

平成23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(B) 4. 研究期間 平成23年度～平成25年度
5. 課題番号

2	3	3	1	0	0	9	4
---	---	---	---	---	---	---	---
6. 研究課題名 電子スピン制御による半導体レーザの閾値低減に関する研究
7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
50323663	ヨウ 黄 シンジ 晋二	物質創成科学研究科	准教授

8. 研究分担者(所属研究機関名については、研究代表者の所属研究機関と異なる場合のみ記入すること。)

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

下欄には、当該年度に実施した研究の成果について、その具体的内容、意義、重要性等を、交付申請書に記載した「研究の目的」、「研究実施計画」に照らし、600字～800字で、できるだけ分かりやすく記述すること。また、国立情報学研究所でデータベース化するため、図、グラフ等は記載しないこと。

(110)GaAs量子井戸への電气的スピン注入を行うために、まず、GaAs(110)基板上にFe薄膜結晶をエピタキシャル成長する技術について検討を行った。半導体と磁性金属の結晶成長には異なるMBE装置を用いており、MBE装置間を移送する際の表面汚染、酸化を防ぐため、試料表面にAsパッシベーション保護膜を形成する技術を確立した。磁性金属用MBE内での熱処理によってAs保護膜を除去し、Fe膜のエピタキシャル成長を行った。成長中の反射高速電子線回折(RHEED)観察を通して、基板温度が室温付近である場合、Fe膜の成長は、まず島状に成長し、その後平坦化していくVollmer-Weber型の成長モードとなることが分かった。成長したFe膜について、X線回折測定、及び試料振動型磁力計(VSM)測定を用いた評価を行い(1) Fe膜が単結晶であること(2) Fe膜の結晶方位が、GaAs(110)上に対して面直方向、面内方向ともに整合していること(3) Fe膜の磁化容易軸は膜面内の[001]であること、が分かった。次に、このFe膜成長技術を用いて、(110) GaAs量子井戸を発光層とするスピン発光ダイオード(LED)を作製について検討を行い、デバイスプロセス技術を確立した。スピンLEDでは、トンネルバリアとしてFe/n-AlGaAsショットキー接合を利用した。外部面直方向磁場下の電流注入発光における円偏光度を測定したところ、測定温度4 Kにおいて、外部磁場が2～3 T付近で円偏光度の飽和が確認され、電气的スピン注入に成功した。観測された円偏光度は約5%と低い値であり、Fe/AlGaAs界面の欠陥の影響によって注入効率が低下したと考えられる。

10. キーワード

- | | | | |
|--------------|---------------|---------------|-----------|
| (1) スピン偏極 | (2) スピン緩和 | (3) スピン半導体レーザ | (4) スピン注入 |
| (5) 円偏光レーザ発振 | (6) GaAs(110) | (7) 低消費電力化 | (8) 量子井戸 |

11. 現在までの達成度

下欄には、交付申請書に記載した「研究の目的」の達成度について、以下の区分により自己点検による評価を行い、その理由を簡潔に記述すること。また、国立情報学研究所でデータベース化するため、図、グラフ等は記載しないこと。
 <区分>①当初の計画以上に進展している。 ②おおむね順調に進展している。 ③やや遅れている。 ④遅れている。

(区分) ②おおむね順調に進展している。
(理由) 目標としていた GaAs(110)上の Fe 膜エピタキシャル成長技術を確立し、Fe 膜の結晶方位と磁化特性について知見を得た。また、この成長技術を用いて Fe 膜を用いたスピン発光ダイオードを作製し、円偏光度の評価まで研究を進めることができた。

12. 今後の研究の推進方策

本研究課題の今後の推進方策について簡潔に記述すること。研究計画の変更あるいは研究を遂行する上での問題点があれば、その対応策なども記述すること。また、国立情報学研究所でデータベース化するため、図、グラフ等は記載しないこと。

現段階で得られているスピン注入効率は数%と低いため、スピン LED の作製条件を吟味、最適化し、注入効率の向上を目指す。併せて、GaAs(110)上の垂直磁化 FePt 膜の形成と、これを用いたスピン注入についても研究を進める予定である。

13. 研究発表（平成 23 年度の研究成果）

※ 「13. 研究発表」欄及び「14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況」欄において記入欄が不足する場合には、適宜記入欄を挿入し、それによりページ数が増加した場合は、左端を糊付けすること。

【雑誌論文】 計（2）件 うち査読付論文 計（2）件

著者名	論文標題					
Shinji Koh, Kazuhiro Ikeda, and Hitoshi Kawaguchi	Correlation between morphology and electron spin relaxation time in GaAs/AlGaAs quantum wells on misoriented GaAs(110) substrates					
雑誌名	査読の有無	巻	発行年		最初と最後の頁	
Journal of Applied Physics	有	110	2	0	1 1	043516
掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1063/1.3622586						

著者名	論文標題					
黄晋二、揖場聡、池田和浩、河口仁司	電子スピン緩和ダイナミクスの制御と半導体レーザーの円偏光レーザー発振					
雑誌名	査読の有無	巻	発行年		最初と最後の頁	
表面科学	有	32	2	0	1 1	755 - 766
掲載論文の DOI (デジタルオブジェクト識別子)						
doi:10.1380/jsssj.32.755						

【学会発表】 計（4）件 うち招待講演 計（0）件

発表者名	発表標題	
揖場 聡, 黄 晋二, 池田 和浩, 河口 仁司	(110)スピン面発光半導体レーザーの室温円偏光発振特性	
学会等名	発表年月日	発表場所
第16回 半導体スピン工学の基礎と応用 (PASPS-16)	2011年11月29日	東京工業大学

発表者名	発表標題	
横田信英、池田和浩、片山健夫、黄晋二、河口仁司	GaAs/AlGaAs MQWの電子スピン緩和時間測定法に関する検討	
学会等名	発表年月日	発表場所
第72回応用物理学会学術講演会	2011年9月1日	山形大学

発表者名	発表標題	
揖場聡、黄晋二、池田和浩、河口仁司	(110)スピン面発光半導体レーザの広帯域円偏光発振	
学会等名	発表年月日	発表場所
第72回応用物理学会学術講演会	2011年9月1日	山形大学

発表者名	発表標題	
S. Iba, S. Koh, K. Ikeda and H. Kawaguchi	Optically-pumped circularly polarized lasing in a (110) VCSEL with GaAs/AlGaAs QWs at room temperature	
学会等名	発表年月日	発表場所
Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2011)	2011年5月3日	ボルチモア (米国)

〔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 (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	出願年月日	国内・外国の別

〔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

※ 研究者又は所属研究機関が作成した研究内容又は研究成果に関するwebページがある場合は、URLを記載すること。

--