

# 国際科学技術共同研究推進事業 (戦略的国際共同研究プログラム)

研究領域「ナノエレクトロニクス」

研究課題名「トポロジカルエレクトロニクス」

平成 23 年度実施報告書

代表者氏名 樽茶清悟

所属・役職 東京大学大学院工学系研究科・教授

## 1. 研究実施の概要

### 樽茶グループ

スピン軌道相互作用の電氣的制御による電子スピン操作に向けて研究を進めている。昨年度、スピン軌道相互作用の電氣的制御に成功したこと踏まえ、今年度は、スピン軌道相互作用とも関連する  $g$  因子に着目し、InAs 自己形成ドットでの3次元的な異方性の解明と、その電氣的制御を達成した。この結果を元に、 $g$  テンソル変調スピン共鳴の実現可能性も明らかにした。今後はこの機構によるスピンの高速コヒーレント操作の実現も検討する。

非局所エンタングラーは、量子もつれ電子対を空間的に分離することによって電子対の独立な量子操作を可能にする概念であり、量子もつれの操作により、固体系量子情報処理技術にブレークスルーをもたらすことがねらいである。これに関しては、二つの InAs 量子ドットに超伝導体を取り付けた構造における超伝導電流の解析、清浄なグラフェンに超伝導体を取り付ける技術の開発、表面弾性波を用いたエンタングラーの動作確認を進めた。

トポロジカル絶縁体については、超伝導伝導とマヨラナフェルミオンの検出を目指している。今年度はスピン軌道相互作用が強い InSb ナノワイヤーを新たに加え、超伝導体 Nb との接合の作製法を確立し、低温での超伝導輸送現象の測定を開始した。

### 永長グループ

スピン軌道相互作用とトポロジーの役割を電子系において探究し、その機能を理論的に明らかにするのがねらいであり、具体的には、(i)スピン軌道相互作用の存在下でも保存する一般化したスピンを見出し、スピンエコーという新しい現象を予言した。(ii)トポロジカル絶縁体とトポロジカル超伝導体の理論設計学を発展させ、Rashba 相互作用を含む界面電子系に適用して、数種の新奇電子系を予言した。(iii)また、超伝導輸送特性の研究を行い、マヨラナフェルミオンが物性に果たす役割を明らかにした。今後は、量子もつれを含む情報操作へと研究を発展させる。

### 新田グループ

永久スピン旋回とベリー位相(スピン幾何学的位相)の電場制御の実現を目指して研究を行っている。スピン緩和の抑制された永久スピン旋回状態を実現するには、Rashba スピン軌道相互作用 $\alpha$ と Dresselhaus スピン軌道相互作用 $\beta$ を等しくする必要がある。量子井戸の膜厚が 4 nm と最も小さく Dresselhaus スピン軌道相互作用の強さ $\beta$ が最大になる量子井戸において、ゲート電圧により $\alpha$ を制御すると、あるゲート電圧領域でスピン緩和長が発散的な振る舞いを示すことを見出した。同一の試料を Ganichev グループがフォトガルバニック効果、スピンガルバニック効果を光学測定した結果、室温で $\alpha$ と $\beta$ の比が1に近いことを確認した。また、レーゲンズブルグ大学と共同で提案した InGaAs 細線の面内磁場の角度依存性から Rashba スピン軌道相互作用 $\alpha$ と Dresselhaus スピン軌道相互作用 $\beta$ の比を求めることが可能であることを実験的に確認した。今後は、ゲート電場によって制御された永久スピン旋回状態の実現を面内磁場依存性、光学実験と組み合わせて確認する。

これまでスピン干渉デバイスを用いてゲート電場によりスピンの動的位相(歳差回転角度)が制御可能であること、実験的に確認してきた。一方、スピン軌道相互作用に起因した有効磁場の方向がブロッホ球上に作る立体角(スピン幾何学位相)の観測は困難であった。今回スピン干渉デバイスのリング径を変えることにより電子スピンが感じる面直成分の磁場を変化させ、スピン幾何学位相を系統的に変調さ

せた実験を行った。リング径を大きくするに従い、スピン干渉の周期は短くなるとともに、スピン軌道相互作用の小さい領域にシフトする様子が観測された。この結果を詳細に理論と比較することによりスピンの幾何学的位相を検出することに成功した。今後は、スピン幾何学的位相の磁場や電場による制御方法の確立を図る。

#### 大野グループ

平成 23 年度は、東日本大震災の影響により高品質半導体成膜装置である分子線エピタキシ装置が破損し、その整備が中心となった。また、InAs/GaSb 多層膜成膜については、その担当者の都合により、進展はなかった。一方、歪と核四重極相互作用およびコヒーレンス時間との関連および量子細線におけるスピン緩和の異方性についての研究が進捗し学会・論文発表を行った。平成 24 年度は当初計画どおり研究を推進する。

## 2. 研究実施体制

### (1) 「樽茶」グループ

研究者名(当該研究実施年度の所属、役職)

	氏名	所属	役職	参加時期
	樽茶 清悟	東京大学大学院工学系研究科	教授	H22.2 ~
	大岩 顕	東京大学大学院工学系研究科	講師	H22.2 ~
	山本 倫久	東京大学大学院工学系研究科	助教	H22.2 ~
	高橋 駿	東京大学大学院工学系研究科	大学院生 D3	H22.2 ~
	塩谷 広樹	東京大学大学院工学系研究科	大学院生 D2	H22.2 ~
	金井 康	東京大学大学院工学系研究科	大学院生 D2	H22.2 ~
	高田 真太郎	東京大学大学院工学系研究科	大学院生 D1	H22.2 ~
	徳光 晋太郎	東京大学大学院工学系研究科	大学院生 M2	H23.4 ~ H24.3
	渡辺 健太	東京大学大学院工学系研究科	大学院生 M1	H23.4 ~
	島崎 佑也	東京大学大学院工学系研究科	大学院生 M1	H23.4 ~

#### 研究項目

- ・電子スピンのコヒーレント操作と非局所エンタングルメント制御
- ・スピン軌道相互作用を利用した量子ドット電子スピンのコヒーレント制御
- ・非局所エンタングラー

### (2) 「永長」グループ

研究者名(当該研究実施年度の所属、役職)

	氏名	所属	役職	参加時期
	永長 直人	東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻	教授	H22.2 ~
	田仲 由喜夫	名古屋大学大学院理学系研究科物理学専攻	准教授	H22.2 ~
	望月 維人	東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻	講師	H22.2 ~
	野村 健太郎	理化学研究所	研究員	H23.4 ~ H24.3
	下出 敦夫	東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻	大学院生 D3	H22.2 ~ H24.3
	中河西 翔	東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻	大学院生 M2	H23.4 ~
	古田 昴	東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻	大学院生 M2	H22.2 ~ H23.3

研究項目

- ・スピン軌道相互作用と量子輸送現象の理論
- ・トポロジカル絶縁体を用いたスピントロニクス理論
- ・電子状態計算ための環境の立ち上げ
- ・マヨラナフェルミオンの相互作用効果の検討項目の整理

(3)「新田」グループ(研究機関別)

研究者名(当該研究実施年度の所属、役職)

	氏名	所属	役職	参加時期
	新田 淳作	東北大学大学院工学研究科知能デバイス材料学専攻	教授	H22.2 ~
	好田 誠	東北大学大学院工学研究科知能デバイス材料学専攻	准教授	H22.2 ~
	国橋 要司	東北大学大学院工学研究科知能デバイス材料学専攻	博士課程 3年	H22.2 ~ H24.3
	塩貝 純一	東北大学大学院工学研究科知能デバイス材料学専攻	博士課程 1年	H22.2 ~
	大杉 廉人	東北大学大学院工学研究科知能デバイス材料学専攻	修士課程 1年	H23.1 ~
	長澤 郁弥	東北大学大学院工学研究科知能デバイス材料学専攻	修士課程 1年	H23.1 ~
	野中 駿	東北大学大学院工学研究科知能デバイス材料学専攻	修士課程 1年	H23.1 ~

研究項目

- ・永久スピン旋回とベリー位相の電場制御

(4)「大野」グループ(研究機関別)

研究参加者

	氏名	所属	役職	参加時期
	大野 裕三	東北大学電気通信研究所	准教授	H22.2 ~
	大谷 啓太	東北大学電気通信研究所	助教	H22.2 ~ H22.3
	松坂 俊一郎	東北大学電気通信研究所	博士研究員	H22.2 ~ H23.3
	Ghali Mohsen	東北大学電気通信研究所	博士研究員	H22.2 ~ H24.3
	小野 真証	東北大学電気通信研究所	大学院生 D3	H22.2 ~ H23.9
	Enobio Eli Christopher	東北大学電気通信研究所	大学院生 D2	H22.2 ~ H24.3
	小林 裕臣	東北大学電気通信研究所	大学院生 M2	H22.2 ~ H23.3
	佐藤 源輝	東北大学電気通信研究所	大学院生 M2	H22.2 ~ H23.3
	石原 淳	東北大学電気通信研究所	大学院生 M2	H22.2 ~
	佐藤 啓貴	東北大学電気通信研究所	大学院生 M2	H22.2 ~ H24.3
	金子 雄基	東北大学電気通信研究所	大学院生 M1	H23.4 ~

研究項目

- ・高品質 GaAs/AlGaAs および InAs/GaSb/AlSb 量子構造の成膜・供給
- ・顕微カー回転・分光システムによる高移動度 2次元電子系のスピンドYNAMIKSの観測
- ・半導体量子構造における歪とスピン軌道相互作用および核スピンコヒーレンスとの相関の解明

### 3. 研究実施内容

#### 樽茶グループ

##### (1) スピン軌道相互作用を利用した量子ドット電子スピンのコヒーレント制御

InAs 量子ドットにおけるスピン軌道相互作用の異方性の解明

InAs 量子ドットにおける電子スピンコヒーレント操作の実現と高速性の実証

昨年、InAs 量子ドットにおけるスピン軌道相互作用の電氣的制御を達成した[3]。これをさらに応用するべく、とを目標に挙げたが、量子ドットの電子状態の精密制御と、適当なトンネル結合を持つ InAs 二重量子ドットが不可欠で、当初は東大平川研と共同して位置制御成長を利用する計画であったが、この成長が予定よりも進展しなかったため、全体の研究の効率を考え、他の研究項目を優先して行った。現在は位置制御成長の目処が立っており、今後継続して行う。

InAs 量子ドットにおける  $g$  テンソル変調の提案と実証

InAs 自己形成量子ドットにおける  $g$  因子の異方性を調べ、 $g$  テンソル変調による電子スピン操作を実現することが目標である。本年度はベクターマグネットにより 3 次元的に磁場を印加し、量子ドットとしては初めて  $g$  因子の 3 次元的な異方性を測定した。複数の試料の測定結果から、 $g$  因子の異方性には、閉じ込めポテンシャルの形状と関与する軌道の種類が大きく影響していることがわかった。さらにこの  $g$  因子の大きさと異方性はサイドゲート電圧により、電氣的に制御することができ、磁場下でのスピン方向を変調できることを実証した。この実験結果を元に、 $g$  テンソル変調電子スピン共鳴によるラビ周波数を算出すると、GaAs 系スピン量子ビットで現在実現されている値と同等な 2 MHz という値が得られ、InAs 自己形成ドットを用いた  $g$  テンソル変調スピン共鳴が量子情報におけるスピン量子ビットの新しい機構として有効であることを示した[4, Takahashi in preparation]。

##### (2) 非局所エンタングラー

InAs 量子ドットを用いたエンタングラーの作製

スピン一重項状態である超伝導体中のクーパ対を、量子ドットを使って 2 つの電子に分離し、その電子スピンの間の非局所もつれを実証することが目標である。そこで並列二重 InAs 量子ドットを含むジョセフソン接合試料を作製し、その超伝導電流の測定から、この非局所もつれを保って分離した 2 つの電子のトンネルによる超伝導電流への寄与の抽出を試みた。2 つの量子ドットのゲート電圧をそれぞれ変えながら超伝導電流を測定した。そこからクーパ対の 2 電子が同じドットを流れる成分を算出し、全超伝導電流からこの成分を差し引くところ、特に両方のドットが共鳴状態にある領域で、有限に残る超伝導電流成分が認められた。これは目標とした非局所もつれを保ったクーパ対の分離を観測している可能性が高いと考えている。2 つのドットの結合が強いと認められる試料の測定も行い、現在データを解析中である。

グラフェンと超伝導電極との接合の最適化とエンタングラーの作製

グラフェンをアルミニウムの微小ギャップに挟んだ構造において超伝導電流を観測したが、バリスティック性は確認できなかった。そこで、h-BN 上にグラフェンを転送することによって清浄なグラフェンを用意し、これに高い超伝導転移温度を有する Nb 電極を取り付けることを試みた。現状では、グラフェンを  $1\ \mu\text{m}$  の精度で h-BN に転送することに成功しているが、グラフェンの清浄さを保ったまま Nb 電極を取り付けることは難航している。Nb 電極を取り付けた後に試料を加熱してクリーニングするとグラフェン・超伝導電極の界面が破壊されてしまうことが

ら、レジストを使わないステンシル法によって電極を形成することなどを試みたが、グラフェンの清浄さを保ててなかった。これに関しては、現在も技術開発を続けている。

### 表面弾性波によるエンタングラーの作製と評価

離れた量子ドットを一次元細線で結び、表面弾性波を利用して量子ドット間で単一電子を移送する技術を開発した。これを利用して、以下の手順でエンタングラーの動作確認を行った。

図1に示す試料構造において、まず一次元細線を空乏化し、左側の量子ドットに電子を2個入れ、右側の量子ドットを空にした。このとき、左側の量子ドットに入った2個の電子は、量子もつれ状態であるスピン一重項状態となる。次に、量子ドットと二次元電極との接合を制御するゲート電圧  $V_b$  及び  $V_b'$  に大きな負電圧を印加することによって、量子もつれ状態にある2電子を周囲から完全に孤立させた。左側の量子ドットと一次元細線との結合をゲート電圧  $V_c$  によって制御した上で、表面弾性波の発生器である IDT (インターデジタルトランスデューサー) に共鳴 RF 電圧をパルス状に印加することにより、左側の量子ドット中の2電子のうち1電子だけを右側の量子ドットへと移送することに成功した。これは、量子もつれした2電子の空間的な分離、すなわち非局所エンタングラーとしての動作そのものに相当する。量子ドット近傍に取り付けられた電荷検出計 (量子ポイントコンタクトの電流値) を用いて評価したところ、2電子の分離効率は約 90% に達した。

また、ゲート電圧  $V_c$  によって、左側の量子ドットと一次元細線との結合を短時間 (1 ナノ秒) だけ強くすると、これを電子移送のトリガーとして用いることができる。トリガーの精度と SAW の伝播時間を合わせても、電子移送は 2 ナノ秒以内に完了する。この時間スケールは電子スピンの緩和時間に比べてはるかに短いため、分離後の 2 電子も量子もつれ状態を保っていると考えられる。

以上の実験結果から、非局所エンタングラーとしての動作確認は、予定より早く、ほぼ完了したと考えられる。現在は、この結果をより確かにするために、移送後の電子スピンのコヒーレンスを確認する実験へと移っている。

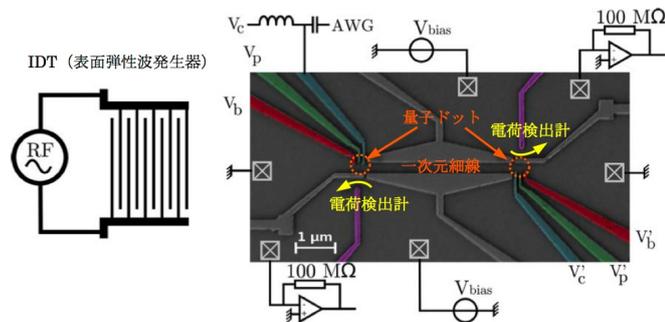


図1 本研究で用いた素子の構造。半導体表面にゲート電極を配することにより、2つの量子ドットとそれらを結ぶ一次元チャンネルが形成されている。また、試料の中心から 2 mm 離れた場所に IDT を置き、表面弾性波を送ることができるようにした。電荷検出計によって、量子ドット中に閉じ込めた電子の数を数えることができる。

### (3) トポロジカル絶縁体におけるマヨラナフェルミオンの観測

トポロジカル絶縁体  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  に加え、新たに  $\text{InSb}$  ナノワイヤーも研究対象に加え、主にマヨラナフェルミオンの観測を目指して、超伝導近接効果や超伝導電流の研究を行ってきた。本年度は、レジストを使わないステンシル法の開発を進め、比較的高い超伝導転移温度 (7 K) を持つ高品質 Nb 微小電極が作製できるようになった。この方法などを用いて試料作製も進め、 $\text{InSb}$  ナノワイヤー/Nb 超伝導接合試料で、アンドレーエフ反射など超伝導接合特有の現象が観測されつつある。Nb の蒸着については、Molenkamp グループとも議論し、情報を共有しながら進めている。

## 永長グループ

### スピン軌道相互作用と量子輸送現象の理論

スピン軌道相互作用による非散逸性トポジカルカレントの理論的研究を継続した。

- (1) スピン軌道相互作用を非可換ゲージ場として記述することで、非可換幾何学を用いた量子場の理論の形式に当てはめることに成功した。これにより、twisted spin というスピン軌道相互作用の存在下でも保存する物理量を見出し、これが実際に時間変化しないことを数値的に確認した。
- (2) (1)の研究をさらに進めて、断熱的にスピン軌道相互作用をスイッチオフすることで現れる「スピン軌道エコー」という現象を予言した。Rashba 相互作用、及び Dresselhaus 相互作用の両者が存在する場合に拡張した模型についても、このスピン軌道エコーの存在を数値的に確認した。
- (3) スピンの非自明な構造としてらせん磁性体におけるスキルミオンに着目し、その伝導電子とスピンのダイナミクスを理論的に定式化し、スキルミオン結晶のフォノンの理論、トポジカルホール効果などの電流誘起現象の理論を構築した。この予言はドイツのグループによって部分的に検証された。

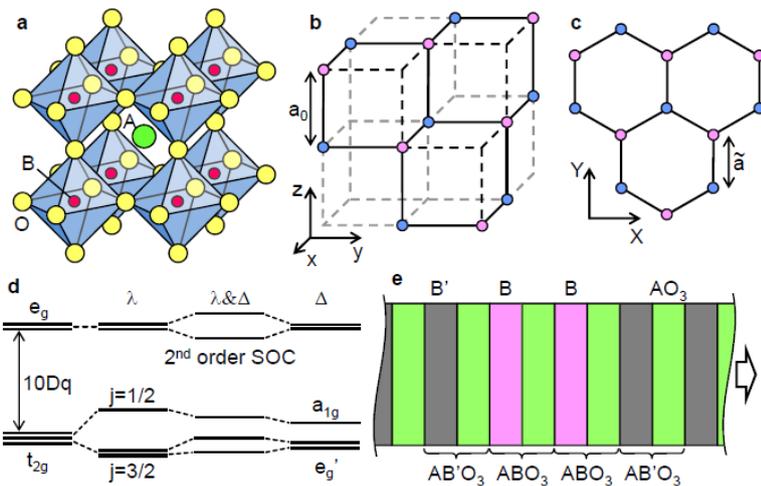


図1: ペロブスカイト酸化物の超構造。(111)方向の2層系を作ると、蜂の巣格子構造が現れ、結晶場分裂とスピン軌道相互作用を考慮すると、トポジカル絶縁体可以实现できる。

### トポジカル絶縁体を用いたスピントロニクス理論

- (1) 遷移金属酸化物超構造を用いたトポジカル絶縁体を理論的に設計し、(111)方向の2層系が最も有望な候補であることを見出した。(図1)スピン軌道相互作用が、結晶場の影響で  $e_g$  及び  $t_{2g}$  の両方に働くことになり、その結果、多くの遷移金属元素 (Au, Ag, Ir, など) に対してトポジカル絶縁体を実現することを第一原理計算を援用して示した。
- (2) トポジカル絶縁体表面に磁性不純物をドーピングした系における局在効果を、スケーリング理論を用いて解析し、トポジカル電気磁気効果が純粋な系に比べてはるかに容易に広い範囲で起きることを示した。
- (3) トポジカル絶縁体と強磁性体の接合系における電荷ポンプの理論を Keldysh 形式を用いて発展させ、表面のディラック粒子が、増強した電荷ポンプを引き起こすことを見出した。

### 超伝導スピントロニクスと非局所性の研究

Rashba スピン軌道相互作用を用いたトポジカル超伝導体の設計学を発展させ、特に界面を用いた2次元系でカイラル、及びヘリカルなトポジカル超伝導体が見れることを示した。また、トポジカル超伝導体の試料端に

現れるマヨラナエッジチャンネルが関与した物理現象であるアンドレーエフ反射によるコンダクタンスの振る舞いを調べ、異なる2種類のトポロジカル量子臨界現象があることを見出した。(図2)

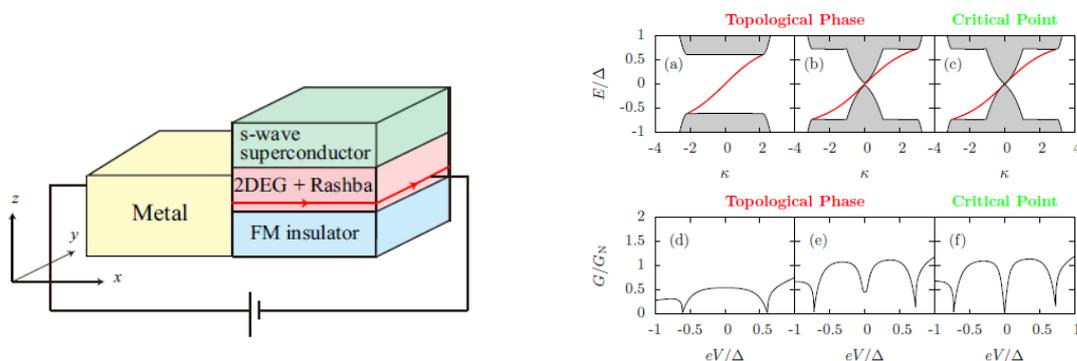


図2: 界面において実現する Rashba 2次元電子系を、超伝導体と強磁性体で挟むと、カイラルトポロジカル超伝導体が見れる(左図)。金属接合におけるアンドレーエフ反射に伴うコンダクタンスの変化。マヨラナエッジチャンネルがコンダクタンスの振る舞いを支配している。(右図)

### 新田グループ

永久スピン旋回とベリー位相(スピン幾何学的位相)の電場制御の実現を目指して研究を行った。レーゲンスブルグ大学と共同で提案した InGaAs 細線の面内磁場の角度依存性から Rashba スピン軌道相互作用 $\alpha$ と Dresselhaus スピン軌道相互作用 $\beta$ の比を求めることが可能であることを実験的に確認した。また、スピン干渉効果のリング径依存性からスピンの幾何学的位相を電気的に検出することに成功した。

#### (1) Dresselhaus スピン軌道相互作用 $\beta$ の実験的な評価と提案する手法の有効性確認

スピン緩和の抑制された永久スピン旋回状態を実現するには、Rashba スピン軌道相互作用 $\alpha$ と Dresselhaus スピン軌道相互作用 $\beta$ を等しくする必要がある。Dresselhaus スピン軌道相互作用の強さ $\beta$ は、物質固有のパラメータであるがこれまでの実験では大きなばらつきがあり、 $\beta$ を正確に決めることが求められる。まず $\beta$ を正確に評価するため量子井戸の膜厚を系統的に変化させた試料を用いて、低温で弱反局在効果の測定からスピン緩和長を評価した。量子井戸の膜厚が 4 nm と最も小さく Dresselhaus スピン軌道相互作用の強さ $\beta$ が最大になる量子井戸において、ゲート電圧により $\alpha$ を制御すると、あるゲート電圧領域でスピン緩和長が発散的な振る舞いを示すことを見出した。同一の試料を Ganichev グループがフォトガルバニック効果、スピンガルバニック効果を光学測定した結果、室温で $\alpha$ と $\beta$ の比が 1 に近いことを確認した。このことから、観測したスピン緩和長の発散的な挙動は、ゲート電場によって制御された永久スピン旋回状態の実現を示唆する。今後は、ゲート電場によって制御された永久スピン旋回状態の実現を面内磁場依存性、光学実験と組み合わせ確認する。

これまでレーゲンスブルグ大学と共同で提案した $\alpha/\beta$ の比をパラメタフィットすることなく求める測定方法は、準一次元細線構造において Rashba スピン軌道相互作用と Dresselhaus スピン軌道相互作用が作る有効磁場と外部磁場が平行になる面内磁場の角度が重要となる。InGaAs 量子井戸を用いて[100], [110], [1-10]方向に細線構造を作製し、局在効果の面内磁場方向依存性を測定した結果、明瞭な異方性を観測することに成功した。また、ゲート電圧を印加し Rashba スピン軌道相互作用を変化されると[100]方向の細線は局在効果が最大となる面内磁場方向が変化するのに対して、[110], [1-10]方向の細線ではそれぞれ 135 度、45 度と変化せず、予想された異方性が観測された。この結果は、提案した手法により $\alpha/\beta$

の比をパラメタフィットすることなく求めることが可能であることを示している。

## (2) 面内磁場を用いたベリー位相制御の評価とスピンホール効果の電氣的測定

これまでスピン干渉デバイスを用いてゲート電場によりスピンの動的位相（歳差回転角度）が制御可能であること、実験的に確認してきた。一方、スピン軌道相互作用に起因した有効磁場の方向がブロッホ球上に作る立体角（スピン幾何学位相）の観測は困難であった。今回スピン干渉デバイスのリング径を変えることにより電子スピンの感じる面直成分の磁場を変化させ、スピン幾何学位相を系統的に変調させた実験を行った。リング径を大きくするに従い、スピン干渉の周期は短くなるとともに、スピン軌道相互作用の小さい領域にシフトする様子が観測された。この結果を詳細に理論と比較することによりスピンの幾何学的位相を検出することに成功した。

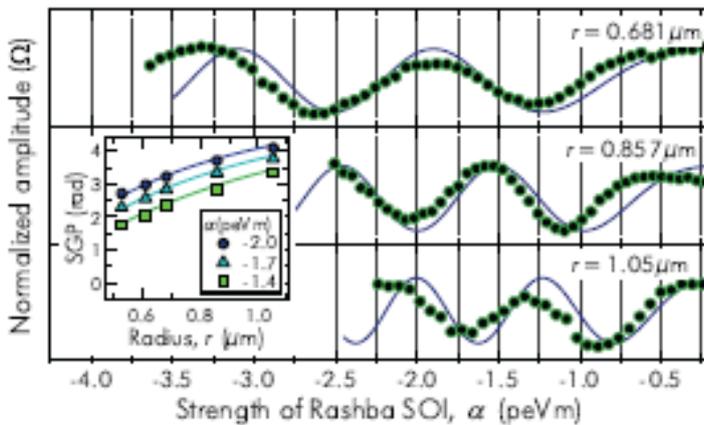


図1．異なるリング径におけるスピン干渉効果。挿入図は一定の Rashba スピン軌道相互作用 におけるスピン幾何学位相(SGP)のリング径依存性。実線は計算結果を示す。

GaMnAs/GaAs 構造を用いたスピンエサキダイオードにより GaAs への電子スピン注入しスピンホール効果の電氣的な測定を行った結果、理論から予測されるより大きなスピンホール信号が得られた。この結果は、非局所測定であるにもかかわらず、電位勾配により電荷流がホール端子に到達している可能性がある。今後はより詳細な電位分布の計算をする必要がある。一方、GaMnAs からのスピン注入により Ga, As の核スピンの偏極することを NMR 測定により確認した。

## 大野グループ

1. 高品質 GaAs/AlGaAs および InAs/GaSb/AlSb 量子構造の成膜・供給と THz 光電流測定
2. 顕微カー回転・分光システムによる高移動度 1 次元・2 次元電子系のスピンドイナミクスの観測
3. 半導体量子構造における歪とスピン軌道相互作用および核スピンコヒーレンスとの相関の解明
4. スピン流と動的核スピン分極の顕微分光法による検出を研究のマイルストーンとして遂行してきた。

1. については、平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災の影響により、高品質半導体成膜装置である分子線エピタキシャル装置が破損したため、平成 23 年度はその再整備に多くの時間を費やすこととなった。また、InAs/GaSb/AlSb 多層膜成膜については、担当者の都合により進展はなかった。したがって、研究にはそれまで結晶成長してあった GaAs/AlGaAs ヘテロ構造を中心に研究を遂行した。

2. については、GaAs/AlGaAs 変調ドープ量子細線のスピン緩和時間の異方性とその磁場依存性を調べた。また、GaAs/AlGaAs 単一量子井戸における島状量子ドットに縦電界を加えることにより、もつれ合った光子対の発光に成功した。

(1) GaAs/AlGaAs 変調ドープ量子細線のスピン緩和時間の異方性：スピン軌道相互作用(SOI)に起因する異方的な有効磁場は D'yakonov-Perel'(DP)機構といった電子スピン緩和の主な原因となる。しかし Dresselhaus と Rashba のスピン軌道相互作用の強さが等しい系においては、有効磁場が散乱によらず同方向であり、偏極したスピンの持続的に回転し伝搬する Persistent spin helix (PSH)状態が実現される。この PSH 状態においてはスピン軌道相互作用の大きな異方性が現れ、それにより特定の細線方向において顕著なスピン緩和の抑制が見られる。細線加工した GaAs/AlGaAs 量子井戸において細線方向により電子スピン緩和時間が 10 倍延長され、その電子スピン緩和時間の磁場依存性を測定した。

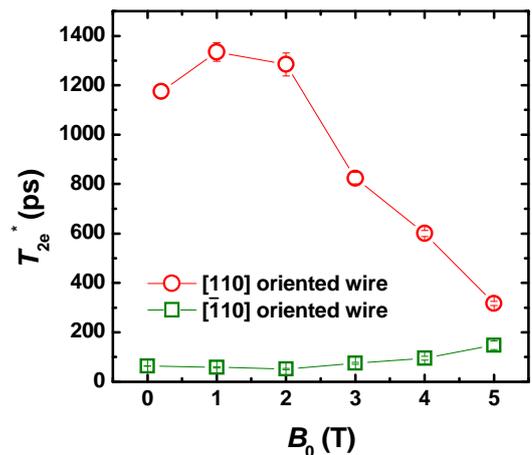


Fig.1 Magnetic field dependence of electron spin relaxation time from [110] and  $[\bar{1}10]$  oriented wires.

試料は分子線エピタキシー法を用いて(001)面上に成長した 20 nm 井戸幅の GaAs/AlGaAs 単一量子井戸であり、電子ビーム描画及びウェットエッチングにより 1  $\mu\text{m}$  の細線構造を [100], [110], [010],  $[\bar{1}10]$  の 4 方向に対して作製した。

電子スピンドायナミクスの検出は時間分解カー回転測定を用いて温度  $T = 5.0$  K で行った。Fig.1 に [110],  $[\bar{1}10]$  方向の細線における電子スピン緩和時間  $T_{2e}^*$  の磁場依存性を示す。[110] 方向の細線における長い電子スピン緩和時間は高磁場になるに従って、 $[\bar{1}10]$  方向の細線における電子スピン緩和時間に近づき、低磁場で見られるような大きな異方性が観測できなくなることがわかった。これは高磁場ではスピン歳差運動長が短くなり、細線による閉じ込め効果が小さくなったためであると考えられる。

(2) 半導体量子ドットは、偏光もつれ光子を効率よく生成できる可能性がある光源である。励起子分子-励起子カスケード発光を用いる偏光もつれ光子の生成に不可欠な主たる条件は、励起子微細構造分裂を制御することである。これを制御するのに、磁場を用いず縦電場によって、単一の GaAs 量子ドットからの偏光もつれ光子の生成を実証した。自己組織化 In(Ga)As 量子ドットを中心とするこれまでの研究とは異なり、厚さのゆらぎによって形成される GaAs 島状量子ドットを用いた。これにより、振動子強度がより大きく、より短い波長の光を放射することができる。ショットキーダイオード構造を形成し、順方向バイアス電圧をかけたところ、電場に対する偏光面の回転と微細構造分裂の消失を確認した。このときの偏光もつれ光子の忠実度は  $0.72 \pm 0.05$  という高い値であった。

3. については、局所的な核スピン操作手法の開拓を目指して、核スピンの電氣的な操作手法の提案、実証を行った。近年提案された電氣的・光学的な核スピン検出手法は従来の NMR 装置に比べて局所的な核スピン検出が可能であることが示されている。しかし、電流誘起の振動磁場をスピン操作に用いているため、検出領域に比べて操作領域が大きかった。ここでは、四重極相互作用を介した電氣的な核スピンのコヒーレント操作を実証した。

電界による核スピン操作を実演するため、表面に半透明ショットキーゲートを形成した試料を用意し、ゲート電圧として直流電圧に加えて、交流電圧を印加できるようにした。ここでは、効率良く核スピン分極が起きる  $\sim 5$  V をオフセット電圧とし、そこに微小な振動電圧を重ねて印加した。得られたスペクトルは振動磁場によるものと比較すると明らかにその形状が異なり、サイドピークが大きくなっている。これは、電界起因の共鳴であることを示している。

ラビ振動の観測を行うため、次に低周波ピークの共鳴条件に合わせて、パルス電界による実験を行った。その結果、核スピンのコヒーレントに振動している様子が観測された。フィッティングすることにより、ラビ振動緩和時間も見積もることができ、150  $\mu\text{s}$  という値が得られた。本測定において、はじめて電界による核スピンのコヒーレント操作を実証した。この手法は、振動磁場を用いることなく電氣的

に共鳴を起こすことができるため、局所的な核スピン操作等に応用されることが期待される。その一方で、今回得られたラビ振動緩和時間は短く、内部電界等の不均一を抑えた構造を作製したり、電極面積を小さくしたりする必要がある。

4.については、震災の影響により研究が遅れているが、平成 24 年度には設備群を整備・復旧し、研究を推進する予定である。

## 4. 成果発表等

### (4-1) 原著論文発表

発表総数(国内 1 件、国際 29 件)

論文詳細情報

- [1] M. Yamamoto, S. Takada, C. Bäuerle, K. Watanabe, A.D.Wieck, and S. Tarucha, "Electrical control of a solid-state flying qubit", *Nature Nano.* **7**, 247 (2012).
- [2] H. Shioya, M. Yamamoto, S. Russo, M.F. Craciun, and S. Tarucha, "Gate tunable non-linear currents in bilayer graphene diodes", *Appl. Phys. Lett.* **100**, 033113 (2012).
- [3] \*Y. Kanai, R. S. Deacon, S.Takahashi, A. Oiwa, K. Yoshida, K. Shibata, K. Hirakawa, Y. Tokura, and S. Tarucha, "Electrically tuned spin-orbit interaction in an InAs self-assembled quantum dot", *Nature Nano.* **6**, 511 (2011).  
量子ドットにおけるスピン軌道相互作用の電氣的な制御は、効率的な単一電子スピン操作やスピン緩和の抑制を可能にするなど、量子ビットの開発に欠くことのできない技術である。本論文では、量子ドットでは初めて、電子数を変えずにスピン軌道相互作用の大きさを電氣的に制御することに成功したことを報告した。
- [4] R.S. Deacon, Y. Kanai, S. Takahashi, A. Oiwa, K. Yoshida, K. Shibata, K. Hirakawa, Y. Tokura, and S. Tarucha, "Electrically tuned g tensor in an InAs self-assembled quantum dot" *Phys. Rev. B* **84**, 041302 (2011).
- [5] S. H. Jhang, M. F. Craciun, S. Schmidmeier, S. Tokumitsu, S. Russo, M. Yamamoto, Y. Skourski, J. Wosnitza, S. Tarucha, J. Eroms and C. Strunk, "Stacking-order dependent transport properties of trilayer graphene", *Phys. Rev. B* **84**, 161408 (RC) (2011).
- [6] S. Hermelin, S. Takada, M. Yamamoto, S. Tarucha, A. D. Wieck, L. Saminadayar, C. Bäuerle, and T. Meunier, "Electrons surfing on a sound wave as a platform for quantum optics with flying electrons", *Nature* **477**, 435 (2011).
- [7] M. Yamamoto, H. Takagi, M. Stopa, and S. Tarucha, "Hydrodynamic rectified drag current in a quantum wire induced by Wigner crystallization", *PhysRevB*.85.041308(2012)
- [8] Y. Kanai, K. Nakayama, R. S. Deacon, A. Oiwa, K. Shibata, K. Hirakawa, and S. Tarucha, "Phase measurement in the strong Kondo regime in a self assembled InAs quantum dot SQUID", *J. Phys.: Conf. ser.* (in press).
- [9] W. Koshibae, N. Furukawa and N. Nagaosa, "Photo-induced insulator-metal transition of a spin-electron coupled system", *EPL*, **94**, 27003 (2011).
- [10] K. Nomura and N. Nagaosa, "Surface-Quantized Anomalous Hall Current and the Magnetoelectric Effect in Magnetically Disordered Topological Insulators", *Phys. Rev. Lett.* ,**106**, 166802 (2011).
- [11] T. Yokoyama, Y. Tanaka and N. Nagaosa, "Anomalous Meissner Effect in a Normal-Metal-Superconductor Junction with a Spin-Active Interface", *Phys. Rev. Lett.* **106**, 246601 (2011).
- [12] R. Shimano, Y. Ikebe, K. S. Takahashi, M. Kawasaki, N. Nagaosa and Y. Tokura, "Terahertz Faraday rotation induced by an anomalous Hall effect in the itinerant ferromagnet SrRuO<sub>3</sub>", *EPL*, **95**, 17002 (2011).

- [13] S. Mishchenko, N. Nagaosa, K. M. Shen, Z.-X. Shen, X. J. Zhou and T. P. Devereaux, “Polaronic metal in lightly doped high-T(c) cuprates”, *EPL*, **95**, 57007 (2011).
- [14] J. S. Lee, G. A. H. Schober, M. S. Bahramy, H. Murakawa, Y. Onose, R. Arita, N. Nagaosa, and Y. Tokura, “Optical Response of Relativistic Electrons in the Polar BiTeI Semiconductor”, *Phys. Rev. Lett.*, **107**, 117401 (2011).
- [15] Y. Tanaka Yukio, M. Sato and N. Nagaosa, “Symmetry and Topology in Superconductors -Odd-Frequency Pairing and Edge States-”, *J. Phys. Soc.*, **81**, 011013(2011).
- [16] M. Mochizuki, “Spin-Wave Modes and Their Intense Excitation Effects in Skyrmion Crystals”, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 017601 (2012).
- [17] K. Nomura, S. Ryu, A. Furusaki and N. Nagaosa, “Cross-Correlated Responses of Topological Superconductors and Superfluids”, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 026802 (2012).
- [18] H. Y. Hwang, Y. Iwasa, M. Kawasaki, B. Keimer, N. Nagaosa and Y. Tokura, “Emergent phenomena at oxide interfaces”, *Nature Materials*, **11**, 113 (2012).
- [19] N. Nagaosa and Y. Tokura, “Emergent electromagnetism in solids”, *Phys. Scr.*, T146, 014020 (2012).
- [20] F. Mahfouzi, J. Fabian, N. Nagaosa and B. K. Nikolić, “Charge pumping by magnetization dynamics in magnetic and semimagnetic tunnel junctions with interfacial Rashba or bulk extrinsic spin-orbit coupling”, *Phys. Rev. B* **85**, 054406 (2012).
- [21] A. Yamakage, Y. Tanaka and N. Nagaosa, “Evolution of Edge States and Critical Phenomena in the Rashba Superconductor with Magnetization”, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 087003 (2012).
- [22] G. De Filippis, V. Cataudella, A. S. Mishchenko and N. Nagaosa, “Optical conductivity of polarons: Double phonon cloud concept verified by diagrammatic Monte Carlo simulations”, *Phys. Rev. B* **85**, 094302 (2012).
- [23] Y. Kunihashi, M. Kohda, H. Sanada, H. Gotoh, T. Sogawa, and J. Nitta, “Proposal of spin complementary field effect transistor” *Appl. Phys. Lett.* **100**, 113502-1 - 113502-3 (2012).
- [24] F. Nagasawa, J. Takagi, Y. Kunihashi, M. Kohda, and J. Nitta, “Experimental Demonstration of Spin Geometric Phase: Radius Dependence of Time-Reversal Aharonov-Casher Oscillations” *Phys. Rev. Lett.* **108**, 086801-1-086801-4 (2012).
- [25] Y. Kunihashi, M. Kohda, and J. Nitta, “Semiclassical approach for spin dephasing in a quasi-one-dimensional channel” *Phys. Rev. B* **85**, 035321-1-035321-7 (2012).
- [26] J. Nitta, S. Moulis, and M. Kohda, J. Nitta, S. Moulis, and M. Kohda, “Anisotropic spin transport affected by competition between spin orbit interaction and Zeeman” *J. Phys. Conf. Ser.*, **334**, 012062-1-012062-5 (2011).
- [27] J. Nitta, J. Takagi, F. Nagasawa, and M. Kohda, “Suppression of Aharonov-Casher spin interference in an InGaAs ring array” *J. of Phys.: Conference Series*, **302**, 012002-1-012002-5 (2011).
- [28] S. Nonaka, Y. Kunihashi, M. Kohda and J. Nitta, “Anisotropic weak anti-localization under in-plane magnetic field and control of dimensionality via spin precession length” Accepted in *Jpn. J. Appl. Phys.*
- [29] J. Ishihara, M. Ono, G. Sato, S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, "Magnetic Field Dependence of Quadrupolar Splitting and Nuclear Spin Coherence Time in a Strained (110) GaAs Quantum Well," *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 50, 04DM03 (3 pages).
- [30] Mohsen Ghali, Keita Ohtani, Yuzo Ohno and Hideo Ohno, "Generation and control of polarization-entangled photons from GaAs island quantum dots by an electric field," *Nature Commu.* **3**, 661 (2012).

#### (4 - 2) 特許出願

平成 23 年度特許出願内訳(国内 0 件、海外 0 件)

本事業での研究期間累積件数(国内 0 件、海外 0 件)

#### (4 - 3) 国際学会および主要な国内学会発表

招待講演 (国内 13 件、国際 23 件)

- [1] A. Oiwa, R. S. Deacon, Y. Kanai, S. Takahashi, K. Yoshida, K. Shibata, K. Hirakawa, and S. Tarucha, "Electrical tuning of g-tensor in self-assembled uncapped InAs quantum dots" 17th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures (EDISON17), Tu3.1, P.64, Santa Barbara, California, USA, (2011)2011/8/9
- [2] A. Oiwa, R. S. Deacon, S. Takahashi, Y. Kanai, K. Yoshida, K. Shibata, K. Hirakawa, Y. Tokura and S. Tarucha, "Electrical Control of Anisotropic Spin-orbit Interaction in InAs Self-assembled Quantum Dots: Part 1 & Part2", Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS2011), Session 1P6, P22 Suzhou, China, 12-16 September (2011) 2011/9/12
- [3] S. Tarucha, "Spin Qubits and Qubit Gates with Quantum Dots" LT26, 13H1-2, Beijing, China(2011)2011/08/13
- [4] S. Tarucha, "Charges and Spins in Quantum Information Processing" QIPC2011, Zurich Swiss (2011)2011/9/4
- [5] S. Tarucha, "量子ドットスピン量子計算の進展" 日本物理学会秋季大会, 22pEC-3, p681, 富山 (2011)2011/9/22
- [6] 山本倫久, "3 層グラフェンの電気伝導とバンド構造" 日本物理学会秋季大会, 23pTE-6, p882, 富山 (2011) 2011/9/23
- [7] S. Tarucha, "Spin qubits and qubit gates with quantum dots" SMQS-IP 2011, Rotunda (building 16.4) of Jülich Supercomputing Centre at Research Centre Jülich, Germany(2011) 2011/10/17
- [8] A. Oiwa, "Electrically Tuned Spin Effects in a Self-assembled InAs Quantum Dot: Spin-orbit Effect, g-factor and Kondo Effect" BIT's 1st Annual World Congress of Nano-S&T, World EXPO Center Dalian, China(2011)2011/10/25
- [9] S. Tarucha, "半導体量子ドットの物理と量子コンピューターへの応用" 東陽ソリューションフェア 2011, ベルサール神田 日本 (2011) 2011/11/02
- [10] S. Tarucha, "Spin Qubits and Qubit Gates with Quantum Dots" Italy-TWIns-Waseda 2011 Quantum Technologies: Information, Communication and Computation, Ono Memorial Hall, Waseda Campus, Waseda University Tokyo, Japan(2011) 2011/11/07
- [11] M. Yamamoto, "Carrier transport and band structure of trilayer grapheme" UK-Japan Workshop and Graphene Roadmap Consultation, Graphene Synthesis and Characterisation for applications, Lakeside hotel

on lake Windermere Lake District UK(2011) 2011/11/16

- [12] S. Tarucha, “Quantum Gates and Scalability of Spin-based Qubit System with Quantum Dots” IWSSQC-5, Lecture Theatre L2, Science Centre, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, N.T., Hong Kong China(2011) 2011/12/11
- [13] 樽茶清悟, “量子ドットを用いたスピン量子計算” 第4回超高速時間分解光計測研究会～光と物性の相互作用の積極制御～, 浜松 (2012) 2012/03/09
- [14] 大岩顕, “量子ドットにおける単一光子から単一電子スピンへの変換 Conversion from single photons to single electron spins in quantum dots” 日本物理学会第67回年次大会, 25pSA-4, 関西学院大学 (2012)2012/03/25
- [15] N.Nagaosa(The University of Tokyo), “Theoretical Design of Topological Insulators”, 2011MRS Fall Meeting, アメリカ/マサチューセッツ州ボストン, Nov.28(2011)
- [16] M. Mochizuki, “Theories of Dynamical Magnetoelectric Phenomena in Multiferroic RMnO<sub>3</sub>”, Novel Phenomena in Frustrated Systems, アメリカ/ニューメキシコ州サンタフェ, May.22-29(2011),
- [17] N. Nagaosa, “Berry Phase driven Hall effects”, 1st ICQM-ICQD-ICQS Joint Annual Workshop, 北京/中国, Jun.21-23(2011)
- [18] N. Nagaosa, “Photo-induced dynamics of spin textures”, PIPT4, ヴロツワフ/ポーランド, Jun.27-Jul.3(2011)
- [19] \*N. Nagaosa, “Spin-orbit echo”, ICTPWorkshop and School on Topological Aspects of Condensed Matter Physics, トリエステ/イタリア, Jul.4(2011)
- [20] N. Nagaosa, “Spin-orbit echo”, 5th International Workshop on Spin Currents, 仙台/日本, Jul.28(2011)
- [21] N. Nagaosa, “Anomalous Meissner Effect in NS Junction with Spin-Active Interface”, ICNSCT2011, 台南/台湾 Aug.8(2011)
- [22] \*N. Nagaosa, “Emergent Electromagnetism in Solids - Spin-Orbit Interaction as a Gauge Field”, LT26 - Beijing 2011, 北京/中国, Aug.12(2011)
- [23] N. Nagaosa, “Theoretical design of topological materials”, 2011 SFB608, ケルン/ドイツ, Sep.7(2011)
- [24] \*N. Nagaosa, “Theoretical design of topological phenomena”, KITP Program: Topological Insulators and Superconductors (Sep 19 - Dec 16, 2011), アメリカ/カリフォルニア州 サンタバーバラ, Oct.6(2011)
- [25] N. Nagaosa, “Gauge fields in real and momentum spaces”, Emergent magnetic monopoles in frustrated magnetic systems, Newport Pagnell Buckinghamshire/ イギリス, Oct.18(2011)
- [26] N. Nagaosa, “Phase Diagram and Dynamics of Skyrmion Crystal”, 2011 Hangzhou Workshop on Quantum Matter, 杭州/中国, Apr.11-13(2011)
- [27] N.Nagaosa(The University of Tokyo), “Theoretical design of Topological Phenomena”, ASRC 国際ワークショップ, 茨城/東海村, Jan.10(2012)
- [28] M.Mochizuki, “Proposed Optical/Microwave Manipulation of Nanoscale Spin Textures: Multiferroics and Skyrmions”, FIRST-QS2C Workshop on “Emergent Phenomena of Correlated Materials”, 沖縄, 2011年12月14日
- [29] 望月維人(東京大学), “マルチフェロイクスにおけるエレクトロマグノン励起とスピンカイラリティの光スイッチ現象”, テラヘルツテクノロジーフォーラム平成23年度第2回技術検討会, 東京, 2012年3月21日
- [30] 新田淳作, “非磁性半導体スピントロニクス of 発展と展望” 第72回応用物理学会学術講演会・第49回応用物理学会スクール 2011年8月29日-9月2日 山形大学

- [31] 好田誠, 新田淳作, “InGaAs 量子ポイントコンタクトによるスピン流生成”スピン流と熱効果の新現象 応用物理学会スピントロニクス研究会・日本磁気学会スピンエレクトロニクス専門研究会共同主催研究会 2011年11月15日 東北大学
- [32] 好田誠, 新田淳作, “半導体ナノ構造における電气的スピン生成と制御” ディラック電子とスピントロニクスシンポジウム東邦大学物理学科・東邦大学複合物性研究センター共催 2011年12月3日
- [33] 新田淳作, “半導体スピントロニクス” 第10回スピントロニクス入門セミナー・若手研究会 2011年12月8日-9日 関西セミナーハウス
- [34] J. Nitta, “Spin coherent transport in InGaAs based nano-structures” RIKEN-APW-APCTP Joint Workshop “Recent trends in Condensed Matter Physics, Jan. 14-16 2012 Riken
- [35] Y. Ohno, H. Kobayashi, S. Matsuzaka, Y. Kaneko, S. Ikeda, L. Fleet, A. Hirohata, and H. Ohno, “Electrical and Optical Detection of Spin Injection in Ferromagnetic Metal/Semiconductor junctions,” 5th International Workshop on Spin Currents, July 25 - 28, 2011, Sendai International Center, Sendai, JAPAN.
- [36] Y. Ohno, Y. Kondo, M. Ono, S. Matsuzaka, K. Morita, H. Sanada and H. Ohno, “Control and optical detection of nuclear spin coherence in semiconductors,” Quantum Science Symposium-2011: Frontiers in Quantum Information, Computing & Communication (QICC)-2011 Meeting on ‘Quantum Systems to Qubits, Optics & Semiconductors’, September 26 – 27, 2011, Cambridge, MA, USA

口頭講演 (国内 44 件、国際 11 件)

- [1] S. Takada, M. Yamamoto, C. Bäuerle, A. D. Wieck and S. Tarucha, “Non-adiabatic quantum interference in an Aharonov-Bohm ring with a tunnel-coupled wire” EP2DS19, Th4-4, Tallahassee, Florida, USA (2011)2011/7/28
- [2] T. Fujita, H. Kiyama, S. Teraoka, A. Oiwa, and S. Tarucha, "Detection of Inter-dot Tunneling of a Single Photo-generated Electron in a Double Quantum Dot" EP2DS19/MSS15 25-29 July,Th-4-1 Tallahassee , Florida USA (2011)2011/7/28
- [3] 金井康, 中山和貴, R.S. Deacon, 大岩顕, 柴田憲治, 平川一彦, 樽茶清悟, “自己形成 InAs 量子ドット超伝導量子干渉計における強い近藤効果領域での位相測定”日本物理学会秋季大会,24aTR-11, p706, 富山 (2011) 2011/9/24
- [4] 木山治樹, 米田淳, 藤田高史, 大岩顕, 樽茶清悟, “量子状態転写を用いた単一電子スピン状態トモグラフィ手法の提案”日本物理学会秋季大会(2011)2011/9/23
- [5] 高橋駿, 小幡利顕, R.S. Deacon, 吉田勝治, 大岩顕, 柴田憲治, 平川一彦, 樽茶清悟, “単一 InAs 自己形成量子ドットにおける光介入トンネル”日本物理学会秋季大会,23pTM-1, p695, 富山 (2011)2011/9/23
- [6] 米田淳, 大塚朋廣, 高倉樹, 小幡利顕, 樽茶清悟, “隣接量子ドット間ゼーマンエネルギー差の微小磁石設計による制御” 日本物理学会秋季大会,24aTR-6, p705, 富山 (2011)2011/09/24
- [7] 藤田高史, 木山治樹, 寺岡総一郎, 大岩顕, 樽茶清悟, “2 重量子ドットでの単一光励起電子のドット間トンネリング検出”日本物理学会秋季大会, pp704, 24aTR-3 2011/9/24
- [8] 小幡利顕, ミシェルピオロラドリエル, 都倉康弘, 樽茶清悟, “ガリウムヒ素系量子ドットにおける順方向オーバーハウザーシフト” 日本物理学会, 24aTR-4, P 705, 富山, 日本(2011)2011-09
- [9] 阪野壘, 小栗章, “Hund 則を有する量子ドット系の近藤効果 による低バイアス非平衡電流” 日本物理学

会秋季大会, 24aTR-5 2011/9/23

- [10] 徳光晋太郎, S. H. Jhang, M. F. Craciun, S. Schmidmeier, S. Russo, 山本倫久, Y. Skourski, J. Wosnitza, C. Strunk, 樽茶清悟, “3 層グラフェンにおける輸送現象の積層構造依存性”日本物理学会秋季大会, pp674, 22aTL-2 2011/9/22
- [11] 塩谷広樹, 山本倫久, Saverio Russo, Monica F. Craciun, 樽茶清悟, “2 層グラフェン PN 接合デバイスの整流特性制御とバンドギャップ値の評価” 日本物理学会秋季大会, pp675, 22aTL-7 2011/9/22
- [12] 寺岡総一郎, Giles Allison, 森本和浩, 藤田高史, 木山治樹, 大岩顕, Sofiane HaffouzA, David Guy AustingA, 樽茶清悟, “g 因子制御量子井戸の電子スピン共鳴” 日本物理学会秋季大会, pp688, 23aTL-6 2011/9/23
- [13] 天羽真一, 泉田渉, 高橋諒, 河野公俊, 樽茶清悟, D. G. Austing, 大野圭司, “2 重量子ドットにおける 3 電子スピンブロッケイド現象と核スピン効果”日本物理学会秋季大会, pp697, 23pTM-9 2011/9/23
- [14] 武田健太, 小幡利顕, Juergen Sailer, Dominique Bougeard, 樽茶清悟, “Si/SiGe<sub>2</sub> 重量子ドットにおける高周波応答について”日本物理学会秋季大会, pp704, 24aTR-2 2011/9/24
- [15] S. Hermelin, S. Takada, M. Yamamoto, S. Tarucha, A. Wieck, L. Saminadayar, C. Bauerle, and T. Meunier, “Single Electron Transfer Between Distant Quantum Dots” LT26, 16m-D23, Beijing, China(2011)2011/8/16
- [16] 福岡佑二, 小寺哲夫, 大塚朋廣, 武田健太, 小幡利顕, 吉田勝治, 澤野憲太郎, 内田 建, 白木靖寛, 樽茶清悟, 小田俊理, “Si/SiGe 量子ドット構造のシミュレーションと作製” 第72回応用物理学会学術講演会, 1p-P10-3, 山形大学 (2011)2011/9/1
- [17] S. Tarucha, “Quantum dot based interface between quantum systems: photon to spin and electron to electron”Workshop on Quantum Spintronics II, Hotel “I Corbezzoli” Porto Ottiolu Sardinia, Italy(2011)2011/10/03
- [18] Russell S. Deacon, Y. Kanai, S. Takahashi, A. Oiwa, K. Shibata, K. Hirakawa, Y. Tokura, and S. Tarucha, “Electrically tuned spin-orbit interaction in a single InAs quantum dot” International Workshop on Quantum Nanostructures and Nanoelectronics(QNN2011), Convention Hall “Komaba Haricot” Institute of Industrial Science University of Tokyo, Japan(2011)2011/10/04
- [19] Seigo Tarucha, “Spin Based Quantum Computation with Quantum Dots: Qubit, Qubit Gate and Scale-up” The 5th International Symposium and Student Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, Sendai (2012)2012/02/23
- [20] 福岡佑二, 小寺哲夫, 武田健太, 小幡利顕, 吉田勝治, 澤野憲太郎, 内田 建, 白木靖寛, 樽茶清悟, 小田俊理, “Capping gate 構造を有する Si/SiGe 量子ドットの作製と評価” 第 59 回応用物理学関連講演会 16p-GP6-4, 東京, 3 月 15-18 日(2012)2012/03/16
- [21] 樽茶清悟, “固体系量子情報の非局所化”分子研コロキウム(第 834 回), 東岡崎 (2012) 2012/03/22
- [22] 金井康, R. S. Deacon, 大岩顕, 吉田勝治, 柴田憲治, 平川一彦, 樽茶清悟, “自己形成 InAs 量子ドットジョセフソン接合における準位縮退領域の超伝導電流のサイドゲート制御” 日本物理学会第 67 回年次大会, 24aBJ-8, 関西学院大学 (2012) 2012/03/24
- [23] 森本和浩, 藤田高史, 寺岡総一郎, Giles Allison, 木山治樹, 大岩顕, Sofiane Haffouz, David Guy Austing, 樽茶清悟, “g-因子制御 GaAs/AlGaAs 量子井戸を用いた単一・二重量子ドットの輸送特性” 日本物理学会第 67 回年次大会, 24aBJ-10, 関西学院大学 (2012) 2012/03/24
- [24] 高橋駿, R.S.Deacon, 大岩顕, 柴田憲治, 平川一彦, 樽茶清悟, “単一 InAs 自己形成量子ドットにおける g

- 因子の異方性とその電氣的制御” 日本物理学会第 67 回年次大会, 24aBJ-11, 関西学院大学 (2012)  
2012/03/24
- [25] 天羽真一, 羽田野剛司, 寺岡総一郎, 大野圭司, 河野公俊, 樽茶清悟, “直列 2 重量子ドットにおける波動関数 mapping と LO phonon 効果” 日本物理学会第 67 回年次大会, 24pBJ-5, 関西学院大学 (2012)  
2012/03/24
- [26] 高田真太郎, 渡辺健太, 山本倫久, C. Baeuerle, A. D. Wieck, 樽茶清悟, “結合量子細線・AB リング複合系を用いた量子ドットにおける電子の伝達位相の測定” 日本物理学会第 67 回年次大会, 24pBJ-6, 関西学院大学 (2012)2012/03/24
- [27] 阪野壘, 西川裕規, 小栗章, Alex C. Hewson, 樽茶清悟, “Hund 則を有する量子ドット系の近藤効果による低バイアス非平衡電流 II” 日本物理学会第 67 回年次大会, 24pBJ-7, 関西学院大学 (2012)2012/03/24
- [28] 塩谷広樹, 山本倫久, Craciun F. Monica, Russo Saverio, 樽茶清悟, “グラフェンに対する歪み印加方法の検討と歪み効果の解析” 日本物理学会第 67 回年次大会, 24pSB-3, 関西学院大学 (2012)2012/03/24
- [29] 大塚朋廣, 杉原裕規, 米田淳, 小幡利顕, 勝本信吾, 樽茶清悟, “シングルリード量子ドット中の 2 電子状態を用いたスピン偏極検出” 日本物理学会第 67 回年次大会, 26pCE-7, 関西学院大学 (2012)  
2012/03/26
- [30] 米田淳, 大塚朋廣, 高倉樹, 小幡利顕, 樽茶清悟, “大きな Zeeman 磁場差を有する二重量子ドットでの電子スピン共鳴実験” 日本物理学会第 67 回年次大会, 26pCE-8, 関西学院大学 (2012)2012/03/26
- [31] 高橋諒, 河野公俊, 樽茶清悟, 大野圭司, “縦型二重量子ドットにおける双方向核スピン分極の定量的評価”, 日本物理学会第 67 回年次大会 26pCE-11, 関西学院大学 (2012)2012/03/26
- [32] 山本倫久, Sylvain Hermelin, 高田真太郎, 樽茶清悟, Andreas D. Wieck, Laurent Saminadayar, Christopher Baeuerle, Tristan Meunier, “表面弾性波を用いた離れた量子ドット間の単一電子移送” 日本物理学会第 67 回年次大会, 27pCE-3, 関西学院大学 (2012)2012/03/27
- [33] 小幡利顕, 山本倫久, 樽茶清悟, “十分離れた 2 ドット間の静電結合” 日本物理学会第 67 回年次大会, 27pCE-8, 関西学院大学 (2012) 2012/03/27
- [34] S.Nakosai(The University of Tokyo), “Time Reversal Invariant Topological Superconductor in Rashba System”, APS March Meeting2012, アメリカ/マサチューセッツ州ボストン, Feb. 29(2012)
- [35] 中河西翔(東京大学), “2 層 Rashba 系におけるトポロジカル超伝導”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 兵庫/西宮, 2012 年 3 月 26 日
- [36] M. Kohda, S. Nakamura, Y. Tokura, Y. Nishihara, K. Kobayashi, T. Ono, J. Nitta, “Zero field spin polarization by Rashba spin orbit interaction in quantum point contacts” 5th International Workshop on Spin Current July 25 - 28, 2011
- [37] F. Nagasawa, J. Takagi, Y. Kunihashi, M. Kohda and J. Nitta, “Radius dependence of Aharonov-Casher spin interference in InGaAs ring arrays” 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials September 28-30, 2011 Nagoya
- [38] S. Nonaka, Y. Kunihashi, M.Kohda and J. Nitta, “Anisotropic phase coherent length affected by coexistence of a spin orbit interaction and an in-plane magnetic field in InGaAs narrow wire structures” 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials September 28-30, 2011 Nagoya
- [39] 国橋要司, 好田 誠, 新田淳作, “準 1 次元チャネル中のスピン緩和に対する半古典的アプローチ” 第 7 2 回応用物理学会学術講演会 2011 年 8 月 29 日-9 月 2 日 山形大学
- [40] 長澤郁弥, 国橋要司, 好田 誠, Diego Frustaglia, 新田淳作, “半導体微小リングの電子スピン干渉

に及ぼす面内磁場の影響” 第 7 2 回応用物理学学会学術講演会 2011 年 8 月 29 日-9 月 2 日 山形大学

- [41] 野中 駿, 国橋要司, 好田 誠, 新田淳作, “InGaAs 細線構造におけるスピン軌道相互作用と面内磁場との相互作用” 第 7 2 回応用物理学学会学術講演会 2011 年 8 月 29 日-9 月 2 日 山形大学
- [42] 野中駿, 国橋要司, 好田誠, 新田淳作, “スピン軌道相互作用による InGaAs 細線構造の次元性制御” 第 1 6 回 半導体スピン工学の基礎と応用 2011 年 11 月 28-29 日 東工大
- [43] 国橋 要司, 好田 誠, 新田 淳作, “準一次元系スピン緩和の空間分解 Monte Carlo シミュレーション” 第 1 6 回 半導体スピン工学の基礎と応用 2011 年 11 月 28-29 日 東工大
- [44] 野中駿, 佐々木敦也, 国橋要司, 好田誠, 新田淳作, “InGaAs 2 次元電子ガスにおける面内磁場を用いた Rashba 及び Dresselhaus スピン軌道相互作用の電気的評価” 第 59 回応用物理学関係連合講演会 2012 年 3 月 15-18 日 早稲田大学
- [45] 佐々木敦也, 野中 駿, 国橋要司, 好田 誠, 新田淳作, “InGaAs 細線におけるひずみ誘起 Dresselhaus スピン軌道相互作用の電気的測定” 第 59 回応用物理学関係連合講演会 2012 年 3 月 15-18 日 早稲田大学
- [46] 国橋要司, 好田 誠, V. Lechner, C. Schonhuber, I. Caspers, P. Olbrich, S.D. Ganichev, 新田淳作, “狭い InGaAs 量子井戸における Persistent Spin Helix 状態の電気的生成” 第 59 回応用物理学関係連合講演会 2012 年 3 月 15-18 日 早稲田大学
- [47] 長澤郁弥, 高木 淳, 国橋要司, 好田 誠, 新田淳作, “半導体メソスコピックリング配列におけるスピン幾何学的位相の径依存性” 第 59 回応用物理学関係連合講演会 2012 年 3 月 15-18 日 早稲田大学
- [48] 国橋要司, 好田 誠, 眞田治樹, 俵 毅彦, 後藤秀樹, 寒川哲臣, 新田淳作, “空間分解 Monte Carlo 法に基づく準一次元系スピン緩和の理論解析” 第 59 回応用物理学関係連合講演会 2012 年 3 月 15-18 日 早稲田大学
- [49] 塩貝純一, Mariusz Ciorga, Martin Utz, Dieter Schuh, 荒川智紀, 好田 誠, 小林研介, 小野輝男, Werner Wegscheider, Dieter Weiss, 新田淳作, “(Ga,Mn)As / n-GaAs スピンエサキダイオードを用いたスピン注入デバイスにおける動的核スピン偏極” 第 59 回応用物理学関係連合講演会 2012 年 3 月 15-18 日 早稲田大学
- [50] 金子雄基, 小林裕臣, 松坂俊一郎, 池田正二, 大野裕三, 大野英男, “n-GaAs/MgO/CoFe 接合を用いたスピン蓄積と拡散の光学的検出,” 第 72 回応用物理学学会学術講演会, 2011 年 8 月 29-9 月 2 日, 山形大学 .
- [51] 石原 淳, 小野真証, 大野裕三, 大野英男, “細線加工した GaAs/AlGaAs 量子井戸における電子スピン緩和時間の磁場依存性,” 第 72 回応用物理学学会学術講演会, 2011 年 8 月 29-9 月 2 日, 山形大学 .
- [52] 石原 淳, 小野真証, 佐藤源輝, 松坂俊一郎, 大野裕三, 大野英男, “歪(110)GaAs/AlGaAs 量子井戸における四重極分裂の磁場依存性,” 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 2012 年 3 月 15-18 日, 早稲田大学 .
- [53] 小野真証, 石原 淳, 佐藤源輝, 松坂俊一郎, 大野裕三, 大野英男, “歪(110)GaAs/AlGaAs 量子井戸における核スピン共鳴線幅の磁場依存性,” 第 59 回応用物理学関係連合講演会 2012 年 3 月 15-18 日, 早稲田大学 .
- [54] 石原 淳, 小野 真証, 大野 裕三, 大野 英男, “GaAs/AlGaAs 量子井戸における電子スピンドイナミクスの細線方向依存性,” 第 16 回半導体スピン工学の基礎と応用 (PASPS-16), 2011 年 11 月 28-29 日, 東京工業大学 .
- [55] J. Ishihara, M. Ono, S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, “Strong spin relaxation anisotropy of electrons in modulation-doped GaAs/AlGaAs wires,” 6th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH6), August 1-5, Matsue, Japan.

ポスター発表 (国内 4 件、国際 30 件)

- [1] Y. Kanai, R.S. Deacon, A. Oiwa, S. Takahashi, K. Yoshida, K. Shibata, K. Hirakawa, and S. Tarucha, "Electrical control of g-tensor in self-assembled InAs quantum dots" SPintech6, WP-11, August 1-5, Matsue Shimane, Japan (2011) 2011/8/3
- [2] Y. Kanai, K Nakayama, R. S. Deacon, A. Oiwa, K. Shibata, K. Hirakawa, and S.Tarucha, "Phase measurement in strong Kondo regime in a self assembled InAs dot superconducting quantum interference device" LT26, 11P-D012, Beijing, China(2011) 2011/8/10
- [3] H. Shioya, M. Yamamoto, S. Russo, M. Craciun and S. Tarucha, "Bilayer graphene pn junction devices"LT26,北京(中国),16P-D055,p393,(2011) 2011/08/15
- [4] S. Takahashi, T. Obata, R. S. Deacon, K. Yoshida, A. Oiwa, K. Shibata, K. Hirakawa and S. Tarucha,"Photon and phonon assisted tunnelling through a single InAs self-assembled quantum dot" SPintech6, WP-102, August 1-5, Matsue Shimane, Japan (2011) 2011/8/3
- [5] S. Takahashi, T. Obata, R. S. Deacon, K. Yoshida, A. Oiwa, K. Shibata, K. Hirakawa and S. Tarucha , "Photon and phonon assisted tunnelling through a single InAs self-assembled quantum dot" Yatsugatake workshop, Yamanashi, Japan(2011) 2011/8/28
- [6] S. Hermelin, S. Takada, A.D. Wieck, M. Yamamoto, S. Tarucha, L. Saminadayar, C. Bäuerle and T. Meunier,"Single electron transport between two distant lateral few electron quantum dots", EP2DS19, Tu-P-48, Tallahassee, Florida, USA (2011) 2011/7/26
- [7] K. Watanabe, S.Takada, M. Yamamoto, C. Bauerle, A. D. Wieck and S. Tarucha, "Quantum coherence in an Aharonov-Bohm ring with tunnel-coupled wwires", EP2DS 19, Tu-P-76, Tallahassee, Florida, USA (2011) 2011/7
- [8] T. Fujita, H. Kiyama, S. Teraoka, G. Allison, A. Oiwa, S. Tarucha, "Detection of Inter-dot Tunneling of a Single Photo-Generated Electron in a Double Quantum Dot" Yatsugatake workshop, Yamanashi, Japan(2011) 2011/8/28
- [9] R. Brunner, Y.-S. Shin, T. Obata, Y. Tokura, M. Pioro-Ladrière, T. Kubo, T. Taniyama, S. Tarucha, "Probing Spin Entanglement in a Semiconductor/Micro-Magnet Two-Qubit Gate" EP2DS19/MSS15 Joint Conference, Tu-P-45, P47, Tallahassee Florida, USA (2011). 2011-07
- [10] T. Obata, K. Takeda, J. Sailer, Y. Fukuoka, T. Kodera, S. Oda, D. Bougeard, and S. Tarucha, "Lateral multiple quantum dot design with high mobility silicon/silicon germanium heterostructure" Spintech6, FP-01, Matsue, Japan (2011). 2011-08
- [11] 阪野壘, "軌道自由度を有するアンダーソン量子ドットの電流ゆらぎに関する完全計数統計" 基礎研究会2011、非平衡系の物理 -ミクロとマクロの架け橋 2011/08/18
- [12] H. Kiyama, J. Yonada, T. Fujita, A. Oiwa, S. Tarucha, "Proposal for single electron spin tomography using coherent transfer of photon polarization in a g-factor controlled quantum dot" EP2DS19/MSS15 25-29 July, Mo-P-64, Tallahassee, Florida USA (2011) 2011/7/25
- [13] R. Brunner, Y.-S. Shin, T. Obata, M. Pioro-Ladrière, T. Kubo, K. Yoshida, T. Taniyama, Y. Tokura, S. Tarucha, "Probing spin entanglement in a semiconductor/micro-magnet two-qubit gate" EP2DS19/MSS15 25-29 July, Tu-P-45, Tallahassee, Florida USA (2011) 2011/7/26
- [14] G. Allison, S. Teraoka, K. Morimoto, T. Fujita, H. Kiyama, A. Oiwa, S. Haffouz, D. G. Austing, and S. Tarucha,"g-factor engineered GaAs/AlGaAs quantum wells measured using electron spin resonance" SPintech6, WP-97, August 1-5, Matsue Shimane, Japan (2011) 2011/8/3
- [15] T. Obata, K. Takeda, J. Sailer, D. Bougeard, and S. Tarucha, "Lateral multiple quantum dot design with a

- high mobility silicon/silicon germanium hetero-structure” SPintech6, FP-01, August 1-5, Matsue Shimane, Japan (2011) 2011/8/3
- [16] M. Yamamoto, S. Takada, K. Watanabe, C. Baeuerle, A. D. Wieck, and S. Tarucha, “Electrical Control of a Flying Charge Qubit” LT26, 16P-D025, Beijing, China (2011) 2011/8/16
- [17] H. Shioya, M. Yamamoto, S. Russo, M. Craciun and S. Tarucha, “Bilayer graphene pn junction devices” LT26,16P-D055,p393,北京,中国,(2011) 2011/8
- [18] H. Kiyama, “Electrical control of spin-dependent tunnel coupling between quantum dot and spin-resolved edge states” Workshop on Quantum Spintronics II, Hotel ”I Corbezzoli” Porto Ottiolu Sardinia, Italy(2011) 2011/10/03
- [19] T. Fujita, “Discrimination of Single Photo-generated Electrons using Inter-dot Tunneling in a Double Quantum Dot” Workshop on Quantum Spintronics II, Hotel ”I Corbezzoli” Porto Ottiolu Sardinia, Italy(2011) 2011/10/03
- [20] Y. Shimazaki, S. Tokumitsu, M. Yamamoto, H. Shioya, S. Russo, M. F. Craciun, and S. Tarucha, “Multiple Andreev reflection and Fraunhofer pattern in graphene Josephson junction” International Workshop on Quantum Nanostructures and Nanoelectronics(QNN2011), Convention Hall "Komaba Haricot" Institute of Industrial Science University of Tokyo, Japan(2011) 2011/10/03
- [21] J. Yoneda, T. Otsuka, T. Takakura, K. Yoshida, T. Obata, and S. Tarucha, “Speed-up of Single Electron Spin Manipulation in Semiconductor Quantum Dots” International Workshop on Quantum Nanostructures and Nanoelectronics(QNN2011), Convention Hall "Komaba Haricot" Institute of Industrial Science University of Tokyo, Japan(2011) 2011/10/03
- [22] R. Takahashi, K. Kono, S. Tarucha, and K. Ono, “Bi-Directional Nuclear Polarization in Double Quantum Dots” International Workshop on Quantum Nanostructures and Nanoelectronics(QNN2011), Convention Hall "Komaba Haricot" Institute of Industrial Science University of Tokyo, Japan(2011) 2011/10/03
- [23] K. Morimoto, G. Allison, S. Teraoka, T. Fujita, H. Kiyama, A. Oiwa, S. Haffouz, D.G. Austing, and S. Tarucha, “Quantum Dots in g-factor Engineered GaAs/AlGaAs Quantum Wells International Workshop on Quantum Nanostructures and Nanoelectronics(QNN2011), Convention Hall "Komaba Haricot" Institute of Industrial Science University of Tokyo, Japan(2011) 2011/10/03
- [24] Y. Kanai, K. Nakayama, R. S. Deacon, A. Oiwa, K. Shibata, K. Hirakawa, and S. Tarucha, “Phase measurement in Kondo regime in a self-assembled InAs dot superconducting quantum interference device” International Workshop on Quantum Nanostructures and Nanoelectronics(QNN2011), Convention Hall "Komaba Haricot" Institute of Industrial Science University of Tokyo, Japan(2011) 2011/10/03
- [25] R. Sakano, Y. Nishikawa, A. Oguri, A. C. Hewson, and S. Tarucha, “Nonequilibrium current in orbital-degenerated Anderson dot with a Hund rule's coupling” the 26th Nishinomiya-Yukawa Memorial International Workshop "Novel Quantum States in Condensed Matter 2011, Yukawa Institute for Theoretical Physics Kyoto, Japan(2011) 2011/12/05
- [26] J. Yoneda, T. Otsuka, T. Takakura, K. Yoshida, T. Obata and S. Tarucha, “Speeding up single electron spin rotations in semiconductor quantum dots”IWSSQC-5, Lecture Theatre L2, Science Centre, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, N.T., Hong Kong China(2011) 2011/12/12
- [27] 中河西翔(東京大学), “ Rashba系における時間反転対称なトポロジカル超伝導 ”, 第5回物性科学領域横断研究会 (領域合同研究会), 宮城/仙台, 2011年11月19日
- [28] 中河西翔(東京大学), “ Rashba 系における時間反転対称なトポロジカル超伝導 ”, 「対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象」第2回領域研究会, 岡山, 2011年12月17日
- [29] S. Nonaka, Y. Kunihashi, M. Kohda, J. Nitta, “Interplay between spin orbit interaction and an in-plane magnetic field in InGaAs narrow wire structures” 5<sup>th</sup> International Workshop on Spin Current July 25 - 28,

2011

- [30] F. Nagasawa, M. Kohda, and J. Nitta, "Spin interference affected by competition between spin-orbit interaction and Zeeman effect" 6<sup>th</sup> International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH6) August 1 - August 5, 2011 Matsue
- [31] J. Shioagai, M. Ciorga, D. Schuh, W. Wegscheider, M. Kohda, K. Kobayashi, T. Ono, J. Nitta, and D. Weiss, "Dynamic nuclear spin polarization in all-semiconductor spin-injection lateral structures" 6<sup>th</sup> International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH6) August 1 - August 5, 2011 Matsue
- [32] 金子雄基, 小林裕臣, 松坂俊一郎, 池田正二, 大野 裕三, 大野 英男, "Co<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>/MgO/n-GaAs 接合を用いたスピン蓄積の電氣的-光学的検出,"第 16 回半導体スピン工学の基礎と応用(PASPS-16), 2011 年 11 月 28-29 日, 東京工業大学 .
- [33] M. Ono, J. Ishihara, G. Sato, S. Matsuzaka, Y. Ohno, H. Ohno , "Magnetic field dependence of quadrupole interaction in a strained (110) GaAs quantum well," 5th International Workshop on Spin Currents, July 25 - 28, 2011, Sendai International Center, Sendai, JAPAN.
- [34] M. Ono, J. Ishihara, G. Sato, S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, "Dependence of the quadrupole interaction on magnetic field direction in a strained (110) GaAs quantum well," 6<sup>th</sup> International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH6), August 1-5, Matsue, Japan.

#### (4-4) 受賞等

##### 受賞

Naoto Nagaosa, 2012 Benjamin Lee Professorship

[https://www.apctp.org/sub2/index1\\_5.php](https://www.apctp.org/sub2/index1_5.php)

中河西翔, 平成 23 年度物理工学科優秀卒業論文賞・田中昭二賞(物理工学優秀修士論文賞)

##### 新聞報道

科学新聞 2011/04/29 "単一光子が作る単一電子量子ドットから取り出す技術東大の研究グループ開発"

日本経済新聞 11 面 新型半導体素子電力ほぼゼロ 2011/7/25

日刊工業新聞 26 面 電子スピン制御技術開発 2011/8/25

朝日新聞 32 面 電子の磁気 可能性の泉 2011/9/5

朝日新聞 「量子もつれ」制御に成功・量子コンピューターに道 2011/9/23

朝日新聞 電子1個を基板上で移動 = 超高性能コンピューターに前進一日仏独と英の2チーム  
2011/9/22

朝日新聞 東大、量子ドット間の電子移動に成功・量子情報処理の実現に一步 2011/9/22

日経産業新聞 11 面 量子計算機つなぎ情報移送 2011/9/22

日刊工業新聞 23 面 量子ドット間 電子移動 2012/9/23

科学新聞 4 面 単一電子を隔離 伝送・検出 2012/9/30

日刊工業新聞「量子もつれ」制御に成功・量子コンピューターに道 2011/9/23  
 時事通信社 超高性能コンピューターに前進 2011/9/22  
 日刊工業新聞 2012年2月29日「電子スピンの幾何学的位相 干渉効果で定量評価」  
 科学新聞 2012年3月9日「電子スピンの幾何学的位相 電氣的観測に成功」  
 日経産業新聞9面 量子計算、電子流すだけ 2012/3/23  
 日刊工業新聞33面 2経路干渉計 集積可能な固体で実現 2012/3/28

#### その他の成果発表

日経プレスリリース 2012年2月23日「電子スピンの幾何学的位相を明瞭に観測することに成功」  
 マイナビニュース 2012年2月29日「電子スピンの幾何学的位相を電氣的に検出」

#### (4-5) その他特記事項

### 5. 主催したワークショップ等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2011/10/14-15	JST-DFG 第二回全体会議	東京大学	40	DFG側研究チーム及び樽茶・永長・新田・大野チームの研究成果発表及び討論

### 6. 学生・研究者の派遣、受け入れ等

(派遣)

派遣者: 修士課程学生(東京大学) 1名

派遣先: Dresden High Magnetic Field Laboratory

派遣期間: 2011年6月26日~7月11日(16日)

(受け入れ)

受入者: Ph.D学生(ハイデルベルグ大学) 1名

受入先: 東京大学

受入期間: 2011年5月17日~5月30日(14日)

受入者: Ph.D学生(復旦大学) 1名

受入先: 東京大学

受入期間: 2012年1月13日~3月13日(2カ月)

以上