

研究成果報告書

(国立情報学研究所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	半導体微細加工による次元制御を用いた電氣的スピン制御技術の創製				
研究テーマ (欧文) AZ	Electrical spin manipulation by dimensional control of semiconductor two dimensional electron gas				
研究氏 代 表 名 者	カカナ CC	姓)コウダ	名)マコト	研究期間 B	2009~ 2010年
	漢字 CB	好田	誠	報告年度 Y	2010
	ローマ字 CZ	Kohda	Makoto	研究機関名	東北大学
研究代表者 CD 所属機関・職名	東北大学大学院工学研究科・助教 好田 誠				

概要 EA (600字~800字程度にまとめてください)

量子細線などのメソスコピック領域では、スピン軌道相互作用の大きさ自体は変化しないが、スピン軌道相互作用を起源とする DP スピン緩和が波数ベクトル方向の制限を受けることにより、ホールバーを用いて得られる場合と異なるスピン輸送特性が生じると考えられる。そこで半導体量子細線構造の微細加工プロセスを立ち上げ、細線幅及び結晶方位に依存したスピン緩和時間に関して、弱反局在解析を用いて評価した。

電子ビーム描画及びフォトリソグラフィを用いて細線幅が  $W = 766, 861, 1026, 1263$  nm の異なる4つの構造を作製した。 $T = 0.3$  Kにおける磁気伝導特性から量子細線におけるスピン緩和長のゲート電圧依存性を評価した。ゲート電圧の増大にともない弱局在—弱反局在—弱局在変化が見られ、量子細線構造におけるスピン軌道相互作用制御が実現されているが明らかとなった。ゲート電圧増大に伴い、キャリア濃度は増大し、一方でスピン軌道相互作用は弱められる。よって、スピン緩和長はキャリア濃度増大に伴い長くなると考えられる。全ての細線構造においてスピン緩和長はキャリア濃度増大に伴い長くなる傾向を示した。細線幅が細くなるにつれ及びキャリア濃度の増大に伴い量子細線における  $l_{so}$  は、2次元電子ガスの  $L_{so}$  よりも大きな値を示すことから1次元閉じ込め効果によるスピン緩和長の増大が観測された。D'yakonov-Perel' スピン緩和機構が抑制されスピン緩和長が増大することを明らかにし、スピン FET に適したチャネル構造であることを示した。

スピン緩和長の増大が確認できた後に、細線方向を [100]、[110]、[-110] の3方向にした細線構造において、スピン緩和時間の結晶方位依存性を評価した。スピン軌道相互作用は結晶方位に依存することから、スピン緩和時間の結晶方位依存性が観測されることを期待した。その結果、スピン軌道相互作用の弱い [1-10] 方向では弱局在が観測されたのに対し、スピン軌道相互作用の強い [100] 及び [110] 方向では弱局在となったことから、スピン緩和の結晶方位依存性が顕著に現れた。この結果から、スピン機能デバイスを実現するには [1-10] 方向がよりスピン情報を保持できる結晶方位であることが分かった。

キーワード FA	量子細線構造	スピン軌道相互作用	スピン緩和時間	ゲート制御
----------	--------	-----------	---------	-------

(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下さい）									
雑誌	論文標題 GB	Electrical spin manipulation with Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> gate insulator in InGaAs based mesoscopic ring arrays							
	著者名GA	J. Takagi, <u>M. Kohda</u> , and J. Nitta	雑誌名GC	Physics Procedia					
	ページGF	1317~1320	発行年GE	2	0	1	0	巻号GD	3
雑誌	論文標題 GB	Anisotropic spin splitting in InGaAs wire structures							
	著者名GA	Y. Kunihashi, <u>M. Kohda</u> , and J. Nitta	雑誌名GC	Physics Procedia					
	ページGF	1255~1258	発行年GE	2	0	1	0	巻号GD	3
雑誌	論文標題 GB	Enhancement of Spin Lifetime in Gate-Fitted InGaAs Narrow Wires							
	著者名GA	Y. Kunihashi, <u>M. Kohda</u> , and J. Nitta	雑誌名GC	Physical Review Letters					
	ページGF	226601-1~ 226601-3	発行年GE	2	0	0	9	巻号GD	102
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

Semiconductor spintronics where both spin and charge degree of freedom utilize in semiconductors is attracting much attention in recent years. Key technologies for realizing the functional devices based on spins in semiconductors are the electrical spin injection into two dimensional electron gas (2DEG), the gate control of the spin precession, and the spin detection with ferromagnetic electrodes. For integrating the individual technologies in one device for the future spintronics devices, it is of great important for evaluating the spin relaxation time in mesoscopic structure in semiconductor 2DEG. Thus, we have investigated the spin relaxation time and its anisotropy in InGaAs narrow wire structures, in which the top gate electrode is acting as the modulation of Rashba spin orbit interaction. We fabricated four different wire width structures,  $W=766, 861, 1026, 1263$  nm, and measured the weak antilocalization at  $T=0.3K$ . With increasing the gate bias voltage we observed the transition from weak localization to weak antilocalization and again, to weak localization. This behavior indicates the electrical control of spin orbit interaction in InGaAs wire structures. Aslo, with decreasing the wire width, spin relaxation time derived from the weak antilocalization increases. This is due to the dimensional confinement of electron motion. As a result, we confirmed that narrow wire structure is better characteristic for the spintronics devices. We also measured crystal direction dependence of the spin relaxation time by fabricating the [110], [100], and [1-10] oriented wire structures. Since [1-10] wires show the weak localization whereas the other crystal direction structures show the weak antilocalization, it indicates the spin relaxation time is longest along [1-10], which is useful information for the future spintronics devices.