

研究 成 果 報 告 書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB	高感度テラヘルツ波検出を可能にする半導体永久スピン旋回状態に関する研究				
研究テーマ (欧文) AZ	Studies of a persistent spin helix state in semiconductors which enables high sensitive terahertz detection				
研究氏 代 表 名 者	カタカナ CC	姓) モリタ	名) ケン	研究期間 B	2014年～ 2015年
	漢字 CB	森田	健	報告年度 YR	2016年
	ローマ字 CZ	Morita	Ken	研究機関名	千葉大学大学院工学研究科
研究代表者 CD 所属機関・職名	千葉大学大学院工学研究科・准教授				
概要 EA (600 字～800 字程度にまとめてください。) 本研究課題では、スピン軌道相互作用の強い InGaAs 量子井戸で永久スピン旋回状態を形成し、(1)電子の位置、(2)スピンの向き、(3)テラヘルツパルスの強度との関係を時間分解した顕微光学測定によって明らかにする。そして、全く新しい原理で動作するテラヘルツ検出法を確立することを目的として研究をスタートした。現時点では、テラヘルツパルスを照射時のスピンの挙動は明らかにできていないが、その中で以下三つのことを明らかにした。 ① 我々はモンテカルロシミュレーションによるスピン軌道相互作用の強い半導体中でのスピンの振る舞いについて調べ、有効質量の小さい InGaAs/InAlAs 量子井戸構造は永久スピン旋回状態を壊す要因となる Dresselhaus 三乗項の影響を低減でき、室温 PSH 状態を実現するのに適した構造であることを明らかにした^[1]。 ② 通信波長帯で動作するパルスレーザを光源とするマクロな時間分解光学系を構築し、InGaAs/InAlAs 量子井戸構造における磁場中スピンドYNAMICSを観測した。直接観測によって、この系の電子 g 因子を初めて精度高く求めることに成功した^[2]。現在論文準備中である。 ③ チェレンコフ型の高強度テラヘルツパルスの発生に成功し、幅広い励起波長で高強度のチェレンコフパルスが生成できることを明らかにした。^[3] ④ 本課題の最終目標である永久スピン旋回状態を形成するためには、スピン軌道相互作用を制御できること、空間分解光学系が構築することが求められる。半導体量子井戸構造に可視光レーザ(530nm, CW 光)を照射するだけで、電子スピンの緩和時間が大きく変化することを見出し、半導体中のスピン軌道相互作用がレーザ照射で簡単に制御できることを示した。 以上の要素技術が確立できたため、現在テラヘルツパルス照射時のスピンの時空間分布ダイナミクスについて調べる研究を行っている。 [1] R. Kurosawa, <u>K. Morita</u> et al., “Effect of cubic Dresselhaus spin-orbit interaction in a persistent spin helix state including phonon scattering in semiconductor quantum wells”, Appl. Phys. Lett. 107, 182103, (2015) [2] <u>K. Morita</u>, et al., “Time-resolved Faraday rotation measurement of electron g-factor in In_{0.53}Ga_{0.47}As/In_{0.53}Al_{0.47}As multiple quantum wells”, The 63th JSPS Spring Meeting, March 19-22, (2016) (英語講演) [3] 塩澤建人, <u>森田 健</u> 他, 第 76 回応用部物理学会秋季学術講演会, 名古屋 (2015) [3] 塩澤建人, <u>森田 健</u> 他, 第 26 回光物性研究会 III-A93 (2015)					
キーワード FA	永久スピン旋回状態	テラヘルツパルス	スピン軌道相互作用		

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください．）									
雑誌	論文標題 _{GB}	<i>Effect of cubic Dresselhaus spin-orbit interaction in a persistent spin helix state including phonon scattering in semiconductor quantum wells</i>							
	著者名 _{GA}	R. Kurosawa, <u>K. Morita</u> , <i>et al.</i>	雑誌名 _{GC}	Applied Physics Letters					
	ページ _{GF}	182103-1～182103-5	発行年 _{GE}	2	0	1	5	巻号 _{GD}	107
雑誌	論文標題 _{GB}	<i>Generation of Cherenkov terahertz pulse using a M-shaped optical system</i>							
	著者名 _{GA}	K. Shiozawa, <u>K. Morita</u> , <i>et al.</i>	雑誌名 _{GC}	Proceedings of the 26 th Symposium of Association for Condensed Matter Photophysics					
	ページ _{GF}	371 ～ 374	発行年 _{GE}	2	0	1	5	巻号 _{GD}	-----
雑誌	論文標題 _{GB}								
	著者名 _{GA}		雑誌名 _{GC}						
	ページ _{GF}	～	発行年 _{GE}					巻号 _{GD}	
図書	著者名 _{HA}								
	書名 _{HC}								
	出版者 _{HB}		発行年 _{HD}					総ページ _{HE}	
図書	著者名 _{HA}								
	書名 _{HC}								
	出版者 _{HB}		発行年 _{HD}					総ページ _{HE}	

欧文概要 _{EZ}

The main study of this project is to achieve the persistent helix (PSH) state in the narrow-gap InGaAs/InAlAs quantum wells and reveals the relation between the of externally applied terahertz pulse and spin dynamics in the quantum wells. In this project, we found the three followings which will be important for the above target of the study.

1. We studied the spin dynamics of the semiconductors which has the strong spin-orbit interaction (SOI) using the Monte Carlo simulation. It was revealed that the effect of cubic term in a Dresselhaus SOI which destroys the PSH texture at high temperature range is reduced for the semiconductors which has a small effective-mass. In the simulation we showed that InGaAs/InAlAs multiple quantum wells (MQWs) are the desired structure to observe the PSH state in the various QW structure^[1].
2. We set up the time-resolved optical system operated on the optical communication waveband and observed the spin precession in a 12 nm InGaAs/InAlAs MQWs under the external magnetic fields. Electron g-factors of our sample was precisely determined by the direct measurements of the ultrafast optical techniques.
3. We set up the THz time-domain spectroscopy system excited by the 800 nm region and observe the Cherenkov type THz pulse with a frequency of ~ 1 THz. We revealed that exciting laser wave can be tuned in our optical system and obtain the strong THz pulse radiation from the nonlinear materials.
4. In order to observe the PSH state in the semiconductor QW structure, the strength of the Rashba and Dresselhaus SOI should be balanced. Furthermore spatial and temporal behaviors of the spins after the spin injection into the QWs is important. We set up the spatial and temporal resolved optical system which enables the measurement the spatial and temporal behaviors of the electron spins in the QWs.

[1] R. Kurosawa, K. Morita *et al.*, “Effect of cubic Dresselhaus spin-orbit interaction in a persistent spin helix state including phonon scattering in semiconductor quantum wells”, Appl. Phys. Lett. **107**, 182103, (2015) .

[2] K. Morita, *et al.*, “Time-resolved Faraday rotation measurement of electron g-factor in $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}/\text{In}_{0.53}\text{Al}_{0.47}\text{As}$ multiple quantum wells”, The 63th JSPS Spring Meeting, March 19-22, (2016)