

令和 2 年 5 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K06294

研究課題名（和文）半導体チップ上単一光子量子回路の研究

研究課題名（英文）Investigation of single photon quantum optical circuits implemented on semiconductor chips

研究代表者

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

研究者番号：90624528

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、半導体集積光回路上へ量子ドット単一光子源を集積する技術の開発と同系における量子光学実験を行った。集積技術として転写プリント法を研究し、ナノ共振器光源を光導波路上へ $\pm 50\text{nm}$ 程度の位置精度で集積することに成功した。また、同構造において99%を超える光源効率を達成可能なことを電磁界計算により明らかにした。半導体ナノ加工技術と転写プリント法を組み合わせることで様々な試料を作製し、光回路上での単一光子発生、複数光源集積やその独立発光波長チューニングなどを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

転写プリント法によりナノ共振器光源を光回路上へ的確に集積できることを示した点は大変意義深い。同手法は、その他のナノ光素子へも容易に適用できる。今後、多様な光素子の自在集積が可能である稀有な光集積技術として活用されていくことが期待できる。また、同技術を用いて光源を作製した場合でも、非常に高い光源効率が実現可能であることを示した点も重要である。本研究での成果が、量子技術に要求される高性能量子光源の開発に活用できることを示唆している。

研究成果の概要（英文）：We investigated integration technologies of quantum-dot single photon sources on semiconductor-based photonic integrated circuits, and performed quantum optical experiments on the photonic chips. We studied transfer printing for performing the photonic integration and succeeded in integrating nanocavity-based single photon sources on photonic waveguides with positioning accuracy better than $\pm 50\text{nm}$. We clarified that such photonic structures can achieve coupling efficiencies exceeding 99% based on electromagnetic simulations. Experimentally, we fabricated various integrated devices using semiconductor nanofabrication processes together with transfer printing, and demonstrated single photon generation on chip, integration of multiple sources on a single chip and in-situ independent wavelength tuning of the integrated single photon sources.

研究分野：半導体ナノフォトニクス

キーワード：単一光子源 量子ドット フォトニック結晶 転写プリント 光集積回路 ハイブリッド集積

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究課題開始時点の10年ほど前から、光量子情報処理を行う舞台として集積光回路が注目され、盛んに研究されている。本報告書執筆の時点でも同研究分野は進展を続け、大規模で高機能な光量子チップの実現に向けた取り組みが世界中で続けられている。その実現には、非常に高性能な集積量子光源が必要になると考えられている。しかしながら、研究課題開始時点から現時点においても、十分な性能を有する集積光源が実現されているとは言えない。一方、半導体を用いた固体量子光源の研究も急速に進展しており、特に半導体量子ドットを用いた光源は極めて高性能な単一光子源として動作する可能性が示されつつある。しかしながら、それらの量子ドットは自己形成法で作製されており、その空間位置や発光波長は確定的ではなく、光回路の所望の場所へ所望のデバイスを適切に集積することが困難であった。

2. 研究の目的

本研究では、量子ドット単一光子源を半導体集積光回路へ的確に集積するプロセス技術を探求し、光源を集積した光チップ上で量子光学実験を行うことを目指した。光源の集積技術として転写プリント法を探求し、nmオーダーの位置合わせ精度で光源を転写集積する技術の開発を図った。同時に、転写プリント法の利用を前提とした場合の適切な光源構造を電磁界計算により検討した。設計では特に、量子応用に要求される量子ドット発光と光回路との非常に高効率な結合の実現を目標とした。また、量子光回路への応用において重要な複数単一光子源の集積やその相対波長チューニング技術の開発も検討した。また光学実験により作製したデバイス进行评估し、その特性を明らかにすることで、本研究の集積量子光回路技術への応用可能性を明らかにすることを目指した。さらには、転写プリント法の広い応用範囲を示すため、導波路集積型量子ドットナノレーザーやプラズモニック単一光子源の作製への応用を図った。

3. 研究の方法

(1) デバイス作製： 転写プリント法を用いたナノ共振器の光導波路への集積を検討した。その概要を図1に示す。まず半導体ナノ加工技術を用いて中空構造のナノ共振器を作製する。次に透明ゴムを同共振器に接触させ、急速に引き剥がすことで素子をピックアップする。その後、ナノ共振器を導波路へ貼り付け、ゆっくりと透明ゴムをはがすことで、共振器の導波路集積を行う。ナノ共振器の作製には InAs 量子ドットを内包する GaAs スラブを用いた。その加工には電子線リソグラフィを用いた。転写作業は光学顕微鏡でモニタリングし、透明ゴムをピエゾアクチュエータで制御することで、極めて精密に転写対象の位置制御を行った。

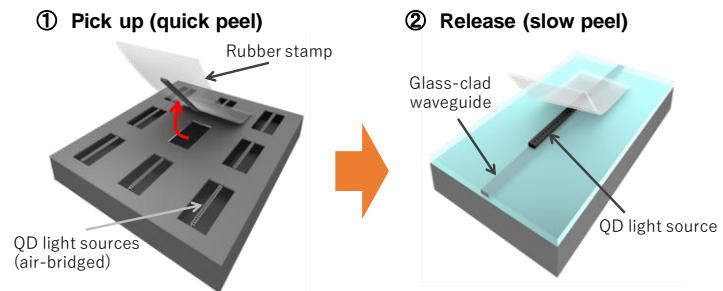


図1. 転写プリント法によるナノ共振器の集積

(2) 光源構造の設計： ガラスに埋め込んだ GaAs ないし Si による細線光導波路へ、単一量子ドットの発光を高効率で結合させる光構造を考察した。基本的な方針として、量子ドットの周囲にナノ共振器を作りこむことを検討した。これにより、Purcell 効果を介して共振器モードへの高い光結合を実現することが可能と考えた。また、同共振器モードと導波路とを強く結合させるために光学構造の最適化も行った。有限差分時間領域法による数値計算により光源効率を求めた。

(3) 光学実験： 作製したデバイスは低温顕微分光測定により評価した。試料は、クライオスタット内に設置し液体ヘリウム温度まで冷却した。顕微鏡を用いて単一のナノ共振器にアクセスし、対物レンズを通じてレーザー光による試料の光励起と試料からの自然放光観測を行った。取得した光シグナルは分光器と冷却 CCD 検出器によるスペクトル測定を行った他、超伝導単一光子検出器を用いた時間分解発光測定や強度相関測定により分析した。

4. 研究成果

(1) ナノ精度転写プリント集積の実現： 自作の顕微鏡および操作ステージ部分を組み合わせ転写装置を構築し、転写実験を行った。図2に作製した試料の一例を示す。ガラス埋め込み導波路(幅 350nm)の上部にナノビーム構造からなるナノ共振器が設置されている。の周囲の枠は、素子のピックアップ時にナノビームの直接的な破壊防ぎ役割を果たす。光学像からわかるように共振器はほとんどずれなく導波路上に設置されている。同様の実験を繰り返し、平均的な位置ずれはおおよそ±50nm以内であることが分かった。これは効率的な光学結合を得る上で十分な値である。また、転写の成功率はヒューマンエラーを除くとほぼ100%であった。

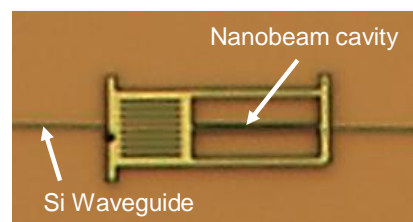


図2. 作製した試料の例

また、転写の成功率はヒューマンエラーを除くとほぼ100%であった。

(2) 導波路集積型・高効率量子ドット単一光子源の電磁界設計： 図3に検討した光学構造を示す。ナノ共振器は挿入図に示す閉じ込めモードを有し、そのモード体積は回折限界にせまるほど小さい。その帰結として強いPurcell効果が発現し、量子ドット発光は同モードに高効率に結合する。また、ナノ共振器はエバネッセント波を介して下部の導波路と結合する。両者の高効率な結合を担保するためには、両者の位相整合を実現することが重要であると確認した。ナノ共振器は導波路結合に支配されるQ値 ~ 1000 を示し、その外部放射の殆どが導波路へと結合する。数値計算から、量子ドット放射の導波路結合効率は99%を超えることが分かった。また、同設計はナノ共振器が導波路に対して100nm程度の位置ずれを起こした場合においても、高い効率を維持することができることを確認した。

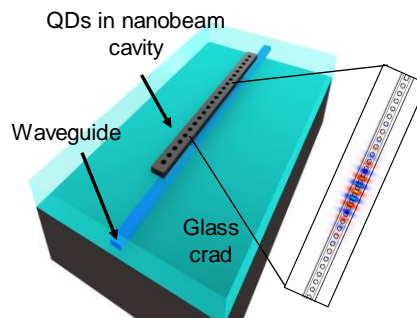


図3. 光学設計の概要

(3) 集積光チップ上単一光子発生の観測： 作製した試料を光学実験により評価した。試料の光学顕微鏡写真を図4(a)上部に示す。同試料に対してナノ共振器を励振しつつ発光イメージング像を取得した結果を図4(a)下部に示す。像取得には、共振器モード波長に合わせたバンドパスフィルタを使用した。導波路端に設けた出射ポートから強い光出力が観測されており、共振器が導波モードに強く結合し狙い通り量子ドット発光が同モードを伝搬していることが分かる。図4(b)に出射ポートにおいて測定したスペクトルを示す。共振器および量子ドットからの発光ピークが観測されている。量子ドットピークに対して時間分解発光測定を行ったところ発光寿命の短縮が確認された。これらの結果から、量子ドット発光の導波路結合効率を70%程度であると見積もった。さらに強度相関測定を行った結果を図4(c)示す。遅延時間ゼロの近傍で明瞭なアンチバンチングが観測され、量子ドットからの単一光子発生を確認した。これらの成果により、転写プリント法は、量子ドット単一光子源の主要な導波路集積手法の一つと認知されるに至っている(引用文献①-③参照)。

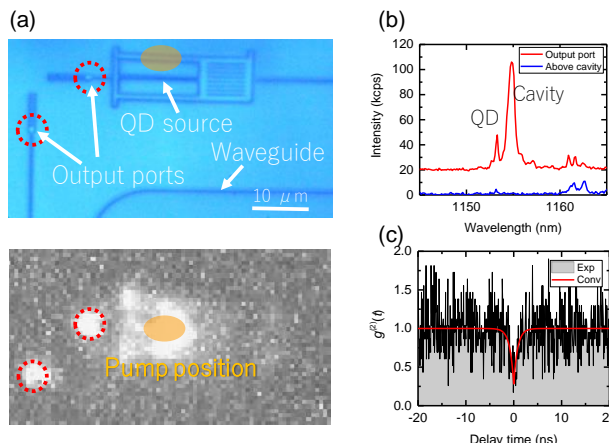


図4. 作製した試料の光学実験評価

(4) 複数光源の集積と独立波長チューニング： 転写プリントプロセスを繰り返すことで、複数単一光子源を集積した光チップを作製した。図5に試料の光学顕微鏡像を示す。二つの光源が別々の光導波路上に設置され、それらの導波路は多モード干渉光カプラを通じて結合している。量子ドット間の発光波長差を調整するために、光源の上に光駆動ヒーターが転写集積されている。このヒーターはシリコンスラブ上に金属が蒸着されたものであり、光駆動により発熱する。図5に二つの量子ドット光源を光励起しつつ、片方の光源を加熱しつつ取得したスペクトルを示す。スペクトルは光カプラ通過後の出力ポートにて測定した。二つの光源をほぼ独立に制御し、量子ドット波長を一致させることに成功していることが分かる。

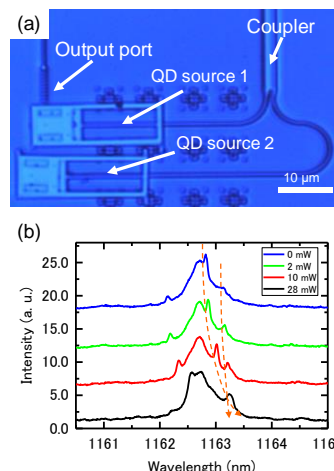


図5. 複数光源の集積

(5) そのたデバイス作製への転写プリント法の応用： まず、ナノ共振器—導波路結合系の作製時において、量子ドット密度を高めた基板を使用し試料を作製した。これにより、導波路集積型ナノ共振器において量子ドットレーザ発振を実現した。また、銀表面に量子ドットを含む半導体光構造を転写集積することでプラズモニック光源の作製を試みた。銀薄膜は、シリコン(111)基板上に精密に制御した条件下において銀を蒸着し、原子層レベルまで平坦化したものを作製した。この上に、GaAsで作製したマイクロリングを転写することで、プラズモニック共振器を作製した。光学実験により、横高次モードを利用したプラズモニック共振器モードと量子ドットの結合を確認し、その単一光子発生を観測した。

<引用文献>

- ① J. Kim, et al., Optica 7 291 (2020) ② A. Elshaari et al., Nat. Photonics 14, 285 (2020). ③ S. Hepp, et al., Adv. Quantum Technol. 2, 1900020 (2019).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Katsumi Ryota, Ota Yasutomo, Osada Alto, Tajiri Takeyoshi, Yamaguchi Takuto, Kakuda Masahiro, Iwamoto Satoshi, Akiyama Hidefumi, Arakawa Yasuhiko	4. 巻 116
2. 論文標題 In situ wavelength tuning of quantum-dot single-photon sources integrated on a CMOS-processed silicon waveguide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 041103 ~ 041103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1063/1.5129325	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 Tamada Akihito, Ota Yasutomo, Kuruma Kazuhiro, Watanabe Katsuyuki, Iwamoto Satoshi, Arakawa Yasuhiko	4. 巻 6
2. 論文標題 Single Plasmon Generation in an InAs/GaAs Quantum Dot in a Transfer-Printed Plasmonic Microring Resonator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 1106 ~ 1110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.8b01749	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 Katsumi Ryota, Ota Yasutomo, Kakuda Masahiro, Iwamoto Satoshi, Arakawa Yasuhiko	4. 巻 5
2. 論文標題 Transfer-printed single-photon sources coupled to wire waveguides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optica	6. 最初と最後の頁 691 ~ 691
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1364/OPTICA.5.000691	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 Osada Alto, Ota Yasutomo, Katsumi Ryota, Watanabe Katsuyuki, Iwamoto Satoshi, Arakawa Yasuhiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Transfer-printed quantum-dot nanolasers on a silicon photonic circuit	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 072002 ~ 072002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/APEX.11.072002	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 Osada A., Ota Y., Katsumi R., Kakuda M., Iwamoto S., Arakawa Y.	4. 巻 11
2. 論文標題 Strongly Coupled Single-Quantum-Dot?Cavity System Integrated on a CMOS-Processed Silicon Photonic Chip	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Applied	6. 最初と最後の頁 24071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.11.024071	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 Katsumi Ryota, Ota Yasutomo, Osada Alto, Yamaguchi Takuto, Tajiri Takeyoshi, Kakuda Masahiro, Iwamoto Satoshi, Akiyama Hidefumi, Arakawa Yasuhiko	4. 巻 4
2. 論文標題 Quantum-dot single-photon source on a CMOS silicon photonic chip integrated using transfer printing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 APL Photonics	6. 最初と最後の頁 036105 ~ 036105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1063/1.5087263	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 Ota Yasutomo, Moriya Rai, Yabuki Naoto, Arai Miho, Kakuda Masahiro, Iwamoto Satoshi, Machida Tomoki, Arakawa Yasuhiko	4. 巻 110
2. 論文標題 Optical coupling between atomically thin black phosphorus and a two dimensional photonic crystal nanocavity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 223105 ~ 223105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4984597	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 A. Tamada, Y. Ota, K. Kuruma, J. Ho, K. Watanabe, S. Iwamoto, Y. Arakawa	4. 巻 56
2. 論文標題 Demonstration of lasing oscillation in a plasmonic microring resonator containing quantum dots fabricated by transfer printing	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 102001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.56.102001	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64件（うち招待講演 15件 / うち国際学会 32件）

1. 発表者名 Y. Ota, R. Katsumi, A. Osada, M. Kakuda, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 Hybrid-integrated silicon quantum photonics toward scalable photonic quantum information processing
3. 学会等名 The 42nd Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS) in Xiamen, Xiamen, China, December (2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Katsumi, Y. Ota, A. Osada, T. Yamaguchi, T. Tajiri, M. Kakuda, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 Hybrid Integration of a Quantum-Dot Single-Photon Emitter on a CMOS-Processed Si Waveguide Using Transfer Printing
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Photonics and Electronics Convergence-Advanced Nanophotonics and Silicon Device Systems-(ISPEC2019), P-30, Tokyo, Japan, November (2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Katsumi, Y. Ota, A. Osada, T. Tajiri, T. Yamaguchi, M. Kakuda, S. Iwamoto, H. Akiyama, and Y. Arakawa
2. 発表標題 Local tuning of transfer-printed quantum-dot single-photon sources on a CMOS silicon chip
3. 学会等名 THE TWENTY-FOURTH MICROOPTICS CONFERENCE, G-6, Toyama, Japan, November 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Ota, R. Katsumi, A. Osada, M. Kakuda, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 Hybrid integration of quantum dot-nanocavity systems on silicon
3. 学会等名 Frontiers in Optics + Laser Science APS/DLS, FM3D.4, Washington, DC, USA, September 2019. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Ota, R. Katsumi, A. Osada, M. Kakuda, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Hybrid integration of quantum/classical light sources on Si using transfer printing
3 . 学会等名 2019 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2019), B-1-01, Nagoya, Japan, September 2019. (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Ota, R. Katsumi, A. Osada, M. Kakuda, S. Iwamoto, Y. Arakawa
2 . 発表標題 Integrated quantum dot single photon sources on Si
3 . 学会等名 The 11th International Conference on Information Optics and Photonics(CIOP2019), Xi'an China, August 2019. (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Katsumi, Y. Ota, A. Osada, T. Yamaguchi, T. Tajiri, M. Kakuda, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Quantum-dot single-photon source on a CMOS-processed silicon waveguide
3 . 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO),FM1M.2, San Jose, California, USA, May 2019. (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 A. Osada, Y. Ota, R. Katsumi, M. Kakuda, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Strongly-coupled single quantum dot-cavity system on a silicon waveguide
3 . 学会等名 International Conference on Nano-photonics and Nano-optoelectronics 2019(ICNN2019), ICNN-4-04, Yokohama, Japan, April 2019. (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 勝見 亮太、太田 泰友、田尻 武義、角田 雅弘、岩本 敏、秋山 英文、荒川 泰彦
2. 発表標題 一方向出射が可能なSi上集積量子ドット単一光子源の作製と評価
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会, 14p-B415-10, 上智大学, 東京(2020).
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田 泰友、岩本 敏、荒川 泰彦
2. 発表標題 転写プリント法を用いたハイブリッド集積シリコンフォトニクス
3. 学会等名 一般社団法人レーザー学会学術講演会 第40回年次大会, S09-21p-II, 仙台国際センター, 宮城(2020) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 勝見 亮太、太田 泰友、岩本 敏、秋山 英文、荒川 泰彦
2. 発表標題 一方向出射が可能なSi光導波路集積型量子ドット単一光子源の設計
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 19a-E208-2, 北海道大学, 札幌, 北海道 (2019)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 太田 泰友、勝見 亮太、長田 有登、玉田 晃均、角田 雅弘、岩本 敏、荒川 泰彦
2. 発表標題 ハイブリッド集積シリコン量子フォトニクスの可能性
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-E301-5, 北海道大学, 札幌, 北海道 (2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Katsumi, Y. Ota, M. Kakuda, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Transfer-printed Quantum-dot Single Photon Sources for Efficient Waveguide Coupling
3 . 学会等名 International Conference on Nano-photonics and Nano-optoelectronics (ICNN2018), ICNN1-2, Yokohama, Japan (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 A. Osada, Y. Ota, R. Katsumi, K. Watanabe, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Quantum-Dot Nanolaser Integrated on a Silicon Waveguide Buried in Silicon Dioxide by Transfer Printing
3 . 学会等名 International Conference on Nano-photonics and Nano-optoelectronics (ICNN2018), ICNN4-2, Yokohama, Japan (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 A. Osada, Y. Ota, R. Katsumi, K. Watanabe, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Quantum-dot nanolasers on Si photonic circuits
3 . 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2018), SF1A.7., San Jose, USA (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 R. Katsumi, Y. Ota, M. Kakuda, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Quantum dot single photon sources transfer-printed on wire waveguides
3 . 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2018), FM1H.5., San Jose, USA (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Katsumi, Y. Ota, M. Kakuda, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 Integration of multiple quantum-dot single-photon sources on a photonic waveguide by transfer printing
3. 学会等名 10th Biannual Conference on Quantum Dots (QD 2018), Mo3-03, Toronto, Canada (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Ota, R. Katsumi, A. Osada, M. Kakuda, S. Iwamoto and Y. Arakawa
2. 発表標題 Chip-integrated Quantum-dot Single Photon Sources Fabricated by Transfer Printing
3. 学会等名 Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS) 2018, SC3: Quantum Information Processing and Devices 1, Session 3A17 paper # 1, Toyama, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 勝見亮太, 太田泰友, 長田有登, 田尻武義, 車一宏, 山口拓人, 角田雅弘, 岩本敏, 秋山英文, 荒川泰彦
2. 発表標題 転写プリント法によるシリコン導波路上への量子ドット単一光子源の集積
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季講演会, 21a-143-3 名古屋国際会議場, 名古屋, 愛知
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長田有登, 太田泰友, 勝見亮太, 角田雅弘, 岩本敏, 荒川泰彦
2. 発表標題 シリコン光回路上に集積された量子ドット-ナノ共振器強結合系の実現
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季講演会, 21a-143-8 名古屋国際会議場, 名古屋, 愛知
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Tamada, Y. Ota, K. Kuruma, K. Watanabe, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 Observation of single plasmon generation in a self-assembled InAs/GaAs quantum dot embedded in a transfer-printed plasmonic microring resonator
3. 学会等名 The 23rd Microoptics Conference (MOC2018), D-2, International Convention Center, Chang Yung-Fa Foundation, Taipei, Taiwan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Osada, Y. Ota, R. Katsumi, T. Yamaguchi, M. Kakuda, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 On-Chip Excitation of Single Quantum Dots using a Silicon Waveguide
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Photonics and Electronics Convergence, P-29, ENEOS Hall, Tokyo, Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Tamada, Y. Ota, K. Kuruma, K. Watanabe, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2. 発表標題 Single Plasmon Generation in a Plasmonic Microring Resonator Embedding Self-Assembled Quantum Dots
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Photonics and Electronics Convergence, P-36, ENEOS Hall, Tokyo, Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 勝見亮太, 太田泰友, 長田有登, 田尻武義, 車一宏, 山口拓人, 角田雅弘, 岩本敏, 秋山英文, 荒川泰彦
2. 発表標題 Si光回路上に集積された複数量子ドット光源の局所発光波長制御
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会, 12a-W631-6, 東京工業大学, 東京
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 R. Katsumi, Y. Ota, K. Kuruma, A. Tamada, M. Kakuda, T. Miyazawa, K. Takemoto, S. Iwamoto and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Quantum dot-nanocavity-waveguide coupled systems fabricated by transfer printing
3 . 学会等名 International Conference on Nano-photonics and Nano-optoelectronics 2017 (ICNN2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Katsumi, Y. Ota, K. Kuruma, A. Tamada, M. Kakuda, T. Miyazawa, K. Takemoto, S. Iwamoto and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Fabrication of quantum dot-nanocavity-waveguide coupled systems via transfer printing method
3 . 学会等名 The 11st International Nano-Optoelectronics Workshop (iNOW2017)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Ota, R. Moriya, N. Yabuki, M. Arai, M. Kakuda, S. Iwamoto, T. Machida and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Coupling atomically-thin black phosphorus to a photonic crystal nanocavity
3 . 学会等名 The 24th General Congress of International Commission for Optics (ICO-24) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 R. Katsumi, Y. Ota, M. Kakuda, T. Miyazawa, K. Takemoto, S. Iwamoto, and Y. Arakawa
2 . 発表標題 Observation of optical coupling in a quantum dot-nanocavity-waveguide coupled system fabricated by transfer printing
3 . 学会等名 The 7th International Symposium on Photonics and Electronics Convergence (ISPEC2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 太田泰友, 守谷頼, 矢吹直人, 荒井美穂, 角田雅弘, 岩本敏, 町田友樹, 荒川泰彦
2. 発表標題 数原子層黒リン - フォトニック結晶 ナノ共振器結合系の作製と評価
3. 学会等名 東京大学生産技術研究所光電子融合研究センター公開シンポジウム ~ 光量子技術の新たな展開 ~
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 勝見亮太, 太田泰友, 角田雅弘, 宮澤俊之, 竹本一矢, 岩本敏, 荒川泰彦
2. 発表標題 量子ドット-ナノ共振器-細線導波路結合系における単一光子発生の観測
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 不破 麻里亜, 田尻武義, 勝見亮太, 石田 丈, 玉田晃均, 渡邊克之, 太田泰友, 岩本敏, 荒川泰彦
2. 発表標題 転写プリント法を用いたフォトニックナノ構造の作製と評価
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 玉田晃均, 太田泰友, Jinfu Ho, 車一宏, 渡邊克之, 岩本敏, 荒川泰彦
2. 発表標題 プラズモニック微小リング共振器中に埋め込まれた自己形成量子ドットからの単一光子発生
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 玉田晃均, 太田泰友, 車一宏, 渡邊克之, 岩本敏, 荒川泰彦
2. 発表標題 プラズモニック微小リング共振器中の自己形成量子ドットにおけるPurcell効果及び単一光子発生の観測
3. 学会等名 新学術領域「ハイブリッド量子科学」 第五回領域会議プログラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 玉田晃均, 太田泰友, 車一宏, 渡邊克之, 岩本敏, 荒川泰彦
2. 発表標題 自己形成量子ドットを含むプラズモニック微小リング共振器におけるレーザ発振及び単一光子発生
3. 学会等名 電子情報通信学会LQE研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 勝見亮太, 太田泰友, 角田雅弘, 岩本敏, 荒川泰彦
2. 発表標題 転写プリント法による量子ドット単一光子源の複数集積
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 玉田晃均, 太田泰友, 車一宏, Jinfa Ho, 渡邊克之, 岩本敏, 荒川泰彦
2. 発表標題 プラズモニックマイクロリング共振器に埋め込まれた量子ドットにおけるPurcell効果の観測
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季学術講演会, 15p-E205-16, パシフィコ横浜, 横浜, 神奈川(2017).
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 勝見 亮太, 太田 泰友, 車 一宏, 玉田 晃均, 角田 雅弘, 宮澤 俊之, 竹本 一矢, 岩本 敏, 荒川 泰彦
2. 発表標題 転写プリント法による量子ドット-ナノ共振器-細線導波路結合系の作製とその評価
3. 学会等名 第64回応用物理各界春季学術講演会, 15a-E205-12, パシフィコ横浜, 横浜, 神奈川(2017).
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田泰友, 岩本敏, 荒川泰彦
2. 発表標題 フォトニック結晶ナノ共振器を用いた光-物質相互作用制御
3. 学会等名 第6回光科学異分野横断萌芽研究会, 予4, 伊東市山喜旅館, 静岡 (2016). (招待講演)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 光子発生器	発明者 宮澤俊之、太田泰友、勝見亮太、竹本一矢、高津求、荒川	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、1700840JP0	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----