

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H00738

研究課題名（和文）厚膜磁石を活用したMEMSデバイスの総合的研究

研究課題名（英文）Research on MEMS devices utilizing thick film permanent magnet

研究代表者

進士 忠彦（Shinshi, Tadahiko）

東京工業大学・科学技術創成研究院・教授

研究者番号：60272720

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、スマートフォンカメラ用の手振れ補正用マイクロアクチュエータやレンズ絞り駆動用マイクロモータ、モバイルデバイス用マイクロ発電機の実現に寄与できる厚膜磁石を活用したMEMSデバイスの実現を目指し、以下の研究を実施した。1)パルスレーザ堆積法を用いた厚膜磁石の成膜条件の検討。特に、下地膜の基板密着性や磁気特性への影響に関して検討した。さらに、LIFT法による磁石転写法に関しても検討した。2)レーザ局所加熱法による微細多極着磁やハルバッハ着磁の検討、さらに、加熱中での磁気一括転写法の開発、3)磁気MEMS用案内機構や高密度・高アスペクトマイクロコイルなどの製作方法を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートフォンカメラの手振れ補正機構や絞り機構、モバイルデバイスのエネルギー供給に利用可能なマイクロ振動発電機に適用可能な微小な永久磁石やコイルを用いるMEMSデバイスの基盤技術の研究を実施した。これにより、スマートフォンカメラの高性能化、小形化や、スマート社会を支える分散センサのエネルギー供給の解決策を提示することができた。

研究成果の概要（英文）：In this study, the following studies were carried out to realize MEMS devices using thick-film magnets, which can contribute to the realization of microactuators for image stabilization for smartphone cameras, micro motors for lens iris drive, and micro-generators for mobile devices: 1) Investigation of thick-film magnet deposition conditions using pulsed laser deposition method. In particular, the effects of the base film on substrate adhesion and magnetic properties were investigated. In addition, the magnet transfer method using the LIFT method was also investigated. 2) Investigation of fine multi-pole magnetization and Halbach magnetization using the laser local heating method and the development of a magnetic batch transfer method during heating. 3) The fabrication methods of guide mechanisms for magnetic MEMS and high-density, high-aspect micro coils were investigated.

研究分野：精密工学

キーワード：磁気MEMS 厚膜磁石 微細着磁 ハルバッハ磁石 マイクロコイル マイクロアクチュエータ マクロ振動発電機

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

産業機械や情報機器で用いられるネオジム磁石を代表とする高性能磁石の活用が MEMS デバイスにおいてあまり進まない。申請者は、その理由として、1) 実用的な情報機器のアクチュエーションなどに必要な厚さ数十～数百  $\mu\text{m}$  の高性能な厚膜磁石をシリコン基板等に形成する技術が十分に確立されていない、2) 反磁界の影響を低減し厚膜磁石から有効に磁束を発生するための磁石の微細加工、微細着磁技術が確立されていない、3) 厚膜磁石を用いた磁気デバイスの応用先の探索とそのデバイスを実現する設計・製造法の検討が十分に行われていないためであると考えていた。本研究では、これらの背景に対して、以下の目標を設定し研究を実施した。

### 2. 研究の目的

本研究では、スマートフォンカメラ用のレンズや絞り駆動用アクチュエータ、モバイルデバイス用エナジーハーベスター(マイクロ発電機)の実現に十分寄与できる厚膜磁石を活用した MEMS デバイスの設計、磁石の成膜、微細加工、微細着磁、案内機構やマイクロコイルなどの製造技術を総合的に研究し、設計・製造法を確立することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### 3.1 厚膜磁石の創成

図1に示すパルスレーザ堆積法を用いて厚膜磁石の創成を目指した。ターゲット磁石の組成、パルスレーザのデフォーカスレート、基板材質、密着層の材質や膜厚、加熱処理条件を変化させながら、成膜された磁石の基板密着性、最大膜厚、保磁力等を評価した<sup>(1)-(4)</sup>。

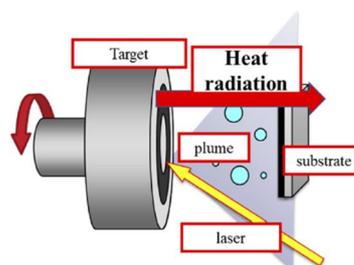


図1 パルスレーザ堆積法<sup>(1)-(4)</sup>

また、耐熱性が低い材質に磁石膜を生成するため、図1のパルスレーザ堆積法でガラス板に成膜した磁石膜を、パルスレーザによるアブレーションで飛翔させ、低耐熱性の基板に転写する図2のLIFT法を検討した<sup>(5)</sup>。

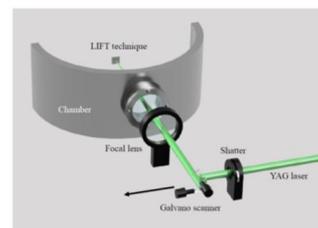


図2 LIFT法による磁石膜の転写<sup>(5)</sup>

#### 3.2 磁石の微細着磁、微細加工、微小コイルの創成

図3に示すレーザ局所加熱法により、微細加工、成膜した磁石への微細着磁を検討した。特に、磁石特性と着磁率((実際の磁石の表面磁束密度)/(理想的な着磁が実現された場合の表面磁束密度))の関係を調査した<sup>(6)</sup>。更に、図3の手法に外部磁界の方向を $\pm 90^\circ$ 変更することで、基板の一方向に強い磁束密度を発生するハルバツハ着磁を実現する方法<sup>(7)</sup>(図4)を提案・検討した。

また、特定の微細磁石パターンを形成する方法として、微細溝に粉体磁石を高密度で埋め込む手法<sup>(8)</sup>(図5)を検討した。電磁アクチュエータやセンサのための微細・高密度・ハイアスペクトコイルの形成方法として、図6の銅メッキを用いる手法<sup>(9)</sup>や、フレキシブルな膜に配線やコイルを形成するため導電性ペーストとスクリーンプリントを用いた手法<sup>(10)</sup>も検討した。

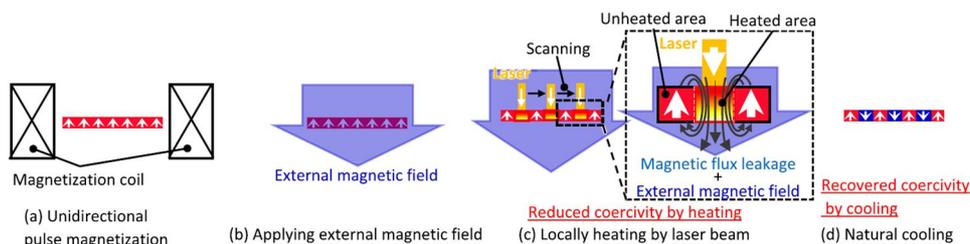


図3 レーザ局所加熱法による微細着磁<sup>(6)</sup>

さらに、レーザ局所加熱法による微細着磁に長時間を要する問題を解決するため、レーザ局所加熱法や微細加工を用いて製作した微小磁気パターンを、他の磁石に転写する図8の手法を検討した<sup>(11)(12)</sup>。転写元の磁気パターンを高温時に保磁力が保てる磁石に形成し、加熱中に保磁力が減少する磁石に合わせ加熱することで、磁気パターンの転写を目指した。

### 3.3 磁気 MEMS デバイスの創成

従来の永久磁石の微細加工の限界を明らかにするため図9に示すマイクロポンプ<sup>(13)</sup>を試作した。小形化の限界を解決するため、図5、図7に示す樹脂膜への微細磁石の埋め込み方法<sup>(8)</sup>や微細かつフレキシブルなコイル製作法<sup>(10)</sup>を検討している。

さらに、微細磁石の着磁法を活用した図10の2軸マイクロリアテーブルを提案、試作している。これは、スマホカメラの手振れ補正をするため、CMOSの駆動のため開発された<sup>(14)</sup>。さらに、スマホの超薄型絞り機構の開発のため、微細着磁磁石を用いた図11のマイク

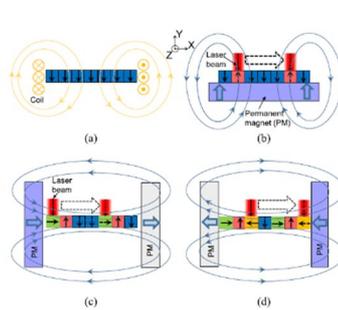


図4 レーザ局所加熱法による

#### ハルバツハ磁石着磁<sup>(7)</sup>

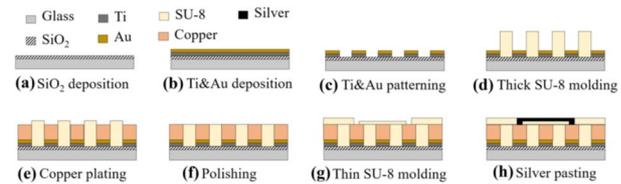


図6 銅のメッキによる微細・高アスペクトコイルの製作<sup>(9)</sup>

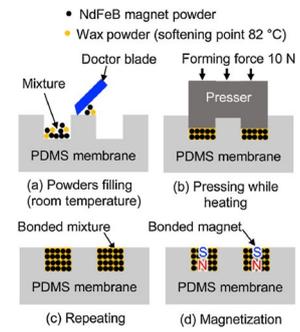


図5 粉体磁石を用いた微細

#### 磁石形成法<sup>(8)</sup>

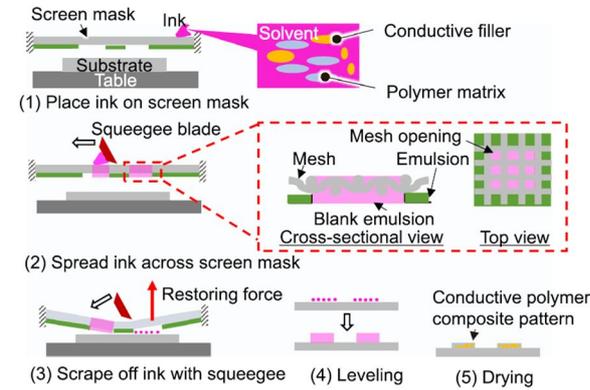


図7 スクリーンプリントと導電性ペーストによるコイル製作<sup>(10)</sup>

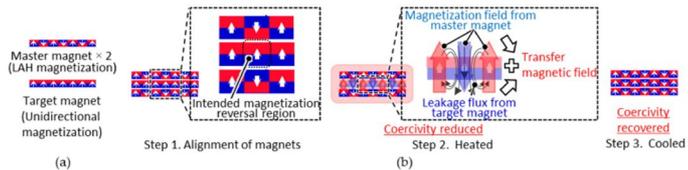


図8 加熱時の保磁力の違いを利用した微細磁気パターン転写<sup>(11)(12)</sup>

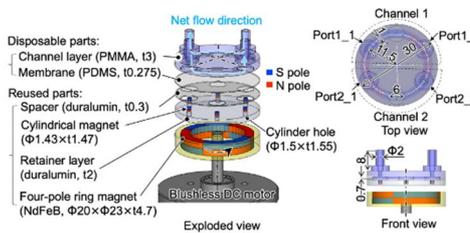


図9 従来磁石加工法を用いたマイクロポンプ<sup>(13)</sup>

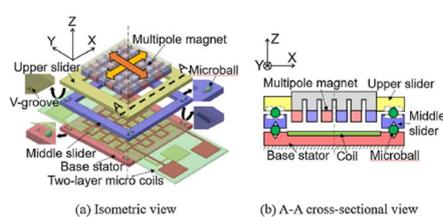


図10 微細着磁を用いた2軸リアモータ<sup>(14)</sup>

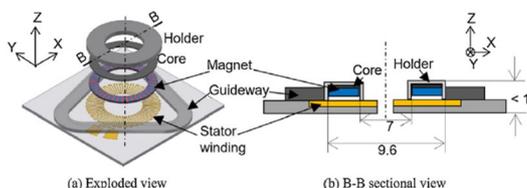


図11 微細着磁を用いたマイクロモータ<sup>(15)</sup>

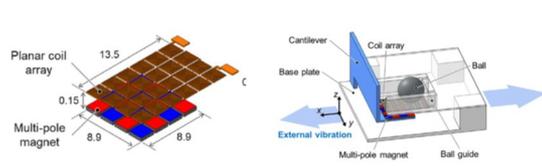


図12 微細着磁・高密度コイルを用いた振動発電<sup>(16)</sup>

<p>図 13 Si 基板上的ガラス膜上に磁石成膜 (<math>BH</math>)<sub>max</sub> 向上<sup>(1)</sup></p>	<p>図 14 Al-O 膜上の堆積により磁石の角型性を向上<sup>(2)</sup></p>	<p>図 15 タンタル基板への LIFT 法により磁石転写<sup>(5)</sup></p>
<p>図 16 レーザ局所加熱着磁法による磁石の磁気特性と着磁率の関係<sup>(6)</sup></p>	<p>図 17 レーザ局所加熱法によるハルバツハ磁石例<sup>(7)</sup></p>	<p>図 18 銅メッキによる高密度・高アスペクトコイル製造<sup>(8)</sup></p>
<p>図 19 微小多極磁石アレイを用いたマイクロ 2 軸テーブル<sup>(14)</sup></p>	<p>図 21 マイクロフラットモータ用 80 極ロータ<sup>(15)</sup></p>	<p>図 22 試作マイクロインパクト・振動発電機の発電密度<sup>(16)</sup></p>

ロフラットモータを開発している<sup>(15)</sup>。更に、マイクロ着磁<sup>(6)</sup>や高密度コイル製作技術を活用し、振動型の図 1 2 エナジーハーベスタを開発<sup>(9)</sup>し、その発電効率を向上するため、剛球のインパルス・振動併用機構を提案し、振動特性を詳細に解析している<sup>(16)</sup>。

## 4. 研究成果

### 4.1 厚膜磁石の創成

磁気 MEMS に利用可能な厚膜磁石の創成のため、成膜レートがスパッタなどに比べて高いパルスレーザー堆積法 (図 1) を検討し、磁石膜の基板への密着性や磁気特性が Si 基板の上に成膜した下地層に大いに影響を受けることを明らかにした (例えば、図 1 3, 1 4 など、発表論文 1 ~ 4)。また、厚膜成膜した磁石などをターゲットに、磁気特性をそのままにレーザーアブレーションによる成膜磁石を別の基板に転写することを検討した (図 1 5, 発表論文 5)。

### 4.2 微細着磁, 微細加工, 微小コイルの創成

レーザー局所加熱着磁法における磁気特性と着磁率の関係 (図 1 6), 同手法のハルバツハ磁石への展開 (図 1 7), 銅メッキによる高密度, ハイアスペクトコイルの製作 (図 1 8) などに加え、磁気パターンの加熱転写や、フレキシブルな磁気 MEMS デバイスに関して、粉体磁石やフレキシブルコイルの検討 (発表論文 6 ~ 1 2) を行った。

### 4.3 磁気 MEMS デバイスの創成

レーザー局所加熱を用いた多極微細着磁とシリコン微細加工を組み合わせた図 1 9 のマイクロ 2 軸位置決めテーブル, 図 2 0 の 10mm 以下の磁石リングに 80 極の微細着磁を行った超多極マイクロフラットモータの試作, 図 2 1 のマイクロ振動発電の研究などを実施した。(発表論文 1 3 ~ 1 6)

## 5. 研究成果に関連する発表論文

- 1) M. Nakano, K. Higuchi, H. Yamaguchi, I. Fukuda, A. Yamashita, T. Yanai, T. Shinshi, and H. Fukunaga, *Improvement of the magnetic properties of Nd-Fe-B/glass two-layer films deposited on Si substrates*, *AIP Advances*, 13, (2023) 025131.
- 2) Shinshi, and M. Nakano, Nd-Fe-B Thick-Film Magnets on Si Substrates With Al-O Underlayers, *IEEE Transactions on Magnetics*, 59, 11 (2023).
- 3) M. Nakano, Y. Miyahara, Tsuruoka, Yamashita, T. Yanai, T. Honda, T. Shinshi, and H.

- Fukunaga I, Preparation of Fe-Pt thin-sheet magnets using exfoliation Behavior, *AIP Advances*, 12, (2022) 035232.
- 4) Masaki Nakano, Sho Takeichi, Takashi Yamaguchi, Keisuke Takashima, Akihiro Yamashita, Takeshi Yanai, Tadahiko Shinshi, and Hirotohi Fukunaga, Comparison of properties between Pr-Fe-B and Nd-Fe-B thick-film magnets applied to MEMS, *Japanese Journal of Applied Physics*, 59, (2020) S4401.
  - 5) M. Nakano, K. Higashi, G. Tahara, I. Fukuda, A. Yamashita, T. Yanai, K. Nagai, T. Shinshi, and H. Fukunaga, Preparation of Nd-Fe-B films via a low-temperature process, *IEEE Transactions on Magnetics* (early access).
  - 6) Keita Nagai, Naohiro Sugita, and Tadahiko Shinshi, Influence of Permanent Magnetic Properties on Laser-Assisted Heating Magnetization for Magnetic MEMS, *IEEE Access*, 11, (2023) 3341971.
  - 7) Dong Han, Tadahiko Shinshi, Keita Nagai, Mizuki Momosaki, and Masaki Nakano, Micro Linear Halbach Array of Thick-Film Nd-Fe-B Magnets Utilizing Local Laser Irradiation and a Direction-Changeable External Magnetic Field, *IEEE Magnetics Letters*, 11, (2020).
  - 8) Chao Qi, Dong Han, and Tadahiko Shinshi, A MEMS-based electromagnetic membrane actuator utilizing bonded magnets with large displacement, *Sensors & Actuators A*, 330 (2021) 112834.
  - 9) Dong Han, Tadahiko Shinshi, and Makoto Kine, Energy Scavenging From Low-Frequency Vibrations Through a Multi-Pole Thin Magnet and a High-Aspect-Ratio Array Coil, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 8, (2021) 139–150.
  - 10) Chao Qi, Naohiro Sugita, and Tadahiko Shinshi, Development of a flexible coil based on conductive polymer composite for PDMS-based soft electromagnetic microactuators, *Sensors & Actuators A*, 363, (2023) 114766.
  - 11) Keita Nagai, Naohiro Sugita, and Tadahiko Shinshi, Batch Fine Magnetic Pattern Transfer Method on Permanent Magnets Using Coercivity Change during Heating for Magnetic MEMS, *Micromachines*, 15, (2024) 248.
  - 12) Runyi Deng, Qing Cao, Guofang Gong, Huayong Yang, Tadahiko Shinshi, and Dong Han, Multi-pole magnetization of NdFeB magnetic elastomers via a programmable magnetic stamp inspired by movable type printing, *Sensors & Actuators A*, 366, (2024) 114945.
  - 13) Chao Qi, Naohiro Sugita, and Tadahiko Shinshi, A Disposable Electromagnetic Bi-Directional Micropump Utilizing a Rotating Multi-Pole Ring Magnetic Coupling, *Micromachines*, 13, (2022)1565.
  - 14) Dong Han, Tadahiko Shinshi, Noriei Azuma, and Shogo Kadota, An in-plane, large-stroke, multipole electromagnetic microactuator realized by guideways stacking mechanism, *Sensors & Actuators A*, 298 (2019) 111563.
  - 15) Dong Hana, Keita Nagai, Tadahiko Shinshi, High torque micro slice motor using a multipole ring magnet, *Sensors & Actuators A*, 311, (2020) 112050.
  - 16) Naohiro Sugita, Makoto Kine, Dong Han, and Tadahiko Shinshi, Experiment and modeling of cantilever-based electromagnetic energy harvester driven by direct impact of spherical ball, *Microsystem Technologies* 28, (2022) 1911–1923.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 14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 Nagai Keita, Sugita Naohiro, Shinshi Tadahiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Influence of Permanent Magnetic Properties on Laser-Assisted Heating Magnetization for Magnetic MEMS	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 143446 ~ 143456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2023.3341971	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 Deng Runyi, Cao Qing, Gong Guofang, Yang Huayong, Shinshi Tadahiko, Han Dong	4. 巻 366
2. 論文標題 Multi-pole magnetization of NdFeB magnetic elastomers via a programmable magnetic stamp inspired by movable type printing	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 114945 ~ 114945
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2023.114945	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 該当する

1. 著者名 Qi Chao, Sugita Naohiro, Shinshi Tadahiko	4. 巻 363
2. 論文標題 Development of a flexible coil based on conductive polymer composite for PDMS-based soft electromagnetic microactuators	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 114766 ~ 114766
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2023.114766	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 Yamaguchi H., Higuchi K., Kaku H., Yamashita A., Yanai T., Fukunaga H., Nagai K., Shinshi T., Nakano M.	4. 巻 59
2. 論文標題 Nd-Fe-B Thick-Film Magnets on Si Substrates With Al-O Underlayers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Magnetics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMAG.2023.3288911	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 Nakano M., Higuchi K., Yamaguchi H., Fukuda I., Yamashita A., Yanai T., Shinshi T., Fukunaga H.	4. 巻 13
2. 論文標題 Improvement of the magnetic properties of Nd-Fe-B/glass two-layer films deposited on Si substrates	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000599	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 Nagai Keita, Sugita Naohiro, Shinshi Tadahiko	4. 巻 15
2. 論文標題 Batch Fine Magnetic Pattern Transfer Method on Permanent Magnets Using Coercivity Change during Heating for Magnetic MEMS	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 248 ~ 248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi15020248	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 Qi Chao, Sugita Naohiro, Shinshi Tadahiko	4. 巻 13
2. 論文標題 A Disposable Electromagnetic Bi-Directional Micropump Utilizing a Rotating Multi-Pole Ring Magnetic Coupling	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 1565 ~ 1565
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi13101565	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 Sugita Naohiro, Kine Makoto, Han Dong, Shinshi Tadahiko	4. 巻 28
2. 論文標題 Experiment and modelling of cantilever-based electromagnetic energy harvester driven by direct impact of spherical ball	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Microsystem Technologies	6. 最初と最後の頁 1911 ~ 1923
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00542-022-05333-5	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 Nakano M., Miyahara Y., Tsuruoka A., Yamashita A., Yanai T., Honda T., Shinshi T., Fukunaga H.	4. 巻 12
2. 論文標題 Preparation of Fe-Pt thin-sheet magnets using exfoliation behavior	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 035232 ~ 035232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000303	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 Qi Chao, Han Dong, Shinshi Tadahiko	4. 巻 330
2. 論文標題 A MEMS-based electromagnetic membrane actuator utilizing bonded magnets with large displacement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 112834 ~ 112834
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2021.112834	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 Nakano M., Miyahara Y., Tsuruoka A., Yamashita A., Yanai T., Honda T., Shinshi T., Fukunaga H.	4. 巻 12
2. 論文標題 Preparation of Fe-Pt thin-sheet magnets using exfoliation behavior	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 035232 ~ 035232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000303	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 Han Dong, Shinshi Tadahiko, Kine Makoto	4. 巻 8
2. 論文標題 Energy Scavenging From Low Frequency Vibrations Through a Multi-Pole Thin Magnet and a High-Aspect-Ratio Array Coil	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology	6. 最初と最後の頁 139 ~ 150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40684-020-00276-6	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 Han Dong, Shinshi Tadahiko, Nagai Keita, Momosaki Mizuki, Nakano Masaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Microlinear Halbach Array of Thick-Film NdFeB Magnets Utilizing Local Laser Irradiation and a Direction-Changeable External Magnetic Field	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Magnetism Letters	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LMAG.2020.3006785	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 Han Dong, Nagai Keita, Shinshi Tadahiko	4. 巻 311
2. 論文標題 High torque micro slice motor using a multipole ring magnet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 112050 ~ 112050
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2020.112050	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 Masaki Nakano, Sho Takeichi, Takashi Yamaguchi, Keisuke Takashima, Akihiro Yamashita, Takeshi Yanai, Tadahiko Shinshi and Hirotooshi Fukunaga	4. 巻 59
2. 論文標題 Comparison of properties between Pr-Fe-B and Nd-Fe-B thick-film magnets applied to MEMS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab5534	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 Dong Han, Tadahiko Shinshi, Noriei Azuma, Shogo Kadota	4. 巻 298
2. 論文標題 An in-plane, large-stroke, multipole electromagnetic microactuator realized by guideways stacking mechanism	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2019.111563	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 1件/うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Chao QI, Naohiro SUGITA, Tadahiko SHINSHI
2. 発表標題 FABRICATION OF A MOVING-COIL-TYPE PDMS-BASED MEMBRANE ELECTROMAGNETIC MICRO-ACTUATOR BY DOUBLE-SIDED SCREEN PRINTING TECHNOLOGY
3. 学会等名 Transducers 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Keita Nagai, Naohiro Sugita, Tadahiko Shinshi
2. 発表標題 INFLUENCE OF PERMANENT MAGNETIC PROPERTIES ON MAGNETIC PATTERN TRANSFER FOR MAGNETIC MEMS
3. 学会等名 Transducers 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Haruka Yamaguchi, Kota Higuchi, Hibiki Kaku, Akihiro Yamashita, Takeshi Yanai, Hirotohi Fukunaga, Keita Nagai, Tadahiko Shinshi, Masaki Nakano
2. 発表標題 Nd-Fe-B Thick-film Magnets on Si Substrates with Al-O Underlayers
3. 学会等名 Intermag 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kohsuke Otsuka, Toya Motomura, Akihiro Yamashita, Takeshi Yanai, Hirotohi Fukunaga, Keita Nagai, Tadahiko Shinshi, Masaki Nakano
2. 発表標題 Preparation of Nd-Fe-B thick-film magnets by vacuum arc deposition for device applications
3. 学会等名 Intermag 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chao Qi, Keita Nagai, Ming Ji, Yu Miyahara, Naohiro Sugita, Tadahiko Shinshi, Masaki Nakano, Chiaki Sato
2. 発表標題 A MAGNETIC ACTUATOR USING PLD-MADE FEPT THICK FILM AS A PERMANENT MAGNET AND MEMBRANE MATERIAL FOR BIDIRECTIONAL MICROPUMPS
3. 学会等名 PowerMEMS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keita Nagai, Naohiro Sugita, Tadahiko Shinshi
2. 発表標題 SURVEY OF PERMANENT MAGNET FOR A LASER-ASSISTED HEATING MAGNETIZATION TO GENERATE DESIGNED SURFACE MAGNETIC FLUX DENSITY DISTRIBUTION FOR MAGNETIC MEMS DEVICES
3. 学会等名 PowerMEMS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keita NAGAI, Naohiro SUGITA, Tadahiko SHINSHI
2. 発表標題 Fine Magnetic Pattern Transferred on Nd-Fe-B Magnets Using High Heat-resistant Nd-Fe-B Magnets
3. 学会等名 The 9th International Conference of ASPEN (ASPEN 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chao Qi, Atsushi Nakazato, Naohiro Sugita, Tadahiko Shinshi
2. 発表標題 Fabrication of Flexible Coil on PDMS for MEMS-based Electromagnetic Membrane Actuator
3. 学会等名 The 9th International Conference of ASPEN (ASPEN 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chao Qi, Naohiro Sugita, Tadahiko Shinshi
2. 発表標題 A Disposable Electromagnetic Micropump for Oscillatory-flow PCR Microfluidic System
3. 学会等名 ACTUATOR 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keita Nagai, Yohei Hamaoka, Naohiro Sugita, Tadahiko Shinshi
2. 発表標題 Fabrication of Micro Halbach Arrays in a Monolithic Ring Magnet by Laser-Assisted Heating Magnetization
3. 学会等名 ACTUATOR 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chao Qi, Tadahiko SHINSHI
2. 発表標題 A Disposable Bidirectional Micropump With Three Diaphragms Driven by a Rotating Multi-pole Magnet
3. 学会等名 The 30th International Symposium on Industrial Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chao Qi, Naohiro Sugita, Tadahiko Shinshi.
2. 発表標題 A Disposable Electromagnetic Micropump for Rapid and High throughput Point of care PCR Tests
3. 学会等名 The 6th International Symposium on Biomedical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 進士忠彦
2. 発表標題 永久磁石の微細加工・微細着磁技術の開発とそのデバイス応用
3. 学会等名 マグネティックス研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永井 慧大, 杉田 直広, 進士 忠彦
2. 発表標題 ネオジウムリング磁石の多極ハルパツハ配列着磁
3. 学会等名 第12 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 濱岡 陽平, 杉田 直広, 進士 忠彦
2. 発表標題 ネオジウム磁石に対するサマコバ磁石の微細磁気パターンの転写
3. 学会等名 第33回「電磁力関連のダイナミクス」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chao QI, Dong HAN, Tadahiko SHINSHI
2. 発表標題 Valveless Micropump Actuated by an Axial Magnetic Coupling of Two Ring Multi-pole NdFeB Magnets
3. 学会等名 18th International Conference on Precision Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Dong Han, Makoto Kine, Tadahiko Shinshi, Shogo Kadota
2. 発表標題 MEMS Energy Harvester Utilizing a Multi-pole Magnet and a High-aspect-ratio Array Coil for Low Frequency Vibrations
3. 学会等名 PowerMEMS2019 Technical Digest Manuscript ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keita Nagai, Dong Han, Tadahiko Shinsh
2. 発表標題 Magnetization Improvement of Multipole Ring Magnet by Double-sided Laser Assisted Heating and Its Application to a High Torque Micro Slice Motor
3. 学会等名 8th International Conference of Asian Society for Precision Engineering of Nanotechnology ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Kine, Dong Han, TADAHIKO SHINSHI, Shogo Kadota
2. 発表標題 MEMS Power Generator for Low-frequency-Vibration Energy Harvesting Using a Multi-pole Magnet and a high-aspect-ratio Array Coil
3. 学会等名 8th International Conference of Asian Society for Precision Engineering of Nanotechnology ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Dong Han, Keita Nagai, Tadahiko Shinshi.
2. 発表標題 MICRO ELECTROMAGNETIC FLAT MOTOR USING AN 80-POLES AND 0.3-MM-THICK RING MAGNET FOR HIGH TORQUE
3. 学会等名 MEMS2020 ( 国際学会 )
4. 発表年 2020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	中野 正基  (Nakano Masaki)  (20274623)	長崎大学・工学研究科・教授   (17301)	
研究 分担者	韓 冬  (Han Dong)  (50825263)	東京工業大学・科学技術創成研究院・特任助教   (12608)	削除：2020年10月26日

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