

令和 3 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02796

研究課題名（和文）フォトニック結晶ナノ共振器を用いた量子ドットからの単一光子光渦の生成

研究課題名（英文）Generation of Single Photon Vortex from a Quantum Dots Embedded in a Photonic Crystal Nanocavity

研究代表者

岩本 敏（Iwamoto, Satoshi）

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

研究者番号：40359667

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：H1型フォトニック結晶ナノ共振器の縮退した四重極モードを利用して、共振器中の適切な位置におかれた量子ドットのスピン状態と ± 1 の軌道角運動量を有する光渦の相互変換が可能であることを、理論モデルと電磁界解析により示した。また、表面に2重折格子を装荷したリング共振器を用いて、偏光分布がスキルミオン数で特徴づけられるフルポアンカレビームの生成が可能であることを見出した。この手法を用いることで、量子ドットのスピン状態に応じて符号の異なるスキルミオン数をもつビームの生成が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

PhCナノ共振器は高効率単一光子源やナノレーザなどに応用されているが、主に単一共振器モードを用いたものである。本研究は縮退2モードを積極的に利用したPhCナノ共振器の新たな活用の可能性を提示するものである。また、フルポアンカレビームはバルク光学系ではその生成法が知られていたが、集積フォトニクス技術を活用した生成法としては本研究が初めてである。集積フォトニクス技術での発生が可能となることで、量子ドットとの相互作用の活用が可能となる。これらの結果は、スピンと光の軌道角運動量や偏光分布を相関させた新たなスピン-光子インターフェース等への展開を可能にするものである。

研究成果の概要（英文）：We investigated the interaction between a quantum dot and degenerate quadrupole cavity modes in a H1-type photonic crystal nanocavity theoretically and numerically. We demonstrated that the spin state of electron in the quantum dot and the optical vortex with the orbital angular momentum of $|\ell|=1$ can be mutually converted in the case that the quantum dot is located at an appropriate position within the cavity. We also proposed a scheme to generate Poincare beams, whose polarization distribution is characterized by a skyrmion number, from a ring resonator. In this scheme, it is possible to change the sign of the skyrmion number depending on the spin state of the quantum dot.

研究分野：量子ナノフォトニクス

キーワード：フォトニック結晶 円偏光 スピン 軌道角運動量 共振器

1. 研究開始当初の背景

螺旋状の波面構造を有する光渦は、軌道角運動量を有する光波として近年注目を集めている。この光の軌道角運動量を利用した新たな物性探索や微小物体の公転回転運動制御、螺旋状構造物の光加工などの興味深い応用に加えて、情報通信分野においては、次数の異なる光軌道角運動量を有するビームを束ねることで情報伝送量の拡大を図る試みが進められている[1]。また、軌道角運動量に関する2つの光波間の量子もつれ[2]に関する研究も報告されており、光渦の量子情報技術における光渦の利用の可能性も議論が進んでいる。このように、光渦は、従来から利用されてきた波長や偏光などの物理量に加えて、軌道角運動量という新たな自由度の利用を可能とするものであり、様々な分野で新たなパラダイムを拓きつつある。

一方、半導体量子ドット(Quantum Dot, QD)は、単一光子や偏光もつれ光子対のオンデマンド生成が可能であり、量子フォトニクス技術の発展を担う基本構造として期待されている[3]。光による量子ドットのスピン制御[4]や、QD中のスピンと光子の間のもつれ状態生成[5]なども報告されており、スピン-光子インターフェースや量子ゲートへの応用も期待されている。これらにおいては、QDと光の相互作用において、光の波長や偏光の自由度を巧みに活用されている。しかし、QDと軌道角運動量を持つ光渦の相互作用およびその活用については、検討が進んでいない。これは、光渦とQDの相互作用が通常の光波を用いた場合とくらべてかなり弱いためである[6]。

このような背景のもと、我々はQDと光渦の間に実効的な相互作用を実現できれば、軌道角運動量を有する単一光子光渦のオンデマンド生成や、スピンと光の軌道角運動量を相関させた新たなスピン-光子インターフェース等への展開を図れるのではないかと考え、マイクロリング共振器における光のスピン軌道相互作用と利用してその実現可能性を議論し[7]、QDのスピン状態に依存して符号の異なる軌道角運動量を有する光渦の生成が可能であることを見出ししている。リング共振器に比べモード体積が小さいナノ共振器系でQDと光渦の間の実効的な相互作用を実現できれば、その強い光閉じ込めに起因するパーセル効果を利用して効率的な光渦生成が期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、光共振器を利用して、単一QDからそのスピン状態に依存した符号の異なる軌道角運動量を有する単一光子光渦の生成を目指す。特に、単一光子光渦の高効率生成を目標に、パーセル効果が利用できる光ナノ共振器としてフォトニック結晶(Photonic Crystal, PhC)ナノ共振器の利用可能性を明らかにするとともに、リング共振器やPhCナノ共振器を用いた光渦生成技術の開発を目指す。

3. 研究の方法

リング共振器に対する検討から、量子ドットのスピン状態に依存する光渦の生成には、縮退した2つの共振器モードが必要であることが明らかとなっている。この知見を基礎に、本研究では、その対称性から縮退した共振器モードを有するH1型PhCナノ共振器を対象に検討を進める。ナノ共振器中で生じる光のスピン軌道相互作用とスピン偏極した量子ドットから円偏光発光が得られることを利用して光渦生成が可能となる。

当初計画は以下のとおりである。理論的検討においては、数値解析を用いてH1型PhCナノ共振器における光渦生成を詳しく検討し、作製誤差による影響を明らかにし作製技術開発への指針を明らかにする。また期間全体わたり、光渦生成に適した新たな共振器構造や新方式、拡張や応用の可能性も継続的に検討する。また、試料作製技術と光渦評価技術の確立を進め、提案方式の実験的実証を目指す。

研究の過程で、H1型PhCナノ共振器が、量子ドットの電子スピンと光渦のインターフェースとして機能することを明らかにすることができた。また、新たな共振器構造や新方式、拡張や応用の可能性を検討する過程で、リング共振器を用いてフルポアンカレビームと呼ばれる特殊な光ビームが生成できることを発見し、量子ドットのスピン自由度と光の偏光分布の相関を実現できる新たな可能性を見出した。以下ではこの2点について詳細を述べる。

4. 研究成果

(1) H1型PhCナノ共振器を用いた量子ドット-光渦インターフェース[8]

図1に半導体スラブに形成されたH1型PhCナノ共振器の模式図(a)と利用する縮退した四重極モード(Q1およびQ2)の電磁場分布(b)を示す。構造の対称性を維持しながら共振器周囲の円孔の位置やサイズを調整することで四重極モードの共振器Qを高めることが可能である、本研究においても問題に応じて適宜設計を調整しながら解析を行った。2つの縮退した四重極モードを $\pm 90^\circ$ の位相差をつけて励振した場合、それぞれは結合モード(Q1+iQ2もしくはQ1-iQ2)として表される。このように形成された結合モードに対して光の局所的円偏光度を表す光スピン角運動量密度の空間分布を計算した例を図1(c)に示す。局所的に大きな光スピン角運動量密度を持つこと、その符号は2つの結合モードで反転していることがわかる。したがって、光スピン

角運動量密度の大きな位置に配置された QD は、そのスピン状態に応じて右回りもしくは左周りの円偏光を発するが、その円偏光の向きに対応して $Q1+iQ2$ 、 $Q1-iQ2$ のいずれかを選択的に励振することができる。それぞれの結合モードに対応する電磁場は共振器中心を軸に時間的に逆向きに回転する。その結果、渦上の波面を持った光渦が放射される。

円偏光を発する QD を回転する点状のダイポールで模擬し、共振器からの放射を 3 次元有限差分時間領域法 (FDTD 法) で解析した結果を図 2 に示す。円偏光励振時には、渦上の波面が観測され光渦が生成できていることがわかる。放射光は円偏光で軌道角運動量の絶対値は 1 である。したがって、全角運動量はそれぞれの円偏光励起に対して ± 2 となっている。これは、四重極モードで形成された回転する結合モードの角運動量が ± 2 であることに対応するものである。図 1(c) に示す通り光スピン角運動量密度の符号は空間的に変化するため、放射光の位相回転の向き(軌道角運動量の符号)と QD のスピン状態(放射円偏光の向き)の関係は、QD の場所に依存する。また、QD が光スピン角運動量密度ゼロの位置に置かれた場合には、円偏光が発光されたとしても光渦は得られない。

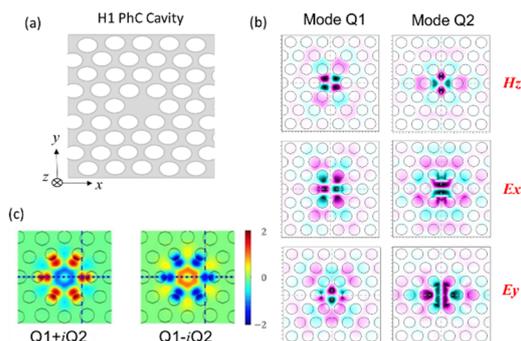


図 1: (a) H1 型 PhC ナノ共振器の模式図、(b) 縮退した四重極モードの電磁場分布、(c) 結合モードの光スピン角運動量密度の分布

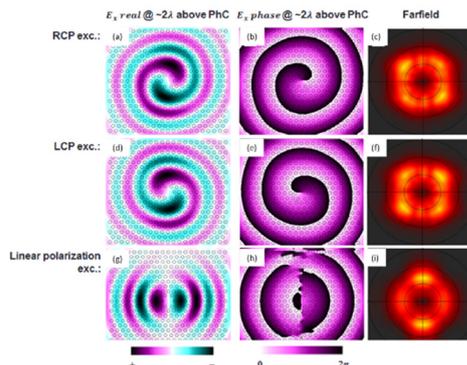


図 2: スラブ表面から 2 波長離れた位置での放射モードの放射電場(E_x 成分)の実部(a, d, g)、位相(b, e, h)および遠方場の光強度分布(c, f, i)。(a, b, c): 右回り円偏光励起時、(d, e, f): 左回り円偏光励起時、(g, h, i) 直線偏光励起時

QD 中の電子スピンの向き(発光の左右の円偏光に対応)と放射される光渦の軌道角運動量が正しく対応するためには、例えば、スピナップに対応する円偏光状態の発光では $Q1+iQ2$ が、スピンドアウンに対応する逆の向きの円偏光の発光では $Q1-iQ2$ が励起される必要がある。またその励起効率が同じであることも求められる。この条件は、 $Q1$ および $Q2$ モードの電場を $\mathbf{E}_{Q1}(\mathbf{r})$ 、 $\mathbf{E}_{Q2}(\mathbf{r})$ とするとそれぞれ $\mathbf{E}_{Q1}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{E}_{Q2}(\mathbf{r})=0$ 、 $|\mathbf{E}_{Q1}(\mathbf{r})|=|\mathbf{E}_{Q2}(\mathbf{r})|$ と表せる。更に、光渦の高効率生成のためには、共振器中の光電場の大きな位置に QD を配置することが求められる。図 3 は QD を置くべき場所を見積もった結果の一例である。図中の青い曲線は $\mathbf{E}_{Q1}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{E}_{Q2}(\mathbf{r})=0$ の位置を、赤い曲線は $|\mathbf{E}_{Q1}(\mathbf{r})|=|\mathbf{E}_{Q2}(\mathbf{r})|$ となる位置を表している。これらの曲線の交点のうち、光電場の大きい場所が QD の配置場所として適当であることがわかる(図 3 白矢印)。この例では $|\mathbf{E}_{Q1}(\mathbf{r})|=|\mathbf{E}_{Q2}(\mathbf{r})| \sim 0.6|\mathbf{E}_{MAX}|$ である。中心に小さな空気円孔を挿入する、対称性を維持しつつ周囲の円孔にサイズや位置を制御するなどにより、この値の向上が可能であることも確認している。

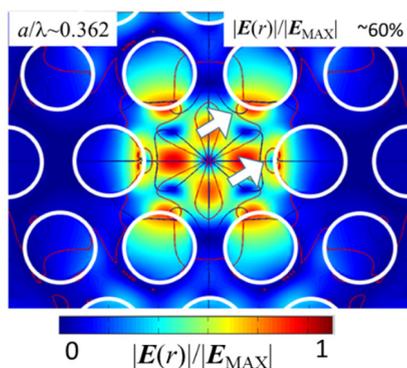


図 3: H1 型 PhC ナノ共振器における四重極モードの電場強度分布および局所的モード直交条件 ($\mathbf{E}_{Q1}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{E}_{Q2}(\mathbf{r})=0$ 、青曲線) と等強度励起条件 ($|\mathbf{E}_{Q1}(\mathbf{r})|=|\mathbf{E}_{Q2}(\mathbf{r})|$ 、赤曲線)

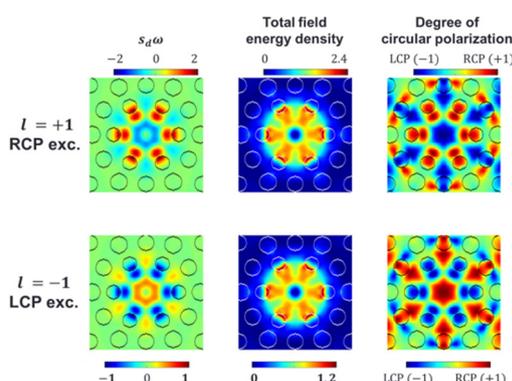


図 4: 円偏光光渦を入射した場合に H1 型 PhC ナノ共振器に形成される光スピン角運動量密度、光強度分布と共振器内の各点における電場の円偏度。(a, b, c): 右円偏光で $l=1$ の光渦での励起、(d, e, f): 左円偏光で $l=-1$ の光渦での励起

この構造に外部から円偏光をもった光渦を入射した場合に、共振器中に形成される光のスピ
ン角運動量密度分布、強度分布と各点における円偏光度を求めた例を図4に示す。共振器内のい
くつかの場所では高い円偏光度が得られており、そのような位置に置かれた QD では、この光子
が吸収され円偏光の向きに対応したスピ
ンが励起される。また、右円偏光で $l=-1$ 、左円偏光で $l=1$
という状態の入射光は、全角運動量が 0 であり結合四重極モードが持つ全角運動量 ± 2 と整合しないた
め、効率的な励起が生じないことも確認した。これらの励起下では共振器内に形成される光スピン角運動
量密度はほとんどゼロであった。図4の解析で用いた共振器構造では、共振器近傍の円孔サイズ
や位置が制御されているが、図3のような単純 H1 型ナノ共振器においても、本質的には同じ結
果が得られる。以上の結果は、H1 型 PhC ナノ共振器が QD 中の電子スピンと光渦の相互変換を可
能にするメディア変換器として機能し得ることを示すものである。

(2) リング共振器を用いた非一様偏光ビームの生成

(1)では H1 型ナノ共振器中での光のスピン軌道相互作用を利用して、QD のスピン状態に応じ
て符号の異なる軌道角運動量の生成が可能であることを示した。QD のスピン状態と光の相関に
おいて、光の軌道角運動量以外も利用できればその可能性は更に広がると期待される。本課題で
は、H1 ナノ共振器以外の新たな共振器構造や新方式、拡張や応用の可能性の検討を進めてきた。
その過程で、リング共振器における光のスピン軌道相互作用を活用することで、異なる軌道角運
動量をもつ左右円偏光の光の重ね合わせで実現されるフルポアンカレビームと呼ばれる非一様
な偏光分布を持った光ビームが生成できること、QD のスピン状態に応じて異なる偏光分布を有
する光ビームが生成できることを見出した。

図5(a)は、細線導波路などの光閉じ込めが強い光導波路中を光が伝播する際の面内光電場の
様子を模式的に示したものである。導波路中心では面内電場は直線的に振動するが、導波路中心
からずれた場所では、面内電場が回転し円偏光に相当する電場をもつ点(Cポイント)が現れる。
このカイラル点における電場回転の向きは進行方向に向かって左側と右側で反転している(図
5(a)の赤と青)。一方、リング共振器の m 次のモードに対して、 g 個の散乱体からなる回折格子
を設けると軌道角運動量 $l = m - g$ の光渦が得られることができる[9]。回折格子をCポイントに
設けることで、円偏光で軌道角運動量をもつ光を生成することができる(図5(b)) [10]。我々は、
リング共振器中に形成される C ポイントが、位置に応じて反対の円偏光状態を持つこと(図 5
(b))に注目し、散乱体の個数が異なる2つの回折格子を設けたリング共振器構造(図5(c))を
検討した。利用する共振器モードの次数を m とし、右回り円偏光を示すCポイントに個数 $m-1$ の
微小散乱体を設けると角運動量の保存則から右回り円偏光($s=1$)で軌道角運動量ゼロ($l=0$)の光が
放射される(図5(c)左)。一方、左回り円偏光を示すCポイントに個数 m の微小散乱体を設けると、
左回り円偏光($s=-1$)で軌道角運動量 $1(l=1)$ の光が放射される。したがって、この2つの回折
格子をもつリング共振器はその重ね合わせとしてフルポアンカレビームが放射されることにな
る。放射されるフルポアンカレビームはビーム断面上にすべての偏光状態をもち、ポアンカレ球
上にマップすると、ちょうどその表面を1回被覆する。これは電子スピンのトポロジカルな分布
である磁気スキルミオンのスピン分布に対応する。そのため、フルポアンカレビームは偏光分布
がスキルミオン状の分布で特徴付けられる光スキルミオンビームと呼ぶことができる。

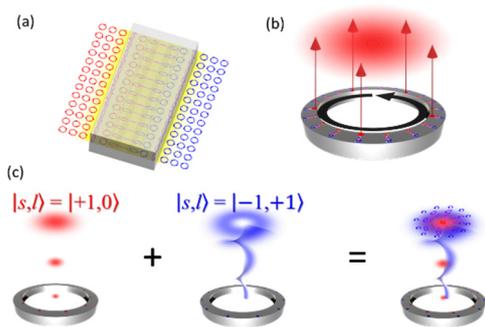


図5: (a)細線導波路における面内光電場の偏光分布、(b)Cポイントに回折格子が配置されたリング共振器、(c)二重回折格子と用いたフルポアンカレビーム生成の原理

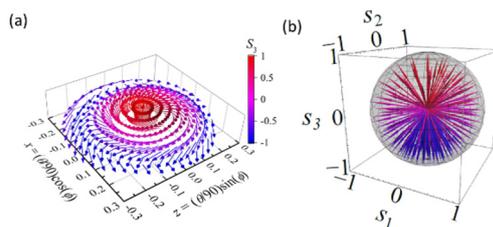


図6: FDTDにより求めた2重回折格子を有するリング共振器からの放射光の偏光分布(a)とそのポアンカレ球表示。スキルミオン数 $N_{sk}=1$ のフルポアンカレビームの生成例

この手法の有効性を確認するため、半導体マイクロリング共振器の表面に2重回折格子を設
けた構造について、FDTD法を用いて共振器からの放射を求め、その偏光分布を調べた。回折格
子は、共振器表面のCポイントに対応する位置に所定の数だけ設けた浅い円形空気溝により構
成されている。図6はその計算結果の一例である。この例では、散乱体の数とモード次数は図
5(c)右に対応するビームを生成するように設定されている。図6(a)は放射光の偏光分布をスト
ークスペクトルを用いて表したものである。中心では右回り円偏光($s=1$)では、周辺では左回り円
偏光($s=-1$)となっており、その間では、連続的に偏光状態が変化していることがわかる。この結

果をポアンカレ球上にマップした結果が図 6(b)である。図では表示の関係でベクトルを間引いて表示しているが、球面を一回被覆することが確認できた。また、スキルミオン状分布を特徴づけるスキルミオン数 N_{sk} を計算したところ $N_{sk}-1$ が得られた。本手法では回折格子の数とモード次数の関係を制御することで、異なる N_{sk} を有するフルポアンカレビームの生成が可能である。また、 N_{sk} の符号は光がリング内を周回する向きによって決まる。したがって、C ポイントに QD を配置した場合には、スピン状態に依存して N_{sk} と $-N_{sk}$ を持つフルポアンカレビームを生成することが可能となる。したがって、本方式は QD スピンと光子の新しいメディア変換として利用できる。現在、QD を有するウェハに回折格子付きリング共振器を作製するための技術開発を進めている。

<参考文献>

- [1] 尾松孝茂, 光学 **42**, 586(2013).
- [2] A. Mair, A. Vaziri, G. Weihs, and A. Zeilinger, Nature **412**, 313 (2001).
- [3] C. P. Dietrich, A. Fiore, M. G. Thompson, M. Kamp, and S. Höfling, Laser Photonics Rev. **10**, 870 (2016).
- [4] M. Kroutvar, Y. Ducommun, D. Heiss, M. Bichler, D. Schuh, G. Abstreiter, and J. J. Finley, Nature **432**, 81 (2004).
- [5] W. B. Gao, P. Fallahi, E. Togan, J. Miguel-Sanchez, and A. Imamoglu, Nature **491**, 426 (2012).
- [6] G. F. Quinteiro and P. I. Tamborenea, Phys. Rev. B **79**, 155450 (2009).
- [7] 岩本敏、太田泰友、荒川泰彦、第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 21p-S621-1 (2016).
- [8] C. F. Fong, Y. Ota, S. Iwamoto, and Y. Arakawa, Opt. Express **26**, 21219 (2018).
- [9] X. Cai, J. Wang, M. J. Strain, B. Johnson-Morris, J. Zhu, M. Sorel, J. L. O'Brien, M. G. Thompson, and S. Yu, Science **338**, 363 (2012).
- [10] Z. Shao, J. Zhu, Y. Chen, Y. Zhang, and S. Yu, Nat. Commun. **9**, 926 (2018).
- [11] W. Lin, Y. Ota, Y. Arakawa and S. Iwamoto, Phys. Rev. Research **3**, 023055 (2021).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 W. Lin, Y. Ota, S. Iwamoto, and Y. Arakawa	4. 巻 44
2. 論文標題 Spin-dependent directional emission from a quantum dot ensemble embedded in an asymmetric waveguide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Opt. Lett.	6. 最初と最後の頁 3749-3752
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OL.44.003749	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 C. F. Fong, Y. Ota, S. Iwamoto, and Y. Arakawa	4. 巻 26
2. 論文標題 Scheme for media conversion between electronic spin and photonic orbital angular momentum based on photonic nanocavity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Opt. Express	6. 最初と最後の頁 21219-21234
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OE.26.021219	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 岩本敏、荒川泰彦	4. 巻 46
2. 論文標題 フォトニック構造による光の軌道角運動量の生成	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 182-186
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 W. Lin, Y. Ota, Y. Arakawa, and S. Iwamoto	4. 巻 3
2. 論文標題 Microcavity-based generation of full Poincare beams with arbitrary skyrmion numbers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 23055
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevResearch.3.023055	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 岩本敏	4. 巻 49
2. 論文標題 トポロジと光学 -過去・現在・未来-	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 438-447
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 林 文博、太田 泰友、荒川 泰彦、岩本 敏
2. 発表標題 光スキルミオン結晶ビームの生成手法の提案
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 岩本敏
2. 発表標題 分野融合が拓くナノフォトニクスの新展開
3. 学会等名 2020年電子情報通信学会総合大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 W. Lin, Y. Ota, Y. Arakawa, and S. Iwamoto
2. 発表標題 An On-chip Full Poincare Beam Emitter Based on an Optical Micro-ring Cavity
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 W. Lin, Y. Ota, Y. Arakawa, and S. Iwamoto
2. 発表標題 Optical Skyrmionic Beam Generation Using a Micro Cavity
3. 学会等名 Optomagnonics 2019 at Cambridge (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Iwamoto
2. 発表標題 Generation of Structured Light Using Spin-orbit Interaction of Light in Photonic Nanostructures
3. 学会等名 Optomagnonics 2019 at Cambridge (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Iwamoto
2. 発表標題 Integrated topological photonics using semiconductor-based photonic nanostructures
3. 学会等名 The International Symposium on Plasmonics and Nanophotonics (iSPN2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林文博、太田泰友、荒川泰彦、岩本敏
2. 発表標題 二重回折格子を有するリング共振器を用いたフルポアンカレビームの生成：理論解析
3. 学会等名 電子情報通信学会レーザ・量子エレクトロニクス研究会 5月研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩本 敏
2. 発表標題 トポロジカルフォトンクス：数学と物理，工学の融合で目指すフォトンクスの新展開
3. 学会等名 第3回電子材料若手交流会研究（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 W. Lin, Y. Ota, Y. Arakawa, and S. Iwamoto
2. 発表標題 Higher-order Poincare sphere beam generation via a micro ring resonator
3. 学会等名 International Symposium on Hybrid Quantum Systems 2019 (HQS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 W. Lin, Y. Ota, Y. Arakawa, and S. Iwamoto
2. 発表標題 Topological light from optical micro-ring cavity
3. 学会等名 International workshop "Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 C. F. Fong, Y. Ota, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 Scheme for Conversion between Electronic Spin and Photonic Orbital Angular Momentum using a Photonic Crystal with an Embedded Quantum Dot
3. 学会等名 The Excitonics and Polaritonics International Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Takahashi, T. Tajiri, Y. Ota, J. Tatebayashi, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 Circularly Polarized Spontaneous Emission from Quantum Dots in Three-Dimensional Semiconductor Chiral Photonic Crystals
3. 学会等名 International Symposium on Hybrid Quantum Systems 2017 (HSQ2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 W. Lin, Y. Ota, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 A Numerical Investigation on the Directional Emission from a Quantum Dot Ensemble Embedded in an Asymmetric Optical Waveguide
3. 学会等名 International Symposium on Hybrid Quantum Systems 2017 (HSQ2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 林 文博、太田 泰友、荒川 泰彦、岩本 敏
2. 発表標題 リング光共振器を用いた高次ポアンカレビーム生成手法の提案
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 文博、太田 泰友、荒川 泰彦、岩本 敏
2. 発表標題 フルポアンカレ共振器モードとその光力場の解析
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林文博, 太田泰友, 荒川泰彦, 岩本敏
2. 発表標題 微小光共振器によるオンチップポアンカレビーム生成器の提案
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林文博, 太田泰友, 玉田晃均, 荒川泰彦, 岩本敏
2. 発表標題 プラズモニック導波路を用いた量子ドット集団からのスピン依存指向性発光に関する検討
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Iwamoto, Y. Ota, C. F. Fong, Y. Arakawa
2. 発表標題 Control of angular momentum of photons by photonic nanostructures
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 C. F. Fong, Y. Ota, S. Iwamoto, Y. Arakawa
2. 発表標題 Scheme for Optical Orbital-to-Electronic Spin Angular Momentum Media Conversion using a Photonic Crystal Nanocavity
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩本敏, 太田泰友, 高橋駿, 田尻武義, 車一宏, 荒川泰彦
2. 発表標題 量子ドット-フォトニック結晶結合系における発光制御
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩本敏, 荒川泰彦
2. 発表標題 フォトニック結晶による光の角運動量制御とその展開
3. 学会等名 超高速光エレクトロニクス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究協力者	林 文博 (Lin Wenbp)	東京大学大学院・工学系研究科・博士課程学生	
研究協力者	太田 泰友 (Ota Yasutomo)	東京大学・ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構・特任准教授	

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
---------	---------