慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	ナノカーボン単一光子デバイス開発
Sub Title	Development of nanocarbon-based single-photon devices
Author	牧, 英之(Maki, Hideyuki) 前田, 優(Maeda, Yutaka)
Publisher	
Publication year	2024
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2023.)
JaLC DOI	
Abstract	本研究では、カーボンナノチューブおよびグラフェンを用いた光・電子デバイスとして、カーボンナノチューブを用いた単一光子源の開発、CNTやグラフェンを用いたシリコンフォトニクス素子開発に関する研究を進めた。ここでは、カーボンナノチューブの架橋構造の制御や分子修飾された、カーボンナノチューブからの発光の観測に成功した。また、カーボンナノチューブとシリコンフォトニクスのエバネッセント光結合技術開発を進め、カーボンナノチューブとシリコンフォトニクスの結合技術の構築に成功した。さらに、カーボンナノチューブをテンプレートとした超伝導デバイスの新規作成方法の構築とデバイス作製技術の構築に成功した。 In this study, research was carried out on the development of single-photon sources using carbon nanotubes and graphene as optical and electronic devices, and on the development of silicon photonics devices using CNTs and graphene. Here, we have successfully observed emission from carbon nanotubes with controlled cross-linked structures and molecular modifications of carbon nanotubes. In addition, the development of evanescent optical coupling technology between carbon nanotubes and silicon photonics was promoted, and the coupling technology between carbon nanotubes and silicon photonics was successfully constructed. Furthermore, we succeeded in developing a novel method for creating superconducting devices using carbon nanotubes as templates and in constructing a device fabrication technique.
Notes	研究種目 : 基盤研究 (B) (一般) 研究期間 : 2020 ~ 2022 課題番号 : 20H02210 研究分野 : ナノデバイス
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_20H02210seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　６ 年　 ５ 月 ２２ 日現在

機関番号：３２６１２
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2020～2022
課題番号：２０Ｈ０２２１０

研究課題名（和文）ナノカーボン単一光子デバイス開発

研究課題名（英文）Development of nanocarbon-based single-photon devices

研究代表者
牧　英之（Maki, Hideyuki）

慶應義塾大学・理工学部（矢上）・教授

研究者番号：１０３３９７１５

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）：本研究では、カーボンナノチューブおよびグラフェンを用いた光・電子デバイスとして、カーボンナノチューブを用いた単一光子源の開発、CNTやグラフェンを用いたシリコンフォトニクス素子開発に関する研究を進めた。ここでは、カーボンナノチューブの架橋構造の制御や分子修飾された、カーボンナノチューブからの発光の観測に成功した。また、カーボンナノチューブとシリコンフォトニクスのエバネッセント光結合技術開発を進め、カーボンナノチューブとシリコンフォトニクスの結合技術の構築に成功した。さらに、カーボンナノチューブをテンプレートとした超伝導デバイスの新規作成方法の構築とデバイス作製技術の構築に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
本研究により、カーボンナノチューブやグラフェンといったナノカーボン材料の持つ特異な光・電子・熱物性とそれを応用した光・電子デバイスの開発に成功し、将来的には、一次元励起子局在技術を用いた単一光子源の開発や、シリコンフォトニクス光技術や集積ナノカーボン素子開発、新しい超伝導ナノワイヤー素子開発が可能となる。これにより、従来の固体半導体では実現が困難な集積光デバイスの基盤技術構築に成功した。

研究成果の概要（英文）：In this study, research was carried out on the development of single-photon sources using carbon nanotubes and graphene as optical and electronic devices, and on the development of silicon photonics devices using CNTs and graphene. Here, we have successfully observed emission from carbon nanotubes with controlled cross-linked structures and molecular modifications of carbon nanotubes. In addition, the development of evanescent optical coupling technology between carbon nanotubes and silicon photonics was promoted, and the coupling technology between carbon nanotubes and silicon photonics was successfully constructed. Furthermore, we succeeded in developing a novel method for creating superconducting devices using carbon nanotubes as templates and in constructing a device fabrication technique.

研究分野：ナノデバイス

キーワード：量子暗号　ナノカーボン　光デバイス　量子デバイス

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１（共通）

１．研究開始当初の背景

現代の情報セキュリティーを支える現代暗号化技術は、素因数分解の一方向性関数を用いた計算量安全性によるものであるが、現在量子コンピュータによって解読可能なアルゴリズムが既に発見されており、近年の量子コンピュータの急速な発展によって現代暗号は脅威にさらされている。そのため、これに代わる絶対安全な暗号技術の実現が急務とされているが、その一つとして、光の最小単位である単一光子に情報を乗せることで絶対的に安全な暗号通信を実現する「量子暗号通信」が注目されている。地上での量子暗号システムでは、光ファイバーによる長距離単一光子配信が用いられるが、現状のシステムは、大型かつ超高価であることから、安価で簡単に利用可能な量子暗号システムの開発は目途が立っていない。

このような安価で簡単に利用可能な量子暗号システムを実現するために、小型・高温・安価で動作する全く新しい概念の単一光子素子を開発することで、将来的には、一般の電子機器にも搭載可能な量子暗号チップを構築することができると期待される。また、このような高温・通信波長で動作する単一光子源や高感度単一光子受光素子といった量子光デバイス技術に加えて、シリコンフォトニクスなどのチップ高集積光技術との融合できれば、さらなる集積化も期待される。しかし、これらの技術は固体半導体材料ベースの技術では実現困難であることから、これらに対してブレイクスルーとなる新技術を構築する必要がある。そこで本研究では、新たな材料系としてナノカーボン材料に注目し、ナノカーボン材料が持つ独自の低次元電子・光・熱物性を利用することで、全く新しい単一光子デバイスを実現し、新たな量子暗号技術を実現できる新しいナノカーボン光デバイスの学理と要素技術を構築することを目指す。

２．研究の目的

本研究では、安価で簡単に利用可能な量子暗号実現のブレイクスルー技術の創生を目指して、ナノカーボン材料を用いた全く新しい単一光子デバイス開発を目的とする。ここでは、カーボンナノチューブへの励起子局在技術を用いた高効率な室温・通信波長帯単一光子源の開発、カーボンナノチューブ－シリコンフォトニクス光結合技術構築と集積ナノカーボン素子開発、ナノカーボン上超伝導ナノワイヤーデバイス開発を行い、従来の固体半導体では実現困難な単一光子などの光デバイス用の学理と要素技術を構築する。

単一光子源に関しては、光ファイバーによる地上での量子暗号において、波長 1.3, 1.55μm の通信波長帯での単一光子が用いられている。現在は、レーザー光源を減衰した疑似的な単一光子が用いられているが、安価で効率よく確実に単一光子を発生させる単一光子源の実現が期待されている。通信波長帯での単一光子源としては、通常、InAs などの化合物半導体系量子ドットが報告されているが、極低温での動作となることから、大型で高コストな冷却が必要となっている。本研究では、究極の一次元物質として注目されているカーボンナノチューブを用いて、室温かつ通信波長帯で動作する高効率な単一光子光源を開発する。研究代表者は、これまでの研究で、カーボンナノチューブを用いることで、「室温・通信波長帯」において単一光子発生が可能であることを実証し、カーボンナノチューブが単一光子源として有望な材料系であることを示した。本研究では、カーボンナノチューブの構造制御や分子修飾といった人工的な励起子局在制御法を導入することにより、1 パルス中に確実に単一光子が発生する高効率な単一光子発生手法を構築することを目指す。

また、シリコンチップ上での集積化を目指し、ナノカーボンとシリコンフォトニクスの融合技術構築を行う。現在のシリコンフォトニクス技術では、化合物半導体系の光源が用いられているが、化合物半導体はシリコン上に直接成長できないことから、高集積化は困難となっていることから、本研究では、シリコン上に集積化可能で室温で操作するカーボンナノチューブをシリコンフォトニクスと融合する技術を確立する。

さらに、単一光子受光素子でも用いられている超伝導なのワイヤーに関して、架橋ナノカーボン上の極細超伝導ナノワイヤー技術を構築する。本研究では、架橋カーボンナノチューブをテンプレートとした幅 10nm 級の超伝導ナノワイヤーを用いて、超伝導ナノワイヤーデバイスの基盤技術を構築する。

以上の研究で、チップ上でのナノカーボンデバイスの単一光子技術や集積技術を構築し、将来的には、ナノカーボン素子が量子光デバイスのブレイクスルー技術となることを実証して、将来の安全・安心なネットワーク社会に貢献することを目指す。

３．研究の方法

本研究では、カーボンナノチューブやグラフェンといったナノカーボン材料といったナノカーボンの持つ特異な光・電子・熱物性とそれを応用した光・電子デバイスとして、カーボンナノチューブへの一次元励起子局在技術を用いた単一光子源の開発、カーボンナノチューブやグラフェンを用いたシリコンフォトニクス技術構築と集積ナノカーボン素子開発、ナノカーボン上超伝導ナノワイヤー素子作製と量子デバイス開発に関する研究開発を進め、ナノカーボン独自の低次元物性を利用することで、新たなナノカーボン材料ベースの集積デバイス技術を構築す

ることを目指して進めた。単一光子源開発では、現在進めている分子修飾カーボンナノチューブに関する研究を進め、理論と実験の両輪から、高効率で高純度の単一光子源の実証を進めた。カーボンナノチューブやグラフェンを用いたシリコンフォトニクス素子開発では、カーボンナノチューブとシリコンフォトニクスの融合による、高効率で狭線幅のカーボンナノチューブ発光の実現を目指して素子開発と測定を行った。また、超伝導ナノワイヤーデバイス開発では、架橋したカーボンナノチューブ上に超伝導体を堆積させることで、10nm オーダーの超極細超伝導ナノワイヤーを作製する手法を応用し、量子情報へ応用可能な超伝導なのワイヤーデバイスの作成とその電気測定を行った。

４．研究成果

単一光子源開発では、カーボンナノチューブへ分子修飾をすることで、高効率と高純度を両立する単一光子生成方法の理論の構築を進めるとともに、実際に分子修飾をしたカーボンナノチューブの作製とそれを用いた光学測定を進めた。
その結果、分子修飾カーボンナノチューブでの時間分解発光測定やスペクトルなどの温度依存性の測定技術構築に成功した。これにより、分子修飾カーボンナノチューブの励起子ダイナミクスなどの解明が可能となり、より高効率な単一光子生成方法の構築が可能となる技術を構築した。また、分子修飾に最適化した発光素子光学系の構築を進めた結果、分子修飾カーボンナノチューブに共鳴する波長での超短パルス光励起が可能なる光学系の構築に成功した。これにより、分子修飾カーボンナノチューブからの発光の時間分解測定の実証に成功した。また、室温・通信波長帯での単一光子発生に関連して、CNT の架橋構造の制御や分子修飾などの人工的な励起子局在サイトの導入法を構築し、これらの分子修飾された CNT からの発光の観測や時間分解測定に成功するなど、励起子制御とその観測に成功した。

シリコンフォトニクスデバイス開発では、シリコンフォトニクスによるリング共振器を作製して、その共振器にカーボンナノチューブを形成した。その結果、発光の狭線化をデモンストレーションすることに成功した。さらに、本技術に関して、共振器にカーボンナノチューブを形成する新たな技術の構築や、それによる発光制御について詳細に研究を進め、新たな形成法を構築することに成功した。また、作成したデバイスの光計測について、高効率な光励起が可能な新しい測定プログラムの開発した結果、波長可変レーザーでの共振波長への波長チューニングが可能な光励起を実現した。さらに、シリコンチップ上に集積化可能なナノカーボン光デバイス開発に向けて、カーボンナノチューブとシリコンフォトニクスのエバネッセント光結合技術開発を進めた結果、カーボンナノチューブとシリコンフォトニクスの結合技術の技術構築に成功した。

また、超伝導ナノワイヤーデバイス開発では、窒化ニオブを用いた超伝導ナノワイヤーデバイスの作製技術の構築を進め、新しい成膜プロセスによる超伝導ナノワイヤー作製技術の構築に成功した。さらに、ナノカーボンをテンプレートとした超伝導体形成技術の基盤構築を進め、カーボンナノチューブをテンプレートとした超伝導デバイスの新規作成方法の構築を進めて、デバイス作製技術の構築を進めた結果、カーボンナノチューブ上の超伝導デバイス作製に成功した。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計16件（うち査読付論文　16件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　7件）

１．著者名 Tokunaga Ren、Kinoshita Kotomi、Imamura Riku、Nagashima Keigo、Imafuku Ryouhei、Nakagawa Kenta、Tanabe Takasumi、Maki Hideyuki	４．巻 5
２．論文標題 Carbon Nanotubes Coupled with Silica Toroid Microcavities as Emitters for Silicon-Integrated Photonics	５．発行年 2022年
３．雑誌名 ACS Applied Nano Materials	６．最初と最後の頁 14328～14335
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsanm.2c02431	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 Nakagawa Kenta、Shimura Yui、Fukazawa Yusuke、Nishizaki Ryosuke、Matano Shinichiro、Oya Shuma、Maki Hideyuki	４．巻 22
２．論文標題 Microemitter-Based IR Spectroscopy and Imaging with Multilayer Graphene Thermal Emission	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Nano Letters	６．最初と最後の頁 3236～3244
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.nanolett.1c04857	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 中川鉄馬、志村惟、俣野眞一郎、牧英之	４．巻 38
２．論文標題 ナノカーボン赤外熱光源開発と赤外分析・イメージング応用	５．発行年 2022年
３．雑誌名 NEW DIAMOND誌	６．最初と最後の頁 14～19
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 Kenta Shimomura、Kaname Imai、Kenta Nakagawa、Akira Kawai、Kazuki Hashimoto、Takuro Ideguchi、Hideyuki Maki	４．巻 5
２．論文標題 Graphene photodetectors with asymmetric device structures on silicon chips	５．発行年 2021年
３．雑誌名 Carbon Trends	６．最初と最後の頁 100100～100100
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cartre.2021.100100	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 Shoma Nakamura、Kota Sekiya、Shinichiro Matano、Yui Shimura、Yuuki Nakade、Kenta Nakagawa、Yasuaki Monnai、Hideyuki Maki	4．巻 16
2．論文標題 High-Speed and On-Chip Optical Switch Based on a Graphene Microheater	5．発行年 2022年
3．雑誌名 ACS Nano	6．最初と最後の頁 2690～2698
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsnano.1c09526	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 Shinichiro Matano、Hidenori Takahashi、Natsumi Komatsu、Yui Shimura、Kenta Nakagawa、Junichiro Kono、Hideyuki Maki	4．巻 4-4
2．論文標題 Electrical Generation of Polarized Broadband Radiation from an On-Chip Aligned Carbon Nanotube Film	5．発行年 2022年
3．雑誌名 ACS Materials Letters	6．最初と最後の頁 626～633
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsmaterialslett.2c00058	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 牧英之、中川鉄馬	4．巻 －
2．論文標題 ナノカーボン材料を用いた光電子デバイス開発	5．発行年 2021年
3．雑誌名 炭素材料の研究開発動向2021	6．最初と最後の頁 58～69
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 牧英之、中川鉄馬	4．巻 12
2．論文標題 チップ上光電子デバイスに向けたナノカーボン材料	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Nanofiber	6．最初と最後の頁 36
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 牧英之、志村惟、中川鉄馬	4．巻 50
2．論文標題 ナノカーボン材料を用いたシリコンチップ上光電子デバイス	5．発行年 2021年
3．雑誌名 光学	6．最初と最後の頁 385
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 牧 英之、志村 惟、中川 鉄馬	4．巻 91
2．論文標題 シリコンチップ上ナノカーボン光デバイス	5．発行年 2022年
3．雑誌名 応用物理	6．最初と最後の頁 86～90
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11470/oubutsu.91.2_86	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 大矢秀真、牧英之、中川鉄馬	4．巻 33
2．論文標題 カーボンナノチューブ室温・通信波長単一光子源とチップ上光素子への展望	5．発行年 2022年
3．雑誌名 光アライアンス	6．最初と最後の頁 25-28
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 Maeda Yutaka、Zhao Pei、Ehara Masahiro	4．巻 59
2．論文標題 Recent progress in controlling the photoluminescence properties of single-walled carbon nanotubes by oxidation and alkylation	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Chemical Communications	6．最初と最後の頁 14497～14508
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D3CC05065C	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 Maeda Yutaka、Morooka Rina、Zhao Pei、Uchida Daiki、Konno Yui、Yamada Michio、Ehara Masahiro	4．巻 127
2．論文標題 Controlling Near-Infrared Photoluminescence Properties of Single-Walled Carbon Nanotubes by Substituent Effect in Stepwise Chemical Functionalization	5．発行年 2023年
3．雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6．最初と最後の頁 2360～2370
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.jpcc.2c06153	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 Maeda Yutaka、Suzuki Yasuhiro、Konno Yui、Zhao Pei、Kikuchi Nobuhiro、Yamada Michio、Mitsuishi Masaya、Dao Anh T. N.、Kasai Hitoshi、Ehara Masahiro	4．巻 6
2．論文標題 Selective emergence of photoluminescence at telecommunication wavelengths from cyclic perfluoroalkylated carbon nanotubes	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Communications Chemistry	6．最初と最後の頁 159
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s42004-023-00950-1	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 Maeda Yutaka、Morooka Rina、Zhao Pei、Yamada Michio、Ehara Masahiro	4．巻 59
2．論文標題 Control of functionalized single-walled carbon nanotube photoluminescence via competition between thermal rearrangement and elimination	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Chemical Communications	6．最初と最後の頁 11648～11651
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D3CC02965D	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 Konno Yui、Yamada Michio、Suzuki Mitsuaki、Maeda Yutaka	4．巻 29
2．論文標題 Stepwise Functionalization of Single‐Walled Carbon Nanotubes with Subsequent Molecular Conversion to Control Photoluminescence Properties	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Chemistry A European Journal	6．最初と最後の頁 e202301797
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/chem.202301707	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17件（うち招待講演　1件／うち国際学会　4件）

１．発表者名
Reo Kurihara、Kenta Shimomura、Kaname Imai、Kenta Nakagawa、Akira Kawai、Kazuki Hashimoto、Takuma Nakamura、Takuro Ideguchi、Hideyuki Maki

２．発表標題
Graphene photodetectors with asymmetric structures for macroscopic visible and infrared light detection

３．学会等名
第63回 フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム

４．発表年
2022年

１．発表者名
Kenta Nakagawa、Yui Shimura、Yusuke Fukazawa、Ryosuke Nishizaki、Shinichiro Matano、 Shuma Oya、Hideyuki Maki

２．発表標題
High spatial resolution infrared spectroscopy with graphene light emitter

３．学会等名
第83回応用物理学会秋季学術講演会

４．発表年
2022年

１．発表者名
Shinichiro Matano、Hidenori Takahashi、Natsumi Komatsu、Yui Shimura、Kenta Nakagawa、Junichiro Kono、Hideyuki Maki

２．発表標題
Polarized Thermal Emission from an Electrically Driven Aligned Carbon Nanotube Film

３．学会等名
第83回応用物理学会秋季学術講演会

４．発表年
2022年

１．発表者名
Kotomi Kinoshita、Ren Tokunaga、Riku Imamura、Keigo Nagashima、Ryouhei Imahuku、Kenta Nakagawa、Takasumi Tanabe、Hideyuki Maki

２．発表標題
Ultra-narrow-linewidth Photoluminescence of Carbon NanotubesCoupled with a Silica Toroid Microcavit

３．学会等名
第83回応用物理学会秋季学術講演会

４．発表年
2022年

１．発表者名
Kenta Nakagawa、Yui Shimura、Yusuke Fukazawa、Ryosuke Nishizaki、Shinichiro Matano、Shuma Oya、Hideyuki Maki

２．発表標題
High spatial resolution infrared spectroscopy with graphene light emitter

３．学会等名
第63回 フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム

４．発表年
2022年

１．発表者名
中川鉄馬、志村惟、深澤佑介、西崎亮佑、俣野眞一郎、大矢秀真、牧英之

２．発表標題
グラフェン発光素子による 高空間分解赤外分光

３．学会等名
第70回応用物理学会春季学術講演会

４．発表年
2023年

１．発表者名
牧英之

２．発表標題
チップ上ナノカーボン光・電子デバイス

３．学会等名
第70回応用物理学会春季学術講演会（招待講演）

４．発表年
2023年

１．発表者名
Kenta Nakagawa, Hideyuki Takahashi, Yui Shimura & Hideyuki Maki

２．発表標題
A light emitter based on polycrystalline graphene patterned directly on silicon substrates from a solid-state carbon source

３．学会等名
International Conference on the Science and Application of Nanotubes and Low-Dimensional Materials (NT21)（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
Shuma Oya, Rintaro Kawabe, Hiroshi Takaki, Takayuki Ibi, Yutaka Maeda, Kenta Nakagawa & Hideyuki Maki

２．発表標題
Pure and Efficient Single-Photon Sources by Shortening and Functionalizing Air-Suspended Carbon Nanotubes

３．学会等名
第61回 フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム

４．発表年
2021年

１．発表者名
Ryohei Imafuku, Naoto Higuchi, Hiroto Niiyama, Kenta Nakagawa & Hideyuki Maki

２．発表標題
Efficient and Narrow-Linewidth Photoluminescence Devices Based on Single-Walled Carbon Nanotubes and Silicon Photonics

３．学会等名
第61回 フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム

４．発表年
2021年

１．発表者名
Kenta Nakagawa, Hidenori Takahashi, Yui Shimura & Hideyuki Maki

２．発表標題
A light emitter based on polycrystalline graphene patterned directly on silicon substrates from a solid-state carbon source

３．学会等名
The 12th Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference (RPGR2021)（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
Shinichiro Matano, Hidenori Takahashi, Natsumi Komatsu, Yui Shimura, Kenta Nakagawa, Junichiro Kono, and Hideyuki Maki

２．発表標題
Electrically Driven Broadband Emitter with A Macroscopically Aligned Carbon Nanotube Film on Silicon Chips

３．学会等名
Micro Nano Conference 2021 (MNC2021)（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
Shinichiro Matano, Hidenori Takahashi, Natsumi Komatsu, Yui Shimura, Kenta Nakagawa, Junichiro Kono, and Hideyuki Maki

２．発表標題
Electrically Driven On-Chip Broadband Emitter with A Macroscopically Aligned Carbon Nanotube Film

３．学会等名
Materials Research Meeting 2021 (MRM2021)（国際学会）

４．発表年
2021年

１．発表者名
中川鉄馬、高橋英統、志村惟、牧英之

２．発表標題
シリコン基板上の多結晶グラフェン直接パターニング成長と発光素子化

３．学会等名
第48回炭素材料学会年会

４．発表年
2021年

１．発表者名
俣野眞一朗、高橋英統、小松夏実、志村惟、中川鉄馬、河野淳一郎、牧英之

２．発表標題
カーボンナノチューブ配向膜を用いた黒体放射光源の開発

３．学会等名
第48回炭素材料学会年会

４．発表年
2021年

１．発表者名
大矢秀真、河部倫太郎、高木宏、井樋孝行、前田優、中川鉄馬、牧英之

２．発表標題
カーボンナノチューブを用いた高純度高効率単一光子源の開発

３．学会等名
第48回炭素材料学会年会

４．発表年
2021年

１．発表者名 今福諒平、樋口直人、新山央人、中川鉄馬、牧英之
２．発表標題 シリコンフォトニクスを用いた高効率・狭線幅カーボンナノチューブ発光素子の開発
３．学会等名 第48回炭素材料学会年会
４．発表年 2021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
研究分担者	前田　優 (Maeda Yutaka) (10345324)	東京学芸大学・教育学部・教授 (12604)	

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