCSELを検討した。偏光双安定VCSELの実現に向け、偏光無依存な反射特性をもつHCG構造を検討した結果、VCSEL用の反射器として十分な反射特性をもつことがわかった。又、SOI基板を用い、1.55 μm 帯の偏光無依存HCGを作製した。さらに、HCGを用いたVCSELでは、VCSELの発振偏光を切り換えることにより、出力導波路が切り換わることがわかった。高速偏光双安定VCSELの実現とそのSi基板上への集積化に有望である。

2. 980 nm帯偏光双安定VCSELに酸化狭帯構造を導入することにより、半導体レーザをベースとした光双安定素子としては世界最小である0.85 mAのバイアス電流で駆動し、全光型フリップ・フロップ動作を実現した。この結果は、1.7 mWの消費電力で1ビットの光メモリが実現できることを示している。又、一層の高速動作をめざし、通常のVCSELに比べ共振器の反射率を下げるるとともに、活性層の光学利得を増加したVCSELを試作した。その結果、より一層の高速動作が期待できることがわかった。

3. ポンプ・プローブカー回転法を用いて量子井戸マイクロポストにおけるスピン緩和時間を評価した。0.5 μm 角のポストでは、ポスト側面における非発光表面再結合によってキャリア寿命は約30 psに短縮されるが、約0.74 nsの長いスピン緩和時間が維持され、スピントラップVCSELの発振円偏光スイッチング速度の高速化に有効であることがわかった。又、光通信波長におけるスピン光デバイスを目指して、InP(110)基板上InGaAs/InAlAs 量子井戸をMBE法により成長し、室温において1 ns程度の電子スピン緩和時間を得た。

10. キーワード

- | | | | |
|------------|------------------------|---------------------|--------------|
| (1) 半導体レーザ | (2) 先端機能デバイス | (3) 偏光双安定 | (4) スピントロニクス |
| (5) 光RAM | (6) 偏光無依存高屈折率差サブ波長回折格子 | (7) 低消費電力光フリップ・フロップ | (8) スピン緩和時間 |

11. 現在までの達成度

(区分)(2) おおむね順調に進展している。

(理由)

交付申請書に記載した「研究の目的」および「研究の実施計画」では以下の3点を中心に研究を行う計画であった。

1. 高屈折率差サブ波長回折格子(HCG)反射鏡を用いたVCSELの検討、2. 偏光双安定VCSELの高速化、3. 多ビットメモリ実現のための偏光双安定VCSELの特性の均一化
 研究実績に示したように、1. については当初の計画以上に進展し、偏光無依存HCGを実現し、HCG-VCSELのSi基板上への集積化に見通しを得た。2. については、計画通り偏光双安定VCSELの一層の高速化に見通しを得た。又、3. については、研究実績では述べなかったが、1.55 μm 帯偏光双安定VCSELを試作し、全62素子中63%で明瞭な双安定性を得、均一性が確認された。

12. 今後の研究の推進方策

(今後の推進方策)

平成25年度は以下の研究項目に重点を置いて研究する。

- 高次機能ナノ半導体レーザの研究：平成24年度に引き続き、高屈折率差サブ波長回折格子(HCG)VCSELのSOI(Silicon on Insulator)プラットフォーム上への集積化を実現する。又、偏光無依存HCG-VCSELで偏光スイッチ/偏光双安定を実現する。
- 偏光双安定VCSEL：平成24年度に引き続き、通常のVCSELに比べ共振器の反射率を下げるとともに、活性層の光学利得を増加したVCSELを用い、40 Gb/s RZ信号に対する全光型信号処理の実現をめざす。
- 電流注入スピンVCSEL：強磁性体電極からVCSELへのスピン注入により、電子のスピン状態に依存した円偏光発振を実現する。又、半導体中の電子スピンの流れを可視化する。

13.研究発表(平成24年度の研究成果)

〔雑誌論文〕計(9)件 うち査読付論文 計(9)件

著者名	論文標題【掲載確定】				
河口 仁司	双安定半導体レーザーによる光信号処理				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年		最初と最後の頁
レーザー研究	有	40	2	012	369-374
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
なし					

著者名	論文標題【掲載確定】				
K. Ikeda	Polarization-independent high-index contrast grating and its fabrication tolerances				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年		最初と最後の頁
Applied Optics	有	52	2	013	1049-1053
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
10.1364/AO.52.001049					

著者名	論文標題【掲載確定】				
T. Katayama	All-optical header recognition and packet switching using polarization bistable VCSEL				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年		最初と最後の頁
IEEE Photonics Technology Letters	有	25	2	013	802-805
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
10.1109/LPT.2013.2252161					

著者名	論文標題【掲載確定】			
S. Iba	Circularly polarized lasing over wide wavelength range in spin-controlled (110) vertical-cavity surface-emitting laser			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
Solid State Communications	有	152	2 0 1 2	1518-1521
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
10.1016/j.ssc.2012.06.009				

著者名	論文標題【掲載確定】			
N. Yokota	Pump probe measurement of electron spin relaxation time in (110)-oriented GaAs/AlGaAs multiple quantum well microposts			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
Applied Physics Express	有	5	2 0 1 2	122401-1~3
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
10.1143/APEX.5.122401				

著者名	論文標題【掲載確定】			
Y. Yasuda	Crystal growth of InGaAs/InAlAs quantum wells on InP(110) by MBE			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
Journal of Crystal Growth	有	364	2 0 1 2	95-100
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
10.1016/j.jcrysgro.2012.11.039				

著者名	論文標題【掲載確定】			
池田和浩	長距離伝搬表面プラズモンを用いたナノレーザー			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
化学工業	有	63	2 0 1 2	16-21
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
なし				

著者名	論文標題			
Y. Tsunemi	Analysis of optical output characteristics in waveguide coupled HCG-VCSELs			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
Applied Optics	有	投稿済	2 0 1 3	査読結果待
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
なし				

著者名	論文標題			
K. Ikeda	Metallic nanowire lasers			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
Journal of the Optical Society of America B	有	投稿済	2 0 1 3	査読結果待
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)				
なし				

〔学会発表〕計(26)件 うち招待講演 計(9)件

発表者名	発表標題【発表確定】	
H. Kawaguchi	Recent Progress in Polarization Bistable VCSELs	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 14th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON 2012)(招待講演)	2012年07月02日	コベントリー(英国)

発表者名	発表標題【発表確定】	
川畑将志	低Q値共振器をもつ偏光双安定VCSELのスイッチングパワー離調特性	
学会等名	発表年月日	発表場所
2012年(平成24年)秋季、第73回応用物理学会学術講演会	2012年09月12日	愛媛大学・松山大学(愛媛県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
常深義博	光導波路結合型HCG-VCSELにおける結合効率の構造依存性	
学会等名	発表年月日	発表場所
2012年電子情報通信学会ソサイエティ大会	2012年09月12日	富山大学(富山県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
常深義博	光導波路結合型HCG-VCSELにおける光出力特性の解析	
学会等名	発表年月日	発表場所
電子情報通信学会 エレクトロニクスソサイエティ レーザ・量子エレクトロニクス研究会	2013年01月24日	大阪大学(大阪府)

発表者名	発表標題【発表確定】	
岡本拓也	1.55- μm 帯偏光双安定VCSELを用いた全光型ヘッダ識別による光パケットスイッチング	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年電子情報通信学会総合大会	2013年03月20日	岐阜大学(岐阜県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
常深義博	光導波路結合型HCG-VCSELにおける結合効率の構造依存性 (II)	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年電子情報通信学会総合大会	2013年03月20日	岐阜大学(岐阜県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
高寄健太郎	偏光無依存HCGの作製	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年(平成25年)春季、第60回応用物理学関係連合講演会	2013年03月29日	神奈川工科大学(神奈川県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
常深義博	偏光無依存HCGを用いた光導波路結合型HCG-VCSELの光出力特性の解析	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年(平成25年)春季、第60回応用物理学関係連合講演会	2013年03月29日	神奈川工科大学(神奈川県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
S. Iba	Circularly polarized lasing in (110) quantum well-based spin laser	
学会等名	発表年月日	発表場所
SPIE Optics + Photonics 2012, NanoScience + Engineering, Spintronics V(招待講演)	2012年08月16日	サンディエゴ(米国)

発表者名	発表標題【発表確定】	
H. Kawaguchi	Room temperature laser oscillation with circular polarization in spin VCSELs	
学会等名	発表年月日	発表場所
2012 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2012)(招待講演)	2012年09月27日	京都国際会館(京都府)

発表者名	発表標題【発表確定】	
S. Koh	Circularly Polarized Lasing in Spin-Controlled Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers	
学会等名	発表年月日	発表場所
International Conference of the Asian Union of Magnetism Societies (ICAUMS 2012)(招待講演)	2012年10月04日	奈良県新公会堂(奈良県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
河口仁司	スピンVCSELとその発振円偏光高速スイッチング	
学会等名	発表年月日	発表場所
第5回超高速光エレクトロニクス研究会(招待講演)	2012年12月08日	箱根強羅 ラフォーレ強羅(神奈川県箱根町)

発表者名	発表標題【発表確定】	
安田祐介	MBE法によるInP(110)基板上InGaAs/InAlAs量子井戸の結晶成長	
学会等名	発表年月日	発表場所
2012年(平成24年)秋季、第73回応用物理学会学術講演会	2012年09月11日	愛媛大学・松山大学(愛媛県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
阿野浩一郎	GaAs(110)基板上のFe及びFePtの成長	
学会等名	発表年月日	発表場所
2012年(平成24年)秋季、第73回応用物理学会学術講演会	2012年09月11日	愛媛大学・松山大学(愛媛県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
横田信英	GaAs/AlGaAs(110) MQWマイクロポストにおける電子スピン緩和時間の評価	
学会等名	発表年月日	発表場所
2012年(平成24年)秋季、第73回応用物理学会学術講演会	2012年09月14日	愛媛大学・松山大学(愛媛県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
池田和浩	顕微PL法を用いた電子スピン緩和時間測定におけるスピン拡散効果	
学会等名	発表年月日	発表場所
2012年(平成24年)秋季、第73回応用物理学会学術講演会	2012年09月14日	愛媛大学・松山大学(愛媛県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
安田祐介	InP(110)基板上InGaAs/InAlAs量子井戸の電子スピン緩和時間	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年(平成25年)春季、第60回応用物理学関係連合講演会	2013年03月29日	神奈川工科大学(神奈川県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
K. Ikeda	Plasmonic Nanolasers with Metallic Nanowires	
学会等名	発表年月日	発表場所
International Union of Materials Research Societies- International Conference on Electronic Materials2012 (IUMRS-ICEM2012)	2012年09月25日	パシフィコ横浜(神奈川県)

発表者名	発表標題【発表確定】	
T. Katayama	Optical Packet Switching by All-Optical Header Recognition Using 1.55- μ m Polarization Bistable VCSEL	
学会等名	発表年月日	発表場所
The European Conference on Lasers and Electro-Optics and the International Quantum Electronics Conference (CLEO/Europe-IQEC 2013)	2013年05月15日	ミュンヘン(ドイツ)

発表者名	発表標題【発表確定】	
K. Ikeda	Design and fabrication of a polarization-independent HCG	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 10th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim and the 18th OptoElectronics and Communications Conference/ Photonics in Switching 2013 (CLEO-PR & OECC/PS 2013)	2013年06月30日	京都国際会議場(京都府)

発表者名	発表標題【発表確定】	
H. Kawaguchi	Polarization-bistable VCSELs and their applications for all-optical signal processing	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 15th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON 2013)(招待講演)	2013年06月23日	カルタヘナ(スペイン)

発表者名	発表標題【発表確定】	
H. Kawaguchi	Recent progress in polarization bistable VCSELs and their applications for all-optical signal processing	
学会等名	発表年月日	発表場所
6th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL 2013)(招待講演)	2013年09月09日	スタック(ウクライナ)

発表者名	発表標題【発表確定】	
常深義博	偏光制御による高機能フォトニックデバイス	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本学術会議公開シンポジウム「第三回先端フォトニクスシンポジウム」	2013年04月26日	日本学術会議講堂(東京都港区)

発表者名	発表標題【発表確定】	
N. Yokota	(110)-Oriented GaAs/AlGaAs Multiple Quantum Well Microposts for High-Speed Polarization Switching of Spin-Controlled VCSELs	
学会等名	発表年月日	発表場所
The European Conference on Lasers and Electro-Optics and the International Quantum Electronics Conference (CLEO/Europe-IQEC 2013)	2013年05月15日	ミュンヘン(ドイツ)

発表者名	発表標題【発表確定】	
H. Kawaguchi	Spin-photonic devices based on (110) quantum wells	
学会等名	発表年月日	発表場所
SPIE Optics+Photonics 2013, NanoScience + Engineering, Spintronics VI (招待講演)	2013年08月25日	サンディエゴ(米国)

発表者名	発表標題【発表確定】	
H. Kawaguchi	Polarization-independent high-index-contrast subwavelength grating VCSELs and their applications	
学会等名	発表年月日	発表場所
9th International Conference on Optics-photonics Design & Fabrication (OFD '14) (招待講演)	2014年02月12日	板橋区立文化会館(東京都板橋区)

(図書) 計(0)件

著者名	出版社		
書名	発行年	総ページ数	

14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

(出願) 計(1)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	出願年月日	国内・外国の別
レーザー用反射鏡及び該反射鏡を用いた面発光レーザー装置	河口仁司	国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学	特許、PCT/JP2013/051498	2012年08月22日	外国

(取得) 計(0)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	取得年月日	国内・外国の別
				出願年月日	

15.備考

奈良先端科学技術大学院大学 超高速フォトンクス研究室
<http://mswebs.naist.jp/LABs/kawaguchi/index-j.html>