



## 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)(1)当初の計画以上に進展している。

(理由)

それぞれの課題の進捗を自己評価すると次のようになり、総合して冒頭の判定とした。

- ・半導体マイクロレーザとHCG-VCSEL：導波路結合型HCG-VCSELを集中的に検討した。特性の解析や、偏光無依存HCG-VCSELの作製・レーザ発振が実現でき、将来有望な素子であると考えている。(自己評価)
- ・スピン注入LEDと円偏光間高速スイッチ：Fe/AlOx MOS構造電極をもつ(110) GaAs/AlGaAs LEDを作製し、1 kA/cm<sup>2</sup>の高電流密度においてスピン注入を実現し、40Kで7%程度のスピン偏極率を実現した。(110) GaAs/AlGaAs量子井戸をマイクロポスト状に加工することにより、電子スピンのスイッチングを用いて20-30 GHzの高速な円偏光間スイッチングが可能であることを示したこと、室温で37 μmにわたるスピン偏極電子の輸送を実現したことなど、スピンVCSEL実現の基礎が形成できたと考えられる。(自己評価)
- ・光フリップ・フロップ動作のビット誤り率評価：全光型フリップ・フロップ動作や、ANDゲート動作を含むフリップ・フロップ動作のビット誤り率を初めて評価した。その結果、実用に耐えることが初めて明らかになるとともに、デバイスや動作条件の最適化の良い指標として、今後用いることができるようになった。(自己評価)
- ・光パケットスイッチへの応用：全光型ヘッド識別により、ペイロードの出力光を切り換えることに成功した。この方式はヘッドのビット長を制限なく長くすることができる特徴をもつ。(自己評価)
- ・偏光双安定VCSELアレイ：新しい酸化狭帯VCSEL構造の導入により、0.98 μm帯VCSELの二次元アレイ作製が可能になった。又、1.55 μm帯VCSELアレイも試作が終わり、平成26年度にレーザ特性の均一性等の評価が可能になった。(自己評価)

## 12. 今後の研究の推進方策

(今後の推進方策)

11. 現在までの達成度に記載したように、現在まで当初計画以上に進展しており、平成26年度は以下の研究を実施し当初目標を達成する。

## 1. 高次機能ナノ半導体レーザ

偏光無依存HCGを共振器とするVCSELを作製し、偏光スイッチや偏光双安定スイッチが生ずるか検討する。又、導波路結合型HCG-VCSELを作製し、VCSELの発振偏光が切り換わることにより、出力導波路がスイッチするかどうか検討する。又、Fe/AlOxトンネル電極をもつ(110) GaAs/AlGaAs LEDをひきつづき検討し、電子スピン注入による円偏光発光を室温で観測し、スピンVCSEL実現に向けた知見を得る。

## 2. 偏光双安定VCSELとその応用

高速動作のため、DBR共振器の反射率を低下させ、大きな離調を用いた時に生ずるスイッチング光入力への急激な増大を防ぐ。ウエハを成長した後、表面側DBRの一部をエッチングにより除去することにより、共振器の反射率を系統的に変え、共振器の反射率低減による偏光スイッチングの高速化をはかる。又、ひきつづき全光型ヘッド識別を用いた光パケットスイッチングを検討する。4ビットのヘッドの中から、2ビット同時に識別し、4つの出力ポート間のスイッチングを行う。ペイロードは40 Gb/s、PRBS NRZ信号とし、このペイロード信号へのスイッチングの影響をビット誤り率から評価する。安定なANDゲート動作が得られる入力光の条件などを検討し、偏光双安定VCSELを用いたサブシステムの実用に向けた知見を得る。さらに、新しいVCSEL構造を用いて0.98 μm帯の二次元アレイを作製し、レーザ発振特性や偏光双安定特性の均一性を評価する。又、1.55 μm帯VCSELアレイを用い、偏光双安定特性の均一性の評価を行うとともに前記光ヘッド識別の並列動作等を行う。

## 13.研究発表(平成25年度の研究成果)

(雑誌論文) 計(5)件 うち査読付論文 計(5)件

著者名		論文標題			
T. Tsunemi, K. Ikeda, and H. Kawaguchi		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	
IEICE Transactions on Electronics	有	E97-C	2 0 1 4	369-376	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
10.1587/transele.E97.C.369					

著者名		論文標題			
N. Yokota, Y. Aoshima, K. Ikeda, and H. Kawaguchi		Room temperature spin transport in undoped (110) GaAs/AlGaAs quantum wells			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	
Applied Physics Letters	有	104	2 0 1 4	072406-1 4	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
10.1063/1.4866168					

著者名		論文標題			
Y. Tsunemi, N. Yokota, S. Majima, K. Ikeda, T. Katayama		1.55- $\mu$ m VCSEL with a polarization-independent HCG mirror on SOI			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	
Optics Express	有	21	2 0 1 3	28685-28692	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
10.1364/OE.21.028685					

著者名		論文標題			
Y. Tsunemi, K. Ikeda, and H. Kawaguchi		Lasing-Polarization-Dependent Output from Orthogonal Waveguides in High-Index-Contrast Subwavelength Grating Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser			
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	
Applied Physics Express	有	6	2   0   1   3	092106-1 4	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
10.7567/APEX.6.092106					

著者名		論文標題			
K. Ikeda and H. Kawaguchi		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	30	2   0   1   3	1981-1986	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)					
10.1364/JOSAB.30.001981					

(学会発表) 計(14)件 うち招待講演 計(1)件

発表者名		発表標題【発表確定】	
D. Hayashi, H. Takahashi, T. Katayama, and H. Kawaguchi		Bit Error Rate Measurements of All-Optical Flip-Flop Operations using a 1.55- $\mu$ m Polarization Bistable VCSEL	
学会等名	発表年月日	発表場所	
The Opto Electronics and Communication Conference 2014 (OECC 2014)	2014年07月06日 ~ 2014年07月10日	Melbourne Convention and Exhibition Centre (Melbourne, Australia)	

発表者名		発表標題【発表確定】	
H. Kawaguchi		1.55- $\mu$ m VCSEL with Polarization-Independent High-Index-Contrast Subwavelength Grating Mirror on SOI	
学会等名	発表年月日	発表場所	
16th International Conference on Transparent Optical Networks 2014 (ICTON 2014)(招待講演)	2014年07月06日 ~ 2014年07月10日	Convention Center Graz (Graz, Austria)	

発表者名	発表標題【発表確定】	
Y. Tsunemi, N. Yokota, S. Majima, K. Ikeda, T. Katayama, and H. Kawaguchi	Room Temperature Operation of Optically Pumped 1.55- $\mu$ m VCSEL with Polarization-Independent HCG Mirror on SOI	
学会等名	発表年月日	発表場所
The Conference on Lasers and Electro-Optics 2014 (CLEO 2014)	2014年06月08日～2014年06月13日	San Jose Convention Center (San Jose, USA)

発表者名	発表標題	
常深義博、横田信英、間嶋翔太、池田和浩、片山健夫、河口仁司	HCG領域の形状による偏光無依存HCG-VCSELの発振偏光制御	
学会等名	発表年月日	発表場所
2014年電子情報通信学会総合大会	2014年03月18日～2014年03月21日	新潟大学(新潟県新潟市)

発表者名	発表標題	
高橋はるな、林大介、片山健夫、河口仁司	偏光双安定VCSELの全光型ANDゲート動作のビット誤り率測定	
学会等名	発表年月日	発表場所
2014年電子情報通信学会総合大会	2014年03月18日～2014年03月21日	新潟大学(新潟県新潟市)

発表者名	発表標題	
劉涛、片山健夫、河口仁司	凹面鏡外部共振器VCSELの高速偏光自己変調	
学会等名	発表年月日	発表場所
2014年電子情報通信学会総合大会	2014年03月18日～2014年03月21日	新潟大学(新潟県新潟市)

発表者名	発表標題	
N. Yokota, K. Ikeda, and H. Kawaguchi	Space- and Time-Resolved Observation of Electron Spin Transport in a (110) GaAs/AlGaAs Multiple Quantum Well at Room Temperature	
学会等名	発表年月日	発表場所
The 58th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM)	2013年11月04日 ~ 2013年11月08日	Sheraton Denver Downtown Hotel (Denver, USA)

発表者名	発表標題	
K. Ikeda and H. Kawaguchi	Room temperature circularly polarized lasing in (110) spin-VCSELs	
学会等名	発表年月日	発表場所
NSF Workshop on US-Japan Frontiers in Novel Photonic-Magnetic Devices	2013年09月20日 ~ 2013年09月23日	春日野荘 (奈良県奈良市)

発表者名	発表標題	
常深義博、横田信英、間嶋翔太、池田和浩、片山健夫、河口仁司	SOI基板上1.55 $\mu$ m帯HCG-VCSELの光励起レーザ発振	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年電子情報通信学会ソサイエティ大会	2013年09月17日 ~ 2013年09月20日	福岡工業大学 (福岡県福岡市)

発表者名	発表標題	
片山健夫、林大介、河口仁司	偏光双安定VCSELによる全光型フリップ・フロップ動作のビット誤り率測定	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年電子情報通信学会ソサイエティ大会	2013年09月17日 ~ 2013年09月20日	福岡工業大学 (福岡県福岡市)

発表者名	発表標題	
林大介、片山健夫、河口仁司	同一波長セット光・リセット光による偏光双安定VCSELのフリップフロップ動作	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年電子情報通信学会ソサイエティ大会	2013年09月17日～2013年09月20日	福岡工業大学(福岡県福岡市)

発表者名	発表標題	
横田信英、池田和浩、河口仁司	GaAs/AlGaAs (110) MQW における面内スピン輸送の室温観測	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年(平成25年)、第74回応用物理学会秋季学術講演会	2013年09月16日～2013年09月20日	同志社大学(京都府京田辺市)

発表者名	発表標題	
池田和浩、横田信英、青島洋平、河口仁司、西沢望、宗片比呂夫	Fe/AlOx を用いた(110)GaAs/AlGaAs 量子井戸への高電流密度スピン注入	
学会等名	発表年月日	発表場所
2013年(平成25年)、第74回応用物理学会秋季学術講演会	2013年09月16日～2013年09月20日	同志社大学(京都府京田辺市)

発表者名	発表標題	
片山健夫、河口仁司	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
電子情報通信学会レーザー・量子エレクトロニクス研究会	2013年08月29日～2013年08月30日	サンリフレ函館(北海道函館市)

