

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04451

研究課題名(和文) エピゲノム解析用フォトニック結晶ナノ共振器の開発とDNAメチル化率評価への応用

研究課題名(英文) Development of photonic crystal resonator for epigenome analysis

研究代表者

遠藤 達郎 (Endo, Tatsuro)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：40432017

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)：本研究の目的は、バイサルファイト法等煩雑な操作の必要なく、可視領域の光でDNA鎖中シトシン塩基のメチル化に起因するわずかな分子量・構造変化を屈折率変化として高感度に直接検出可能な光学素子「フォトニック結晶(Photonic crystal: PhC)ナノ共振器」を設計・開発し、DNA鎖のメチル化率を非染色で解析可能にし、アルツハイマー病等疾病に關するDNA塩基配列とDNAメチル化率の相関を明らかにすることにある。

本研究では、PhCナノ共振器を設計・作製した後、センサ感度評価、DNAハイブリダイゼーションによるメチル化・非メチル化の検出を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

バイサルファイト法等従来のエピゲノム解析法は、DNAシーケンサーを用いて結果を取得するため煩雑な操作を必要とし、高額な装置が必要という課題があった。しかし本研究で開発したPhCナノ共振器を用いたエピゲノム解析法は、前述した従来法の課題を克服し、簡便・安価に解析が可能になることが期待でき、生命科学・医学の発展に貢献できるという点で意義がある。

加えて開発したPhCナノ共振器は、DNAハイブリダイゼーションの他抗原抗体反応等種々の生化学反応によって誘起される屈折率変化を高感度に検出することが可能であり、エピゲノム解析に限定されず疾病の超早期診断などへの応用展開が期待できる点で社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, design and development of a photonic crystal (PhC) nanocavity which is an optical device that can directly detect small refractive index changes for epigenome analysis was aimed. The PhC nanocavity was fabricated using nanoimprint lithography, and the TiO<sub>2</sub> layer was deposited on to the PhC cavity surface. For epigenome analysis, the target DNA solution was introduced onto the probe DNA immobilized PhC nanocavity surface. And then, the detection of methylation and unmethylation was carried out by DNA hybridization.

研究分野：バイオセンサ

キーワード：フォトニック結晶 バイオセンサ ナノインプリントリソグラフィー エピゲノム解析

## 1. 研究開始当初の背景

我が国の認知症患者は高齢化社会の進行に伴い、400万人を超えるといわれている。認知症を発症することは、介護負担が大きく、社会に対する負のインパクトも大きいことから、認知症の早期診断・予防法の開発は急務である。近年、認知症疾患の中でも最も頻度の高いアルツハイマー病は、専門医による問診(川畑信也、治療、(2012)94, pp. 1163-1167.)や酵素免疫測定(Enzyme-linked immunosorbent assay: ELISA)法を用いたマーカー分子検出(M. Shoji *et al.*, *J. Neurobiol. Sci.*, (1998) 158, pp. 134-140.)のほかに、アルツハイマー病関連遺伝子のDNAメチル化が発症・重篤化に関与し、これを検出(エピゲノム解析)することが早期診断に有効であることが報告されている(K. Lunnon *et al.*, *Nat. Neurosci.*, (2014) 17, pp. 1164-1170.)。加えてエピゲノム解析は、認知症に限らず癌や生活習慣病等の種々の疾病を診断する上でも有用であることが報告されている(M. Kim *et al.*, *Exp. Mol. Med.*, (2017) 49, e322)。

しかしエピゲノム解析に広く用いられているバイサルファイト法(S. C. Wang *et al.*, *PLoS One*, (2008) 3, e2698.)等、従来のメチル化DNAを検出する手法は、煩雑な操作・長い分析時間を必要とする、感度が低い(ng/mlオーダー)大型・高額なDNAシーケンサーが必要、といった課題があった。

これは、「メチル化」というわずかな分子量・構造変化を検出する必要があるためである。これでは、アルツハイマー病等認知症の早期診断が困難となり、重篤化を招く恐れがある。上記問題を解決するために、簡便・迅速・高感度にエピゲノム解析が可能なデバイスが求められている。特に近年では、エピゲノム解析においてDNAメチル化の有無だけではなく、DNA鎖中の全シトシン塩基のメチル化率を評価することが重要であることが報告されている(豊田 実ら、生化学、(2010)82, pp. 693-701.)。しかし従来法では、前述した問題に加えメチル化率評価にさらに長い時間を要することとなる。

一方で、ナノ光学素子「フォトニック結晶(Photonic crystal: PhC)」が注目されている。PhCは、ナノメートルサイズの誘電体が周期的に配列した構造を有し、周期・サイズ・アスペクト比を制御することで、任意の波長の光を回折・反射させることが可能である(図2)(A. Mekis *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, (1996) 77, pp. 3787-3790.)。そして、その反射波長および強度は、PhC周囲の屈折率に依存して鋭敏に変化することが明らかとなっている(Y. A. Ylasov *et al.*, *Nature* (2005) 438(3) pp. 65-69.)。

加えて我々は、これまでにポリマーや酸化チタンを基材としたPhCをヘナノ構造を簡便かつ迅速に転写する技術である、ナノインプリントリソグラフィ(Nanoimprint lithography: NIL)を用いて作製することに成功するとともにPhC内部へ欠陥構造を導入した「PhCナノ共振器」を作製することで、可視領域の入射光を欠陥内に閉じ込め・増幅(約200倍)させ、一塩基多型やなどわずかな分子量・構造変化も反射光強度変化として検出することに成功している(上田知奈ら、分析化学会第62回年会要旨集(2013) K. Maeno *et al.*, *Anal. Sci.*, (2016) 32, pp. 117-120.)

## 2. 研究の目的

前述した背景から本研究の目的は、バイサルファイト法等煩雑な操作の必要なく、可視領域の光でDNA鎖中シトシン塩基のメチル化に起因するわずかな分子量・構造変化を屈折率変化として高感度に直接検出可能な光学素子「フォトニック結晶(Photonic crystal: PhC)ナノ共振器」を設計・開発し(図1) DNA鎖のメチル化率を非染色で解析可能にし、アルツハイマー病等疾患に関与するDNA塩基配列とDNAメチル化率の相関を明らかにすることにある。

## 3. 研究の方法

本研究では、以下に示す項目を実施した。

NILを用いたPhCナノ共振器の作製

サイズ・形状・単位面積当たりの欠陥導入数を変化させたPhCナノ共振器を電子線描画装置・反応性イオンエッチング装置・NIL装置を用いて作製した。作製したPhCナノ共振器は、走査型電子顕微鏡・走査型原子間力顕微鏡を用いて形態観察を行い、作製精度等の評価を行った。

屈折率応答性評価とエピゲノム解析用PhCナノ共振器の設計決定

メチル基は、最も分子量の小さいアルキル置換基である。このわずかな分子量変化を屈折率変化として高感度に検出可能なPhCナノ共振器の構造を決定した。

PhCナノ共振器表面へのプローブDNA固定化とDNAメチル化の検出

PhC表面へアルツハイマー病関連遺伝子配列を有するプローブDNAを固定化し、DNAメチル化・DNAハイブリダイゼーションによって生じる屈折率変化の検出・定量実験を行った。

## 4. 研究成果

前述した研究項目実施によって得られた成果は以下のとおりである。

#### NIL を用いた PhC ナノ共振器の作製

本研究では、図 1 に示す PhC ナノ共振器を作製した。作製には NIL にて作製した Cycloolefin polymer (COP) 製 PhC ナノ共振器構造へ液相析出法を用いて可視領域中において高い屈折率を有する二酸化チタン層を堆積させることで作製した。作製した二酸化チタン層を有する PhC ナノ共振器は、波長 630 nm 近傍の光を共振させることが確認でき、有限差分時間領域法 (Finite Difference Time Domain Method: FDTD) を用いたシミュレーション解析を行った結果と類似した光学特性を有することが明らかとなった。

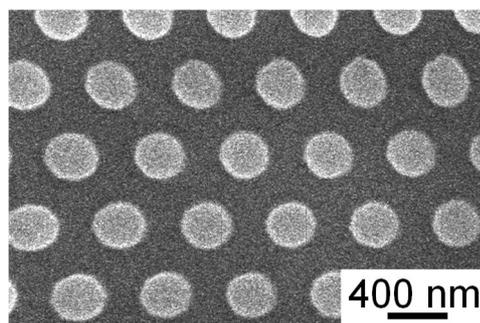


図 1 PhC ナノ共振器の  
走査型電子顕微鏡像

本研究で作製した PhC ナノ共振器は、NIL にてナノ共振器構造を量産した後、液相析出法にて二酸化チタン層を形成することから、容易に量産は可能である。しかし、液相析出時に堆積させた二

酸化チタンはアモルファスであることから緻密性の再現性が乏しく、観察される光学特性にばらつき生じることが明らかとなった。今後スパッタリング等堆積方法を変更することで再現性を向上させる必要がある。

#### 屈折率応答性評価とエピゲノム解析用 PhC ナノ共振器の設計決定

作製した PhC ナノ共振器の屈折率応答を評価するため本研究では、異なる屈折率を有する試料溶液を調製、PhC ナノ共振器表面へ滴下、光学特性評価を行った。作製した PhC ナノ共振器は、周辺の屈折率が変化することでピーク波長・強度シフトが観察された。単位屈折率当たりのピーク波長シフト量 (センサ感度) は、200~300 nm/RIU (Refractive index unit) であった。作製した PhC ナノ共振器は、我々がこれまでに作製してきたポリマー製 PhC と比べ、可視領域において高い屈折率を有する二酸化チタン層を有することから、センサ感度向上に成功した。

本研究では、前述したセンサ感度を有する PhC ナノ共振器を用いて DNA ハイブリダイゼーションおよび DNA メチル化の検出を行った。

#### PhC ナノ共振器表面へのプローブ DNA 固定化と DNA メチル化の検出

作製したフォトニック結晶ナノ共振器は、特定の塩基配列を有するプローブ DNA を固定化した後、大腸がん、皮膚疾患に関連する遺伝子配列を有するターゲット DNA 溶液あるいは配列中のシトシンへメチル基を付与したターゲット DNA 溶液を滴下、ハイブリダイゼーションさせることによって誘起される周辺屈折率変化を反射スペクトル変化として観察した。加えて前述した PhC ナノ共振器間のロット間誤差を解消するため、観察された反射スペクトルをカーブフィッティングすることで解析を行った。また、メチル化・非メチル化を明確に判定することを指向し、本研究では抗メチル化シトシン抗体を用いた。これはターゲット DNA 溶液を滴下、ハイブリダイゼーション後に抗メチル化シトシン抗体を導入することで、メチル化シトシンへ抗体が結合し、光学特性変化量を増幅させるものである。

その結果、メチル化ターゲット DNA、非メチル化ターゲット DNA とでそれぞれ異なる光学特性変化を示すことが観察された。この結果から、本研究で作製した PhC ナノ共振器が非染色で DNA のメチル化を検出可能であり、疾病に関連する遺伝子配列のエピゲノム解析が可能であることが明らかとなった。しかし、PhC ナノ共振器表面への非特異的吸着や、抗メチル化シトシン抗体結合効率が低いという課題があり、さらなる高感度化等が必要である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Maeno Kenichi, Patel Bhargav R., Endo Tatsuro, Kerman Kagan	4. 巻 11
2. 論文標題 Angle-Sensitive Photonic Crystals for Simultaneous Detection and Photocatalytic Degradation of Hazardous Diazo Compounds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 93～93
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/mi11010093	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 Kawasaki Daiki, Oishi Ryoutarou, Kobayashi Nao, Mizuta Tatsumi, Sueyoshi Kenji, Hisamoto Hideaki, Endo Tatsuro	4. 巻 10
2. 論文標題 Highly sensitive optical ion sensor with ionic liquid-based colorimetric membrane/photonic crystal hybrid structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 16739
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-73858-8	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 Endo Tatsuro, Yamada Hirotaka, Yamada Kenji	4. 巻 11
2. 論文標題 Template Stripping Method-Based Au Nanoarray for Surface-Enhanced Raman Scattering Detection of Antiepileptic Drug	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 936～936
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/mi11100936	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 Endo Tatsuro, Yamada Hirotaka	4. 巻 140
2. 論文標題 Fabrication of Plasmonic Membrane for Sensor Application using Membrane Filter as a Template	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 382～383
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejsmas.140.382	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 遠藤達郎	4. 巻 465
2. 論文標題 印刷技術を用いたナノフォトニクスデバイス作製と高感度バイオセンサ開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 月刊オプトロニクス	6. 最初と最後の頁 164-167
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 無
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 Kawasaki Daiki, Maeno Kenichi, Yamada Hirota, Sueyoshi Kenji, Hisamoto Hideaki, Endo Tatsuro	4. 巻 299
2. 論文標題 TiN-contained polymer-metal core-shell structured nanocone array: Engineering of sensor performance by controlling plasmonic properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators B: Chemical	6. 最初と最後の頁 126932 ~ 126932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.snb.2019.126932	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 Kawasaki Daiki, Yamada Hirota, Maeno Kenichi, Sueyoshi Kenji, Hisamoto Hideaki, Endo Tatsuro	4. 巻 2
2. 論文標題 Core-Shell-Structured Gold Nanocone Array for Label-Free DNA Sensing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 4983 ~ 4990
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.9b00930	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 Yamada Hirota, Kawasaki Daiki, Inoue Chigusa, Maeno Kenichi, Sueyoshi Kenji, Hisamoto Hideaki, Endo Tatsuro	4. 巻 32
2. 論文標題 Au "Edged Hole Array" for Sensor Application	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 101 ~ 105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer.32.101	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 Yamada Hiroataka, Sueyoshi Kenji, Hisamoto Hideaki, Endo Tatsuro	4. 巻 12
2. 論文標題 Modulating Optical Characteristics of Nanoimprinted Plasmonic Device by Re-Shaping Process of Polymer Mold	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 1323 ~ 1323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi12111323	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 Yamada Hiroataka, Kawasaki Daiki, Sueyoshi Kenji, Hisamoto Hideaki, Endo Tatsuro	4. 巻 13
2. 論文標題 Fabrication of Metal-Insulator-Metal Nanostructures Composed of Au-MgF <sub>2</sub> -Au and Its Potential in Responding to Two Different Factors in Sample Solutions Using Individual Plasmon Modes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 257 ~ 257
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi13020257	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 Kawasaki Daiki, Yamada Hiroataka, Sueyoshi Kenji, Hisamoto Hideaki, Endo Tatsuro	4. 巻 12
2. 論文標題 Imprinted Photonic Crystal-Film-Based Smartphone-Compatible Label-Free Optical Sensor for SARS-CoV-2 Testing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biosensors	6. 最初と最後の頁 200 ~ 200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/bios12040200	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 Ueda Shotaro, Kobayashi Nao, Kawasaki Daiki, Yamada Hiroataka, Sueyoshi Kenji, Hisamoto Hideaki, Endo Tatsuro	4. 巻 142
2. 論文標題 Fabrication and Characterization of YAG:Ce <sup>3+</sup> Phosphor Powder-Contained Photonic Crystal for Optical Sensor	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 29 ~ 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.142.29	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20件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 古川ふう大, 井上千種, 川崎大輝, 山田大空, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 プラズモニク結晶を用いた非染色PCR産物検出デバイスの開発
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 植田渉太郎, 小林奈緒, 川崎大輝, 山田大空, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 光学バイオセンサ応用を志向したYAG:Ce <sup>3+</sup> 粒子含有フォトニック結晶の作製と光学特性評価
3. 学会等名 「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林奈緒, 志水友哉, 川崎大輝, 山田大空, 久本秀明, 末吉健志, 遠藤達郎
2. 発表標題 高感度蛍光増強型バイオセンシングを志向したTiO <sub>2</sub> / ハイドロゲルハイブリッドフォトニック結晶の作製
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第39回研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田大空, 志水友哉, 小林奈緒, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 モールド形状制御によるナノインプリント製プラズモニク結晶のセンサ性能制御
3. 学会等名 日本分析化学会第68年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 保田賢志, 伊藤隆浩, 前野権一, 山田大空, 岡野誠, 遠藤達郎, 高橋和
2. 発表標題 高Q値シリコンナノ共振器における抗原抗体反応
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 山田大空, 川崎大輝, 井上千種, 前野権一, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 広域プラズモン増強電場発生を示すMetal-Insulator-Metalドットアレイの開発
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 植田渉太郎, 小林奈緒, 川崎大輝, 山田大空, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 光学センサへの応用を志向したYAG:Ce <sup>3+</sup> 粒子含有ポリマー製フォトニック結晶の作製と光学特性評価
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川崎大輝, 山田大空, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 生体分子解析のためのフォトニック結晶/金ナノロッドハイブリッド構造の基礎特性評価
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中野萌, 川崎大輝, 山田大空, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 非特異的吸着抑制を指向したポリマー製フォトニック結晶表面処理条件の検討
3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中島悠佑, 小林奈緒, 植田渉太郎, 川崎大輝, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 フォトニック結晶を用いたDNAメチル化の光検出
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第43回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤 達郎, 小林 奈緒, 川崎 大輝, 山田 大空, 末吉 健志, 久本 秀明
2. 発表標題 酵素含有刺激応答性ハイドロゲル/フォトニック結晶ハイブリッドの作製とグルコースセンサへの応用
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤達郎, 井上千種, 川崎大輝, 山田大空, 末吉健志, 久本秀明
2. 発表標題 イオン選択性可塑化PVC複合型プラズモニクイオンセンサの開発
3. 学会等名 第38回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎大輝, 山田大空, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 ポリマー製フォトニック結晶シートを用いたスマートフォンによるSARS-CoV-2スパイクタンパク質の高感度検出
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第44回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 植田渉太郎, 川崎大輝, 西辻凌輔, 山田大空, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 Quantum dots / TiO <sub>2</sub> ハイブリット型フォトニック結晶の作製及び可視域応答バイオセンサへの応用
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古川ふう大, 山田大空, 川崎大輝, 西辻凌輔, 遠藤達郎, 末吉健志, 久本秀明
2. 発表標題 プラズモニック結晶を用いた非標識PCR法の開発
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 王彦康, 中島悠佑, 植田渉太郎, 末吉健志, 久本秀明, 遠藤達郎
2. 発表標題 フォトニック結晶を用いた細胞代謝産物の非標識検出
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤達郎
2. 発表標題 バイオセンシング応用を指向したプラズモニックデバイスの開発
3. 学会等名 第20回プラズモニック化学シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤達郎
2. 発表標題 ポリマーを基材としたナノバイオセンシングデバイスの創製
3. 学会等名 第30回ポリマー材料フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤達郎
2. 発表標題 ナノインプリント技術を用いた光学素子の作製とバイオセンサ応用
3. 学会等名 第46回ポリマー光部品(POC)研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤達郎
2. 発表標題 ナノインプリント技術を用いた光センサデバイスの開発
3. 学会等名 2022年第1回ナノインプリント技術研究会（招待講演）
4. 発表年 2022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
--	---------------------------	-----------------------	----

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