

令和 4 年 5 月 19 日現在

機関番号：10101  
研究種目：若手研究  
研究期間：2019～2021  
課題番号：19K15380  
研究課題名(和文) サイズ変調結合量子ドットの励起スピンエンジニアリングによる室温高スピン偏極発光  
研究課題名(英文) Room temperature spin-polarized light emission by excited spin engineering of size-modulated coupled quantum dots  
研究代表者  
樋浦 諭志 (Hiura, Satoshi)  
北海道大学・情報科学研究院・准教授  
研究者番号：30799680  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：室温で高スピン偏極発光を実現できる量子ドット活性層を開発した。まず、温度上昇に伴ってスピン偏極が低下する要因を明らかにし、その対策として量子ドットを埋め込むキャップ層へのpドーピングにより、室温でのスピン偏極率が約2倍に向上した。スピンの捕獲と注入に優れた量子井戸と量子ドットのハイブリッドナノ構造を提案し、高輝度発光と高いスピン偏極率を室温で両立した。室温でスピン偏極を増幅できる希薄窒化物半導体と量子ドットをトンネル結合させ、室温で90%、110℃でも80%もの世界最高のスピン偏極率を達成した。pドーピング量子ドットを活性層に用いたスピン偏極発光ダイオードを作製し、室温での高効率な動作を達成した。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

光デバイスに必須の半導体では、室温で電子のスピン偏極が極短時間に失われてしまう。本研究では、スピン緩和が不可避な半導体において室温で電子スピン偏極を発光中に高める技術確立し、半導体光スピントロニクス室温動作に向けた新たな扉を開いた。その結果、電子スピン偏極の生成源に高スピン偏極材料を用いる必要なく、電子のスピン情報を半導体中に効率的に生成することが可能となった。また、110℃の高温環境でも高い電子スピン偏極率が維持されたことで、半導体量子ドットを用いた光スピン変換の高い実用性と有望性を示した。これにより、電子のスピン情報を光で伝送するスピン発光デバイスの実用研究が加速することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a quantum dot active layer that can realize highly spin-polarized light emission at room temperature. First, we clarified the main factor that causes a sharp decrease in electron spin polarization with increasing temperature. We found that the spin polarization in quantum dots at room temperature can be improved by using p-doped capping layers. We have proposed a hybrid nanostructure of quantum wells and quantum dots, and demonstrated both strong luminescence and high spin polarization at room temperature. We also achieved the record-high spin polarizations of 90% at room temperature and 80% at 110°C using a tunnel-coupled nanostructure of dilute nitride semiconductor and quantum dots. We fabricated a spin-polarized light-emitting diode using p-doped quantum dots and achieved highly efficient operation at room temperature.

研究分野：半導体光物性

キーワード：量子ドット 電子スピン偏極 スピンドYNAMIX スピン緩和 スピン増幅 希薄窒化物半導体 スピン光デバイス 光スピントロニクス

## 1. 研究開始当初の背景

電子スピンの量子状態を様々な機能発現に利用するスピントロニクス分野の展開に伴い、スピン偏極発光ダイオードやスピン偏極レーザーなどの光スピン変換素子に関する研究が盛んに行われている。これらの光スピン変換素子の課題として室温における発光の円偏光度が低いことが挙げられるが、この課題を解決するには、①半導体への高効率な電子スピン注入を可能とする高スピン偏極材料、②高いスピン保存率を有する電子スピン輸送材料、③高いスピン注入効率と高いスピン保持率を併せ持つ光学活性層材料を創出することが重要である。フェルミ準位上の電子が完全にスピン偏極したハーフメタルや、伝導電子のスピン偏極を増幅できる希薄窒化物半導体の発見により、光学活性層へ注入する電子のスピン偏極を高めることが可能となったが、室温で電子スピン偏極を高く保持できる光学活性層材料がないため、室温での安定した高スピン偏極発光は実現できていない。III-V 族化合物半導体量子ドットは、強い量子効果により電子準位が完全に離散化し光学性能が環境温度に依存しないだけでなく、電子の軌道運動の制限によりスピン緩和が抑制されるため、光スピン変換素子の光学活性層として有望である。量子ドットの励起状態間の波動関数結合を利用することで、励起状態での集団的なスピン緩和を抑制できる。しかし、これまでに量子ドットを用いた室温での高スピン偏極発光は実現されていない。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、量子ドットのスピン偏極が温度上昇に伴って急激に低下する要因をダイナミクスの観点から明らかにするとともに、新規な量子構造の開発ならびに量子ドットの光スピン機能性の開拓により室温での高スピン偏極発光を実現することである。また、量子ドットを活性層に用いたスピン偏極発光ダイオードを作製し、室温での円偏光発光特性を評価する。

## 3. 研究の方法

本研究では、実用上重要な高密度 InGaAs 量子ドットを作製し、電子スピン偏極の増幅特性を調べる。また、スピン緩和時間の温度依存性を評価し、温度上昇に伴いスピン偏極が低下する要因を明らかにする。室温でのスピン偏極を向上させるために、InGaAs 量子ドットを埋め込む GaAs キャップ層に対して、室温で支配的な D'yakonov-Perel (DP) スピン緩和を抑制できる p ドーピングを行う。また、量子ドットを量子井戸に埋め込む Dot-in-Well 構造や、室温でスピン偏極を増幅できる希薄窒化物半導体 GaNAs と量子ドットのトンネル結合構造についても研究する。

## 4. 研究成果

### (1) サイズ変調量子ナノコラムの研究

積層方向に対して量子ドットのサイズが単調に増加し、積層ドット間で電子の波動関数が結合した 9 層の量子ドット、サイズ変調量子ナノコラムを作製した (図 1a)。時間分解円偏光フォトルミネッセンス (PL) 測定を行い、結合励起準位において、電子スピン偏極の一時的増幅と 80% を超える高スピン偏極発光を観測した。

また、量子ドット間のスピン移動を考慮したレート方程式解析により、スピン偏極の増幅が小さなドット層から大きなドット層への少数個スピンの選択的トンネル移動に起因することを明らかにした。さらに、1 層や 3 層の量子ドットに対して、スピン注入量を増加させても高いスピン偏極が維持されることを見出した (図 1b)。

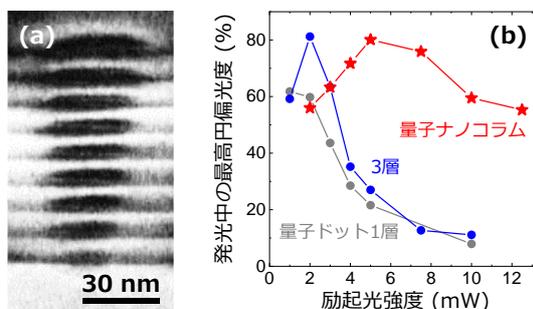


図 1 (a) サイズ変調量子ナノコラム (量子ドット 9 層) の透過型電子顕微鏡像。(b) 積層数の異なる量子ドット試料における発光中の最高円偏光度の励起光強度依存性。

### (2) 高密度量子ドットにおけるスピン緩和の温度依存性と p ドーピング効果の研究

量子ドットの成長速度を変えて、面内密度の異なる量子ドットを作製した。図 2a に低密度および高密度の InGaAs 量子ドットで得られたスピン緩和時間の温度依存性を示す。室温で支配的な DP スピン緩和が促進される 100 K 以上で温度上昇に伴うスピン緩和時間の低下に違いが見られる。高密度の量子ドットにおいて、ドット間での熱励起を介したバリアへの熱脱離ならびにスピン偏極が低下した電子の再注入が量子ドットのスピン偏極を低下させることを明らかにした。

その対策として、InGaAs 量子ドットを埋め込む GaAs キャップ層に p ドーピングを行うことで、GaAs バリアでの DP スピン緩和が抑制されて量子ドットに再注入する電子スピンの偏極が向上し、室温での量子ドット励起状態の発光円偏光度が約 2 倍に増加した (図 2b)。また、電子スピン注入源に Fe/MgO、光学活性層に p ドープ量子ドット用いたスピン偏極発光ダイオードを作製し、室温での光スピン変換効率としては世界最高性能となる 8% の EL 円偏光度を観測した。

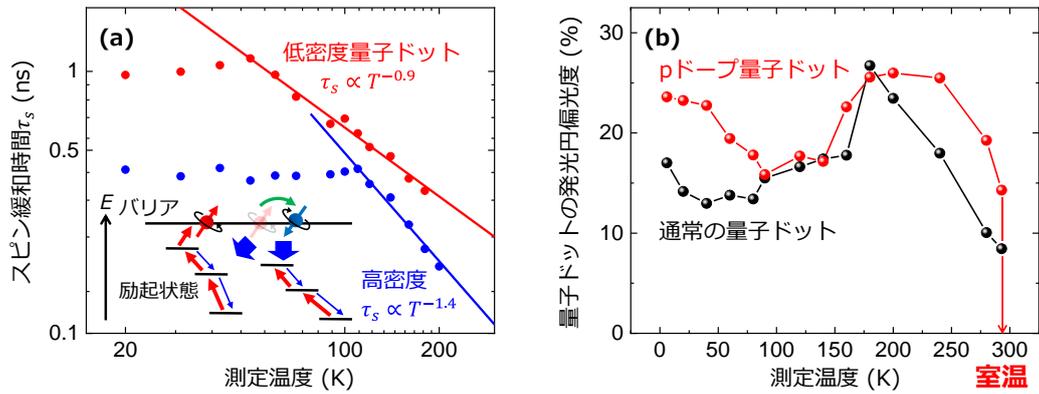


図 2 (a) 低密度および高密度の InGaAs 量子ドットで得られたスピン緩和時間の温度依存性。(b) 通常の InGaAs 量子ドットと p ドーピングを施した GaAs キャップ層に埋め込まれた InGaAs 量子ドットで得られた励起状態の発光円偏光度の温度依存性。

### (3) 量子ドットを量子井戸に埋め込んだ Dot-in-Well 構造の研究

InGaAs 量子ドットの両側に薄い GaAs 量子井戸層が設けられた Dot-in-Well 構造を作製した。走査型透過電子顕微鏡観察により、In 原子が量子ドット周辺層に広く分布し、量子ドットに匹敵する三次元方向の強い量子閉じ込め効果を有する疑似量子ドットが量子井戸層に形成されることを見出した (図 3a)。通常の量子ドットでは 200 K を超えるとキャリアの熱脱離により発光強度が急激に減少してしまう。一方で、疑似量子ドットを有する新規なナノ構造は次元性の段階的な低下により、量子ドットへのキャリアの注入効率が飛躍的に向上することで、室温での発光強度が通常の量子ドットよりも 1 桁以上強くなった。

時間分解円偏光 PL の測定結果により算出された量子ドットの光スピン変換効率を図 3b に示す。室温において、通常の量子ドットの光スピン変換効率は約 50%であったのに対して、新規なナノ構造は約 80%の高い光スピン変換効率を示した。疑似量子ドットの形成により量子井戸層での電子スピン緩和が強く抑制され、量子井戸から量子ドットへ熱的に再注入する電子スピンの偏極が向上することで、温度上昇に伴う光スピン変換効率の低下が大きく抑制されることを明らかにした。

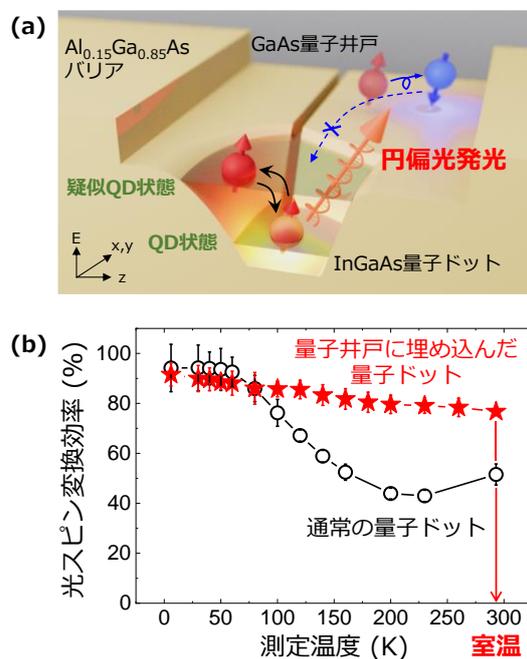


図 3 (a) 本研究で開発した新規な Dot-in-Well ナノ構造の模式図。(b) 通常の量子ドットと量子井戸に埋め込んだ量子ドットの光スピン変換効率の温度依存性。

### (4) InAs 量子ドットと GaNAs のトンネル結合構造の研究

図 4a に示す InAs 量子ドットと GaNAs のトンネル結合ナノ構造を作製し、室温で円偏光特性を評価した。GaNAs の円偏光度は最大 50%であるのに対して、量子ドットでは 90%を超える高い円偏光度を観測した (図 4b)。これは半導体における従来研究の最大値 60%を大きく上回り、世界最高のスピン偏極率を達成した。さらに、110°Cでも 80%の円偏光度が維持され高い実用性を示した。

次に、そのメカニズムについて調べた。通常の量子ドットでは円偏光度の急激な減少が発光中に見られるのに対して、このナノ構造では円偏光度の巨大増幅現象が見られた。特に、量子ドットと GaNAs が強く結合するトンネルバリア厚 5 nm 以下の試料で顕著に観測され、GaNAs のリモートスピントラッキングにより量子ドットの高い電子スピン偏極が得られることを明らかにした。

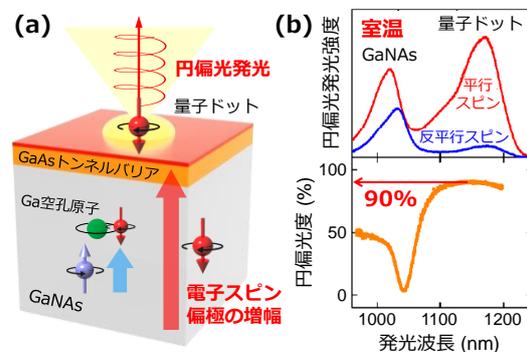


図 4 (a) 本研究で開発した InAs 量子ドットと希薄窒化物半導体 GaNAs のトンネル結合ナノ構造。(b) 室温で得られた量子ドットと GaNAs の円偏光発光スペクトル (上図) と発光の円偏光度 (下図)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 K. Etou, S. Hiura, S. Park, K. Sakamoto, J. Takayama, A. Subagyo, K. Sueoka, and A. Murayama	4. 巻 16
2. 論文標題 Room-Temperature Spin-Transport Properties in an In <sub>0.5</sub> Ga <sub>0.5</sub> As Quantum Dot Spin-Polarized Light-Emitting Diode	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Applied	6. 最初と最後の頁 014034:1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.16.014034	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Y. Huang, V. Polojarvi, S. Hiura, P. Hojer, A. Aho, R. Isoaho, T. Hakkarainen, M. Guina, S. Sato, J. Takayama, A. Murayama, I. A. Buyanova, and W. M. Chen	4. 巻 15
2. 論文標題 Room-temperature electron spin polarization exceeding 90% in an opto-spintronic semiconductor nanostructure via remote spin filtering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Photonics	6. 最初と最後の頁 475 ~ 482
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41566-021-00786-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 S. Park, H. Chen, S. Hiura, J. Takayama, K. Sueoka, and A. Murayama	4. 巻 6
2. 論文標題 Electric-Field-Effect Spin Switching with an Enhanced Number of Highly Polarized Electron and Photon Spins Using p-Doped Semiconductor Quantum Dots	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 8561 ~ 8569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.1c00377	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 S. Hiura, M. Takishita, J. Takayama, S. Sato, and A. Murayama	4. 巻 14
2. 論文標題 Highly Efficient Room-Temperature Electron-Photon Spin Conversion Using a Semiconductor Hybrid Nanosystem with Gradual Quantum Dimensionality Reduction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Applied	6. 最初と最後の頁 044011:1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.14.044011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Hiura, S. Hatakeyama, J. Takayama, and A. Murayama	4. 巻 116
2. 論文標題 Asymmetric spin relaxation induced by residual electron spin in semiconductor quantum-dot-superlattice hybrid nanosystem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 262407:1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0010754	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Sato, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama	4. 巻 116
2. 論文標題 Suppression of thermally excited electron-spin relaxation in InGaAs quantum dots using p-doped capping layers toward enhanced room-temperature spin polarization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 182401:1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0004300	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Sato, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama	4. 巻 127
2. 論文標題 Temperature dependence of inter-dot electron-spin transfer among laterally coupled excited states in high-density InGaAs quantum dots	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 043904:1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5134002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Chen, S. Hiura, J. Takayama, S. Park, K. Sueoka, and A. Murayama	4. 巻 13
2. 論文標題 Enhanced hetero-dimensional electron-spin injection in a resonantly tunnel-coupled InGaAs quantum dot-well nanosystem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 015003:1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/ab59bb	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Hiura, S. Saito, J. Takayama, T. Kiba, and A. Murayama	4. 巻 115
2. 論文標題 Layer-selective spin amplification in size-modulated quantum nanocolumn	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 013102:1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5098110	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計46件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 K. Etou, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 Quantum dot spin-polarized light-emitting diodes operating at room temperature
3. 学会等名 The 24th Hokkaido University - Seoul National University Joint Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Hiura
2. 発表標題 Room-temperature spin-photon conversion using semiconductor quantum dot
3. 学会等名 The 24th Hokkaido University - Seoul National University Joint Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 樋浦 諭志
2. 発表標題 室温以上で機能する光スピントロニクス半導体の開拓
3. 学会等名 第7回北大・部局横断シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江藤 亘平, 樋浦 諭志, パク ソヨン, 高山 純一, スバギョ アグス, 末岡 和久, 村山 明宏
2. 発表標題 量子ドットスピン偏極発光ダイオードの円偏光発光特性の温度依存性
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 紫乃, 中村 裕人, 朴 昭暎, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 希薄窒化GaAsとInAs量子ドットのトンネル結合構造におけるスピンドイナミクス
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 畠山 沙衣子, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 超格子の電子スピン輸送特性に対する井戸厚さの影響
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和泉 蒼翼, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 GaAsキャップ層成長速度の異なるInAs量子ドットの時間分解発光特性
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阪元 和弥, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 InGaAs量子ドットの光スピン特性の向上にむけたpドーブ方法の検討
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Park, S. Hiura, H. Chen, J. Takayama, K. Sueoka, and A. Murayama
2. 発表標題 Temperature dependence of electron-spin polarization in InGaAs quantum dot opto-spintronic device applied with electric field
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Etou, S. Hiura, J. Takayama, S. Park, A. Subagyo, K. Sueoka, and A. Murayama
2. 発表標題 Temperature effects on performances of a spin-polarized light emitting diode using p-doped InGaAs quantum dots
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Sato, Y. Nakamura, S. Park, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 Optical spin properties of InAs quantum dots tunnel-coupled with dilute nitride GaNAs
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Park, S. Hiura, H. Chen, J. Takayama, K. Sueoka, and A. Murayama
2. 発表標題 Electric-field control of electron-spin polarization degree at room temperature in opto-spintronic device using InGaAs quantum dots
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 Photoelectric spin information conversion using semiconductor quantum dot
3. 学会等名 Joint Symposium of Engineering & Information Science & WPI-ICReDD in Hokkaido University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 紫乃, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 半導体量子ドットを用いた省電力の電子スピン情報光伝送
3. 学会等名 映像情報メディア学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和泉 蒼翼, 佐藤 紫乃, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 InAs量子ドットの発光特性のGaAsキャップ層成長速度依存性
3. 学会等名 第56回応用物理学会北海道支部/第16回日本光学会北海道支部合同学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 樋浦 諭志
2. 発表標題 半導体量子ドットが拓く光電スピン情報変換
3. 学会等名 第6回北大・部局横断シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Etou, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 Fabrication of p-doped quantum dot spin-polarized light-emitting diodes
3. 学会等名 2020 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Sato, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 Highly efficient electron-photon spin conversion using InGaAs quantum dots with p-doped capping barrier
3. 学会等名 2020 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Hatakeyama, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 Spin relaxation property after spin transfer from a semiconductor superlattice barrier to quantum dots
3. 学会等名 2020 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Park, H. Chen, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 Electron-spin dynamics in tunnel-coupled structures of InGaAs well and dot with different p-doping concentrations applied with electric field
3. 学会等名 2020 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 畠山 沙衣子, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 半導体超格子バリアから量子ドットへのスピン輸送と注入後のスピン緩和
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阪元 和弥, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 InGaAs量子ドットの光スピン特性のpドーピング濃度依存性
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高山 純一, 大竹 章久, 樋浦 諭志, 村山 明宏
2. 発表標題 可変ストライプ長法によるInGaAs量子ドットのモード利得測定の間膜厚依存性
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江藤 亘平, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 電流注入型pドーブ量子ドットスピン発光ダイオードの作製
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Sato, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 Suppression of thermal spin relaxation of InGaAs quantum dots by p-doping
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Park, H. Chen, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 P-doping concentration dependence of electron-spin dynamics in InGaAs quantum well-dot coupled structures applied with electric field
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 畠山 沙衣子, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 GaAs/AlGaAs超格子を用いたInGaAs量子ドットへのスピン輸送注入特性
3. 学会等名 第55回応用物理学会北海道支部/第16回日本光学会北海道支部合同学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 紫乃, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 高密度InGaAs量子ドットの励起状態における電子スピンの熱励起効果
3. 学会等名 第55回応用物理学会北海道支部/第16回日本光学会北海道支部合同学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Hiura, J. Takayama, T. Kiba, and A. Murayama
2. 発表標題 Quantum spin transport to self-assembled InGaAs quantum dots through AlGaAs/GaAs superlattice
3. 学会等名 Materials Research Meeting (MRM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 瀧下 水月, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 InGaAs/GaAs Dot-in-well構造における電子スピンドイナミクスの温度依存性
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大竹 章久, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 可変ストライプ長法によるInGaAs量子ドットの時間分解発光分光
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 朴 昭暎, 陳 杭, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 pドープInGaAs量子ドットへの電子スピン注入の電界制御
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 紫乃, 中村 裕人, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 pドープInGaAs量子ドットの励起準位における電子スピンドイナミクス
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村 裕人, 佐藤 紫乃, 樋浦 諭志, 高山 純一, 村山 明宏
2. 発表標題 GaAsキャップ層を低温成長したInGaAs量子ドットにおける電子スピンドイナミクスの温度依存性
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 陳 亜鳳, 木場 隆之, 飯島 奈都美, 高山 純一, 肥後 昭男, 樋浦 諭志, 村山 明宏
2. 発表標題 GaAsナノピラーに埋め込まれたIn <sub>0.5</sub> Ga <sub>0.5</sub> As量子ドットにおけるスピンドイナミクス
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Hiura, S. Saito, J. Takayama, T. Kiba, and A. Murayama
2 . 発表標題 Size-modulation-induced spin amplification in quantum nanocolumns
3 . 学会等名 7th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructures (SemiconNano2019) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 A. Ohtake, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2 . 発表標題 Temperature dependence of modal gain at excited states in high-density InGaAs quantum dots by variable stripe length method
3 . 学会等名 7th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructures (SemiconNano2019) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Takishita, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2 . 発表標題 Temperature-persistent spin relaxation in InGaAs/GaAs dots-in-well structure
3 . 学会等名 7th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructures (SemiconNano2019) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Park, H. Chen, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2 . 発表標題 Electric-field-effect optical spin-injection device using p-doped InGaAs quantum dots
3 . 学会等名 7th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructures (SemiconNano2019) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Nakamura, S. Hiura, S. Sato, J. Takayama, and A. Murayama
2 . 発表標題 Temperature-dependent spin dynamics in InGaAs quantum dots embedded with GaAs capping layer grown at low temperature
3 . 学会等名 7th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructures (SemiconNano2019) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Sato, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2 . 発表標題 P-doping effects on temperature-dependent spin dynamics in InGaAs quantum dots
3 . 学会等名 7th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructures (SemiconNano2019) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Hiura, J. Takayama, T. Kiba, and A. Murayama
2 . 発表標題 Spin-conserved electron transport to InGaAs quantum dots through GaAs/AlGaAs superlattice
3 . 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (CSW2019) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 J. Takayama, S. Hiura, K. Takeishi, T. Kiba, and A. Murayama
2 . 発表標題 Lateral electronic coupling among self-assembled semiconductor quantum dots promoted by adjoining tunnel-coupled quantum-well potentials
3 . 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (CSW2019) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Park, H. Chen, J. Takayama, S. Hiura, and A. Murayama
2. 発表標題 Electric-field control of optical-spin injection from an InGaAs quantum well to p-doped quantum dots
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (CSW2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Sato, M. Murakami, Y. Nakamura, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 Effects of p-doping on excited spin states and the dynamics in InGaAs quantum dots
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (CSW2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Nakamura, S. Hiura, S. Sato, J. Takayama, and A. Murayama
2. 発表標題 Effects of growth temperature of a capping layer on excited spin properties of In <sub>0.5</sub> Ga <sub>0.5</sub> As quantum dots
3. 学会等名 Compound Semiconductor Week 2019 (CSW2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>室温動作スピンLEDを開発し、動作特性の支配要因を解明  <a href="https://www.hokudai.ac.jp/news/2021/07/led.html">https://www.hokudai.ac.jp/news/2021/07/led.html</a>          半導体スピントロニクス実用化最大の問題「室温動作の壁」を突破！  <a href="https://www.hokudai.ac.jp/introduction/gov/office/pr/press-conference/R3.html">https://www.hokudai.ac.jp/introduction/gov/office/pr/press-conference/R3.html</a>          室温さらには110 で世界最高性能のスピン増幅を達成  <a href="https://www.hokudai.ac.jp/news/2021/04/110-1.html">https://www.hokudai.ac.jp/news/2021/04/110-1.html</a>          室温で電子スピン情報を光情報に変換するナノ材料を開発  <a href="https://www.hokudai.ac.jp/news/2020/10/post-735.html">https://www.hokudai.ac.jp/news/2020/10/post-735.html</a>          北海道大学 大学院情報科学研究院 電子材料学研究室  <a href="https://www.ist.hokudai.ac.jp/labo/processing/">https://www.ist.hokudai.ac.jp/labo/processing/</a></p>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
スウェーデン	Linkoping University			
フィンランド	Tampere University			