

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A study on lateral-type spin-photodiodes based on metal-insulator-semiconductor junctions
著者(和文)	ロカロネルクリスチャンインタル
Author(English)	Ronel Christian Intal Roca
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10660号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:宗片 比呂夫,筒井 一生,宮本 智之,渡辺 正裕,菅原 聡
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10660号, Conferred date:2017/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Roca Ronel Christian Intal	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	宗片 比呂夫	教授	菅原 聡	准教授
	審査員	筒井 一生	教授		
		宮本 智之	准教授		
	渡辺 正裕	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「A study on lateral-type spin-photodiodes based on metal-insulator-semiconductor junctions (和文題目: 金属-絶縁体-半導体接合を用いた横型スピ光ダイオードに関する研究)」と題し、7章から成っている。

第1章「Introduction (序論)」では、まず、光とスピンを組み合わせた新機能光素子として期待される円偏光デバイスの研究がスピントロニクス分野で立ち遅れていることを述べている。次に、その原因が、半導体に円偏光照射して生ずるスピン偏極キャリアを磁性体電極に効率的に輸送してスピン依存光電流に変換する際の定量的理解が未確立であるためと指摘している。これを背景に、本研究が輸送機構のモデル化、および、円偏光検出素子の試作に関するものであると述べて、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章「Physics of spin-photodiodes (スピン光ダイオードの物理)」では、まず、半導体に円偏光を照射して取り出される円偏光依存光電流の物理過程を概観し、電界による効率的なスピン輸送が期待できるショットキー接合の重要性とともに、 p 型半導体を円偏光受光材料に選択してスピン緩和長の比較的長い電子をスピン輸送キャリアとする有利性を指摘している。そして、少数キャリア輸送方程式を基礎として半導体中のスピン輸送に関するモデル構築を行ったと述べている。次いで、半導体中を輸送されたスピが極薄絶縁体トンネル障壁層を介して強磁性体電極に注入される過程で生じるスピン依存伝導、すなわち、半導体中のスピン方向と磁性体中のスピン方向の平行・反平行配置によって生じる伝導度の差により、照射円偏光の極性(右・左まわり)の差異を光電流差として検出できる可能性を述べ、既存の現象論的トンネル伝導方程式との相違点を論じている。

第3章「Experimental techniques (実験手法)」では、実験用試料として $Fe/x-AlOx/p-InGaAs$ 接合 ($x-AlOx$: 結晶性アルミナ) を電子ビーム蒸着法と分子線エピタキシー法とを組み合わせて作製したこと、および、円偏光依存光電流検出のための実験系を構築したことについて、具体的留意事項を指摘しながら述べている。

第4章「Simulation of spin-photodiodes (スピン光ダイオードのシミュレーション)」では、第2章で述べた少数キャリア輸送方程式と現象論的トンネル伝導方程式とを接続する手法と数値計算結果、および、その物理的妥当性について述べている。具体的には、まず、 $Fe/x-AlOx/p-GaAs$ 接合試料のへき開側面に円偏光を入射した場合に生じる光生成電子とスピンの2次元空間分布、および、円偏光依存光電流値を計算によって求めている。さらに、円偏光依存光電流の全光電流に対する比「スピン変換効率」を定義するとともに、ショットキー接合で生じる電界によってスピン偏極キャリアが効率的にトンネル障壁に輸送される様子の検証に成功している。

第5章「Investigation of a cleaved-edge spin-photodiode with oblique angle illumination (斜め光入射によるへき開型スピン光ダイオードの実験)」では、第3章で記述した試料ウェハをへき開して作製した横型素子による円偏光依存光電流の実験結果についてまとめている。へき開面に垂直に光入射した室温での実験では、スピン変換効率が0.1%程度であったが、斜め光入射してへき開面入射を避けた場合、スピン変換効率が一桁向上したことを見出している。この理由として、へき開によって結晶性トンネル障壁に電子的損傷が発生した可能性が高いと論じている。

第6章「Refracting-facet spin-photodiode (屈折面型スピン光ダイオード)」では、へき開面で生じた問題点を回避しつつ磁性体電極直下の半導体層を効率的に励起する工夫として、光リソグラフィとウェットエッチングにより側面を逆テーパ型に加工したスピン光ダイオードの作製と評価について述べている。横型スピン光ダイオードとしては、スピン変換効率がへき開型光ダイオードに比べて4倍向上したことを示す実験結果を世界に先駆けて得ることができたが、一方で、2次元シミュレーションで期待される10%以上の変換効率との隔たりは依然大きく、今後、実験ならびにシミュレーションの両面から原因を探る必要性を指摘している。

第7章「Conclusions (結論)」では、本研究で得られた結論を総括するとともに、本研究の成果に基づき、円偏光依存光電流の増大に関する幾つかの具体的な実験結果について述べている。

以上を要するに、本論文は、円偏光極性の符号を電気信号に変換する機能を有する半導体ベースの横型スピン光検出素子を室温において実験的に実証したものであり、工学上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(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。