

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：82723

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04732

研究課題名（和文）超撥水性表面を利用した水中での環境発電法の開発

研究課題名（英文）Development of energy harvesting method under water using superhydrophobic surface

研究代表者

大越 昌幸（Okoshi, Masayuki）

防衛大学校（総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群）・電気情報学群  
・教授

研究者番号：70283497

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）：本研究では、ArFエキシマレーザーにより超撥水性を発現させたシリコーンゴム表面に、異種の微小金属を設置し、それをNaCl水溶液中に浸漬させることによって、超撥水性領域に均一な空気層を形成させるとともに、空気層と水溶液の両方に跨る空気層側の異種金属間で微弱な発電が実現できることを示した。また、超撥水性領域に中空のシリコーンマイクロカプセル構造をアレイ状に形成できる新たな光化学的手法も見出し、環境発電とマイクロ蓄電を同時に行うことができる、海水中で機能するエネルギー自律型ウェアラブルデバイス作製に資する基礎的成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果により、環境発電とマイクロ蓄電が、NaCl水溶液中で形成する空気層内で実現可能となるため、IoT（Internet of Things）デバイスの適用範囲を海洋まで広げることができる。その結果、持続可能な水産資源のためのバイオロギングや、海水中での可視光通信の発展に寄与できるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we demonstrated that by placing different kinds of minute metals on the surface of silicone rubber that has been made superhydrophobic by ArF excimer laser and immersing it in a NaCl aqueous solution, a uniform air gap layer was formed in the superhydrophobic area, and micro-power generation was realized between the different metals on the air gap side that spans both the air gap and the aqueous solution. We also discovered a new photochemical method that can form an array of hollow silicone microcapsule structures in the superhydrophobic area, and obtained basic results that will contribute to the creation of energy-autonomous wearable devices that can function in seawater and simultaneously perform energy harvesting and micro-power storage.

研究分野：レーザー応用工学

キーワード：超撥水性 シリコーンゴム ArFエキシマレーザー 空気層 環境発電

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 環境発電とは、太陽光や照明、振動、廃熱、体温、電磁波等のエネルギーを電力に変換する発電方法である。あらゆるものがインターネットにつながる IoT (Internet of Things) 時代を迎え、至る所で種々のデータを得るためのセンサーが取り付けられるようになる。センサーを動作させるためには、電源が必要となるが、個々の小さなセンサーを商用電源に接続することや、一次電池の交換を継続的に行うことは、センサーの設置数や設置環境を考慮すると現実的とは言い難い。したがって、IoT デバイスの実現には、環境発電との組み合わせが有効な一手法と考えられる。現在、国内外での環境発電に関する研究は、各研究機関からの新たなアイデアを競う段階にある。本研究課題は、申請者独自の「レーザー加工」を基礎に、水中乃至は高湿度環境下で機能する微小な IoT デバイス作製のための、新たな環境発電法を開発するという位置付けである。

(2) これまで申請者らは、波長 193 nm の ArF エキシマレーザーを用いて、シリコン ( $[\text{SiO}(\text{CH}_3)_2]_n$ ) ゴム表面に、周期的な微細隆起構造を光化学的に形成する新規手法を見出してきた。これは、シリコンゴム表面に予め直径 2.5  $\mu\text{m}$  のシリカガラス製微小球を単層で整列させ、その上方から ArF エキシマレーザーを照射することにより、微小球下のシリコンゴムの主鎖構造 (Si-O 結合) が光開裂され、低分子量化に伴う隆起現象が誘起されることによる。その結果、シリコンゴム表面には直径約 1.5  $\mu\text{m}$ 、高さ約 1  $\mu\text{m}$  の微細隆起構造が、周期 2.5  $\mu\text{m}$  で形成される。また、周期的な微細隆起構造が形成したシリコンゴム表面の水との接触角は約 155 度を示し、超撥水性の発現にも成功している。

(3) シリコンは、化学的に安定な高分子材料の一つであり、耐熱性、耐寒性、耐薬品性、電気絶縁性、光学的透明性、ガス透過性など、様々な優れた特性を示す。この表面に、水との接触角が 150 度以上となる超撥水性を発現させることができれば、シリコンの有する自己接着性や剥離性と相まって、工学的な応用はより広範囲になるものと考えられる。

(4) 作製された超撥水性シリコンゴムの応用展開の一つとして、これまで申請者らは、上記超撥水性試料を水中に入れることにより、周期的な微細隆起構造が形成した領域にのみ、均一な空気層が形成されることを見出した。この空気層は、シリンジで空気を注入することで、厚さが変化することも明らかにしている。この実験では、厚さ 2 mm、大きさ 15 × 10  $\text{mm}^2$  のシリコンゴムの上面に、周期的な微細隆起構造を約 6 × 8  $\text{mm}^2$  の領域に形成している。水の代わりに 3 wt% の NaCl 水溶液を使用した場合でも、同様の空気層が形成された。また、水中に形成した空気層内に、微小な水滴を閉じ込めることもできた。その際、シリコンゴム表面の超撥水性が高いため、ゴム表面と微小水滴との界面にも、小さな空気層が形成した。さらに、水中に形成した空気層内に、NaCl 水溶液の微小液滴を閉じ込めた後、外部から 2 つの細い針を微小液滴内に挿入し、針先の間隔を約 3 mm に保持して 15 V の電圧を印加した。その結果、NaCl 水溶液の電気分解が起こり、水素ガスの発生が確認できた。このように申請者らは、超撥水性シリコンゴム表面と水の界面に形成する空気層について、その応用を多角的に検討してきた。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究では、超撥水性を呈する固体表面に、異種の微小金属を形成し、それを水中に浸漬させることにより、超撥水性表面には均一な空気層が形成して、空気層と水の両方に跨る空気層側の異種金属間で微弱な発電を実現し、導電性を有する液体に係わる環境下でのエネルギー自律型ウェアラブルデバイス作製に資することを目的としている。

### 3. 研究の方法

(1) 直径 2.5  $\mu\text{m}$  のシリカガラス製微小球をエタノールに分散させ、それをシリコンゴム (厚さ 2 mm) 表面に滴下した。その後、自然乾燥をさせることにより、微小球がシリコンゴム表面で単層に整列した。その試料に、ArF エキシマレーザーを、単一パルスのフルエンス 10 ~ 50  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、パルス数 900 ~ 3600 (照射時間 1.5 ~ 60 min)、パルス繰り返し周波数 1 Hz の範囲で照射した。その際、レーザー光路 (長さ 80 mm) は、酸素分子による光吸収を減少させるため、Ar あるいは  $\text{N}_2$  ガスでパージした。レーザー照射後、試料を 1 wt% の HF 水溶液中に浸漬して微小球を除去した。

(2) 上述のように、ArF エキシマレーザーによりシリコンゴム上に微細隆起構造を形成する際、1 wt% の HF 水溶液による化学エッチング時間を 90 s から 30 s と短くすることで、微細隆起構造の先端部に均一なサイズのマイクロカップ構造を形成した。

(3) 超撥水性シリコンゴム上の空気層と NaCl 水溶液に、異種金属線 (直径 1.0 mm の Al 線と

直径 0.7 mm の Cu 線) をそれぞれ跨るように設置し、空気層内の 2 本の電極間を、1 対のプローブを用いて電気化学的に発生した電圧を測定した。

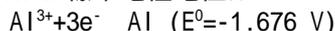
(4) 厚さ 2 mm のシリコーンゴム表面に、直径 2.5  $\mu\text{m}$  のシリカ微小球を単層に整列させ、その試料を濃度 46 ~ 48 % の HF 水溶液が入った密閉容器上部に固定し、HF ガスに約 2 min 暴露させ、微小球の直径が約 2  $\mu\text{m}$  になるよう化学エッチングした。その試料に、単一パルスのフルエンス 40  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、パルス繰り返し周波数 1 Hz、ショット数 1800 の条件で ArF エキシマレーザーを照射した。レーザー照射後、試料を再度 HF 水溶液のガスに 4 min 暴露することで、シリカ微小球のみを化学エッチングにより除去した。

#### 4. 研究成果

(1) 2021 年度は、水中で超撥水性シリコーンゴム表面に形成する空気層の領域および均一性を高めるために、レーザー照射条件(単一パルスのフルエンス、パルス繰り返し周波数、照射パルス数)ならびに微小球除去のための化学エッチング条件の最適化を行い、広領域化したときの周期的微細隆起構造の形状および高さの均一性を図った。また、周期的微細隆起構造の形状を、これまでの円錐台状構造に加えて、各々の先端部に新たにシリコーンから成るマイクロカップ構造を均一に形成できる手法を見出した。その結果、水との接触角が再現性良く 160 度以上を示すようになり、高い超撥水性を発現させることができた。このような高い超撥水性は、均一な空気層形成に有効である。また、形成したマイクロカップ構造は、微量なイオン液体をトラップすることも示した。したがって、水中に浸漬した試料表面上の空気層内で発電できると、同一空気層内にトラップした電解質に蓄電できる可能性を得た。

また、異種の微小金属として Au 薄膜との組み合わせも検討した。

(2) 2022 年度は、まず異種の金属 (Al と Cu) が形成された超撥水性シリコーンゴムチップを、濃度 3 wt% の NaCl 水溶液に浸漬し、超撥水性領域に形成する空気層内で発生する電圧を測定した。その結果、0.5 ~ 0.9 V の電圧発生が安定的に認められた。この得られた電圧の値は、Al の標準電極電位と、Cu 電極面で起こる  $\text{H}_2\text{O}$  の還元反応における標準電極電位との差に一致していることが確認できた。すなわち、Al の標準電極電位は



一方 Cu 電極上では、以下の反応が起こっているものと考えられる。



したがって、理想的には 0.848 V の電圧発生が期待される。本研究で得られた約 0.5 ~ 0.9 V の電圧は、概ね理想的な電圧値と一致していた。また異種金属の位置を変化させ高い起電力が得られる条件の有無について調べた。加えて異種微小導電膜として炭素薄膜との組み合わせも検討した。

上記結果から、得られた微小電力を同一空気層内で同時に蓄電できるマイクロ構造の必要性を認識した。そこで、シリコーンゴム表面に形成する微細隆起構造の先端部に、シリコーンから成る新たなマイクロカプセルアレイ構造の形成を研究項目として加えた。具体的には、厚さ 2 mm のシリコーンゴム表面に、直径 2.5  $\mu\text{m}$  のシリカガラス製微小球を単層に整列させ、その試料に ArF エキシマレーザーを、単一パルスのフルエンス 35 ~ 45  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、パルス繰り返し周波数 1 Hz、パルス数 1800 で照射した。レーザー照射後、シリカ微小球を除去するため HF 水溶液を用いて化学エッチングを行う際、最適な実験条件を見出すことで、球状の中空マイクロカプセル構造を周期的に形成することに成功した。なお、超撥水性シリコーンゴムチップの積層化のための基礎的実験は、上記マイクロ蓄電構造を実現した後に行うこととした。

(3) 2023 年度は、2022 年度に研究項目として加えた、シリコーンから成る新たなマイクロカプセルアレイ構造の形成に関し、均一なカプセル形状を得るため最適な実験条件を見出すとともに、マイクロカプセルの先端部ならびに側面部に微細な穴を形成する手法を確立して、イオン液体のみならず様々な電解質をカプセル化するための手法を見出した。そして、マイクロ発電とともにマイクロ蓄電も同時に行える新規デバイス作製の基礎的成果を得ることに焦点を合わせた。

具体的には、マイクロカプセル構造を形成した試料の裏面から、波長 520 nm のフェムト秒レーザーを、出力 300 ~ 350 mW、パルス繰り返し周波数 20 kHz、照射時間 5 ~ 10 s で照射すると、マイクロカプセル構造天頂部に、約 1 ミクロン径の穴が形成した。形成した穴は、多孔質の孔よりは大きいマイクロサイズであるため、表面張力の高い液体を充填する際には、多孔質の孔と比較して容易に浸透させることが可能であると考えられる。

また、シリカ微小球をシリコーンゴム上に単層整列後、隣接するシリカ微小球との最近接箇所の間隔が、マイクロカプセルの膜厚未満となるようブレエッチングを施し、マイクロカプセルを形成した。その後、HF 水溶液の蒸気による化学エッチングを行うと、マイクロカプセル構造内のシリカ微小球が優先的に除去された後に、他の領域よりも、薄いシリコーン膜となった隣接部分がエッチングされることで、マイクロサイズの穴がマイクロカプセル側面部に形成されるに至った。

## 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 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Okoshi Masayuki	4. 巻 2
2. 論文標題 Electrical Utilizations of Air Gap Region Formed on Superhydrophobic Silicone Rubber in NaCl Aqueous Solution	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Micro	6. 最初と最後の頁 488 ~ 494
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/micro2030030	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 Iwasaki Kaede, Yoshida Tsuyoshi, Okoshi Masayuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Near-superhydrophobic silicone microcapsule arrays encapsulating ionic liquid electrolytes for micro-power storage assuming use in seawater	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18264/1 ~ 18264/9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-22891-w	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 Iwasaki Kaede, Okoshi Masayuki	4. 巻 9
2. 論文標題 Transparent Gelation of Ionic Liquids Trapped in Silicone Microcup Structures under Scanning Electron Microscopy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Gels	6. 最初と最後の頁 179 ~ 179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/gels9030179	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 Okoshi Masayuki	4. 巻 2
2. 論文標題 Photochemical Micro-/Nano-Swelling of Silicone Rubber Induced by Long Pulse-Repetition Interval of an ArF Excimer Laser	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Electronic Materials	6. 最初と最後の頁 116 ~ 124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronicmat2020010	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 大越昌幸	4. 巻 141
2. 論文標題 ArFエキシマレーザにより作製されたシリコンゴム上の周期的円柱状微細隆起構造	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 771 ~ 775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjeiss.141.771	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 Okoshi Masayuki、Iwasaki Kaede、Yoshida Tsuyoshi	4. 巻 309
2. 論文標題 Fabrication of silicone microcups on periodic microswelling structure of silicone rubber by 193-nm ArF excimer laser	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Letters	6. 最初と最後の頁 131335 ~ 131335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matlet.2021.131335	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 大越昌幸	4. 巻 142
2. 論文標題 ArFエキシマレーザ誘起光脱離によるシリコン薄膜の形成	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 450 ~ 453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjeiss.142.450	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 Kaede Iwasaki、Masayuki Okoshi	4. 巻 318
2. 論文標題 Photochemical formation of hollow silicone microcapsule arrays on periodic microswelling structures of silicone rubber using 193 nm ArF excimer laser for microencapsulation of electrolytes	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Materials Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 129321/1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matchemphys.2024.129321	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 Kaede Iwasaki、Masayuki Okoshi	4. 巻 35
2. 論文標題 Superhydrophobic silicone microcup array on periodic microswelling structure of silicone rubber formed by 193 nm ArF excimer laser-induced photodissociation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Materials Today	6. 最初と最後の頁 101985/1~9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apmt.2023.101985	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23件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 大越昌幸, 岩崎楓, 吉田剛
2. 発表標題 ArFエキシマレーザーを用いたシリコンゴムの表面機能化
3. 学会等名 第97回レーザー加工学会講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Yoshida, M. Okoshi
2. 発表標題 Patterned Au203 layer formation on Au surface under the atmospheric condition by F2 laser irradiation
3. 学会等名 16th International Conference on Laser Ablation (COLA2021/2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Iwasaki, T. Yoshida, M. Okoshi
2. 発表標題 Fabrication of periodic microcapsule structures on silicone rubber by 193 nm ArF excimer laser
3. 学会等名 SPIE Photonics West 2023, LASE2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 奥園聡史, 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 F2レーザーによるAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜の形成
3. 学会等名 2022年第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 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 F2レーザーによる大気下におけるAu表面へのAu <sub>2</sub> O <sub>3</sub> パターン形成
3. 学会等名 2022年第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 岩崎楓, 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 ArFエキシマレーザーによるシリコンゴム上へのマイクロカプセル構造形成
3. 学会等名 2022年第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 大越昌幸
2. 発表標題 F2レーザーによる金属薄膜の表面改質
3. 学会等名 レーザー学会 第571回研究会「レーザー計測とその応用」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩崎楓, 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 「ArFエキシマレーザーによるイオン液体を内包したシリコンマイクロカプセル構造の形成」
3. 学会等名 レーザー学会 第571回研究会「レーザー計測とその応用」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥園聡史, 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 F2レーザーによるAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ナノ自立膜の形成
3. 学会等名 2023年第22回レーザー学会東京支部研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 奥園聡史, 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 F2レーザーによるAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜の形成(2)
3. 学会等名 2023年第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 岩崎楓, 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 ArFエキシマレーザーによるシリコンゴム上へのマイクロカップ構造形成
3. 学会等名 2021年第82回応用物理学会秋季学術講演会(オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 シリコンゴム表面でのArFレーザーによる微細隆起構造形成におけるパルス繰り返し周波数の影響
3. 学会等名 2021年第82回応用物理学会秋季学術講演会(オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Okoshi
2. 発表標題 Micro/nanostructuring of silicone rubber by vacuum UV laser for energy harvesting in water
3. 学会等名 Indonesian Air Force Academy (IDAF) National Seminar 2021 -The Increase Role of Education Institution to develop Indonesian National Defense upon 5.0 Society Era- (Online) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田剛, 岩崎楓, 大越昌幸
2. 発表標題 ArFレーザー照射を利用したシリコンゴム表面への周期的微細構造の形成
3. 学会等名 2021年レーザー学会東京支部セミナー 合同レーザー応用セミナー (東京, 港区, オンライン併用) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩崎楓, 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 ArFエキシマレーザーにより形成されたシリコンゴム上のマイクロカップ構造
3. 学会等名 レーザー学会 第559回研究会「レーザー計測とその応用」(大阪, 大阪市, オンライン併用)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田剛, 岩崎楓, 大越昌幸
2. 発表標題 シリコンゴム表面におけるArFレーザーを用いた光化学的過程による微細隆起構造形成
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第42回年次大会 (オンライン) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Iwasaki, T. Yoshida, M. Okoshi
2. 発表標題 The formation of periodic micro-cup structures on silicone rubber surface by 193 nm ArF excimer laser irradiation
3. 学会等名 SPIE Photonics West 2022, LASE2022 (San Francisco, USA, Online) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩崎楓, 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 ArFエキシマレーザーによるシリコンゴム上へのマイクロカップ構造形成(2)
3. 学会等名 2022年第69回応用物理学会春季学術講演会(神奈川, 相模原, オンライン併用)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩崎楓, 吉田剛, 大越昌幸
2. 発表標題 ArFエキシマレーザーを用いたシリコンマイクロカップ構造の形成
3. 学会等名 電気学会 光・量子デバイス研究会「先端レーザプロセッシング」(栃木, 宇都宮, オンライン併用)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Okoshi, K. Iwasaki, T. Yoshida
2. 発表標題 Photochemical fabrication of silicone microcapsule arrays encapsulating ionic liquid electrolytes for micro-power storage under sodium chloride aqueous solution
3. 学会等名 11th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2023) (Singapore) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大越昌幸, 岩崎楓
2. 発表標題 イオン液体が捕獲されたシリコンマイクロカップアレイ構造の形成
3. 学会等名 2023年第84回応用物理学会秋季学術講演会(熊本, 熊本市, オンライン併用)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大越昌幸, 岩崎楓
2. 発表標題 ArFエキシマレーザーを用いたシリコンマイクロカプセル構造の形成
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第44回年次大会(東京, 江東区)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大越昌幸, 岩崎楓
2. 発表標題 イオン液体が内包されたシリコンマイクロカプセルアレイ構造の形成
3. 学会等名 2024年第85回応用物理学会秋季学術講演会(新潟, 新潟市, オンライン併用)
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 園家啓嗣	4. 発行年 2022年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 341
3. 書名 レーザー加工の最新動向	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 蓄エネルギー装置、蓄エネルギー装置の製造方法及び電子装置、並びに中空構造体 及び 中空構造体の製造方法	発明者 大越昌幸, 岩崎楓	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-124980号	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 環境発電方法、環境発電装置及び電子装置	発明者 大越昌幸	権利者 防衛省防衛装備 庁長官
産業財産権の種類、番号 特許、第7069459号	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔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