

令和 2 年 5 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04345

研究課題名(和文) シリコン微細構造と有機素材の融合による液浸センサプラットフォームの学術基盤開拓

研究課題名(英文) Exploratory Academic Research on In-water Sensor Platform by Silicon and Organic Material Integration

研究代表者

三田 吉郎 (Mita, Yoshio)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授

研究者番号：40323472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：大気中や真空中での動作を前提に研究開発されていた微小電気機械システム(MEMS)、特に力を発生する「マイクロアクチュエータ素子」に注目し、水中という新たな応用のフロンティアを開拓する野心的な研究を遂行した。特に体内などの微細な環境に構造体が入り込み、メカニカルな作業を行うマイクロロボットの実現を目指し、マイクロアクチュエータ原理の探究、要素として必須である集積化高電圧発生回路、材料、作製手法の開発を含み総合的に研究を行った。結果として、調べた限り世界最高性能、かつ最も低い電源電圧で動作する電気浸透流アクチュエータを始めとする、多数の有用な素子を実現された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自律自走式MEMSという遠い目標を立て、そこから導かれる学術的課題に一つずつ正面から取り組み、新規デバイスとその原理の探究によって解決するという、ニーズ先行型の研究によって、集積電子素子(CMOS-MEMS)の設計試作手法が確立した。得られた知見を活かし、バイオ・メディカルや化学分野への広い応用分野で、力の発生が可能な新規素子を用いた研究への展開が期待される。

研究成果の概要(英文)：This research aimed at establishing methodology to make Micro Electro Mechanical Systems (MEMS), especially microactuators as well as transistor circuits, usable in aqueous environment. Special emphasis was put on integration with integrated circuit, referred as CMOS-MEMS. A foundry-made LSI chip was post-processed in open micro and nano fabrication platform in order to introduce new functionality to both MEMS and circuit itself. Several outcomes have been demonstrated, such as electroosmotic (EO) fluidic microactuator that demonstrated world's lowest supply (5V), highest speed (137 $\mu$ m/s, which is 7.4 times as fast as top value, to our best knowledge). As a direct application, liquid circulating LSI circuit cooling system for hotspot removal was demonstrated. Such microactuators are expected to provide future tiny MEMS agent that can autonomously go into hardly-accessible places for in-environment analyses. A couple of CMOS-MEMS devices for in-situ analyses have been developed.

研究分野：微小電気機械システム

キーワード：MEMS 高電圧集積回路 CMOS-MEMS 電気浸透流 マイクロマシン マイクロアクチュエータ バイオミメティクス

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、研究者個人に帰属されます。

## 1. 研究開始当初の背景

### **【バイオメティクスを指向した最先端 CMOS-MEMS 研究】**

微小電気機械システム (MEMS) は、日本ではマイクロマシンと呼ばれ、1970 年代に起源を持ち 90 年代前半の表面マイクロマシーニング・2000 年代にかかるバルク (深掘り) マイクロマシーニング等、エポックメイキングな微細加工技術の進歩と、圧力センサ('70-)、加速度センサ('80-)、デジタルマルチミラー投影機('90-)、ジャイロスコープ('00-)のように、核となるアプリケーションの提案とを両輪としてその応用分野を拡大してきた。MEMS 分野の研究者が誰しも描く遠い夢の一つは、漫画「ミクロの決死圏」のように、体内などの微細な環境に構造体が入り込み、メカニカルな作業を行うマイクロロボットの実現である。このような遠い夢に向かい、提案者も 25 年来自律分散マイクロロボットを指向し、学生とともに集積化 MEMS の研究を行っている。本研究では、MEMS 界での常識といえる「機械的 MEMS は水中では使えない」という常識を、新しいデバイス構造とその製造プロセスによって打ち破り、水中において機械的に動作する電気機械素子という極めて挑戦的かつ広い範囲での応用が期待できる、MEMS の新たなフロンティアを開拓するための学術基盤を構築することを目標とした。自律自走式 MEMS という遠い目標を立て、そこから導かれる学術的課題に一つずつ正面から取り組み、新規デバイスとその原理の探究によって解決するという、ニーズ先行型の研究である。

## 2. 研究の目的

本研究 (平成 28-30 年度) に先行して、科学研究費 (若手研究 A、平成 23-26 年度) において、**機械的な可動構造を持たない、エネルギー自立型の水上市行素子**を題材に研究を行った。電気配線の無いリモート環境下で電気エネルギーを回収できる高機能太陽電池に代表される、MEMS 応用を指向した高機能集積回路素子の実現を通じ、CMOS ポストプロセス加工手法の有望なシーズ技術の可能性が示されていた。本研究ではそれを一段と進め、**機械的可動部を持ち、水中で機械的に動作する集積 MEMS**を指向し、実現に必要な構成要素特に高速動作が期待できる静電マイクロアクチュエータならびに、CMOS ポストプロセス集積化技術、及び実験室で大量生産できる高再現性力覚センサ素子の研究をさらに重点的にを行い、それらを用いて水中でのマイクロ機械素子動作を実現し、動きの解析を行い理解することを目的とした。

## 3. 研究の方法

バイオメティクスを指向した最先端の CMOS-MEMS 研究という大目的に向け、具体的な目標として、以下に示す 5 種の「成果物 (D: Deliverables)」を定めた。

- D1: 水中動作アクチュエータ
- D2: 水中における変形や機械力を測定するセンシング機構
- D3: 水中における特定部位の特性を測定する電気回路
- D4: 水中での機械構造の動きを決める物理定数を抽出できるテスト構造
- D5: 【応用】平面内で流体を循環させる単純な機構による、大規模集積回路(VLSI)の局所的な発熱を緩和する冷却システム(ホットスポット除去システム)

を構想した。

これらの実現のための MEMS プロセス手法の開拓、実現された構成要素の特性観察測定、生ずる物理現象の理解を行った。

## 4. 研究成果

それぞれのテーマを研究室の学生に割り当て、それぞれで完結する形の研究を行い、全体として大目標に向かう成果が出るように工夫した。以下、特筆すべき成果物を 3 成果物 (D1,D5,D3) について合計 5 点報告する。

- D1: 水中動作アクチュエータ

概要: 水中で動作するアクチュエータの調査・開発を行い、以下に示す 2 つの柱からなる成果を得た。

【成果1】電気浸透流型のアクチュエータを作製し、世界最高の動作流量を得た。

【成果2】水中での利用を指向した、自己変形型の誘電型アクチュエータの試作手法を確立した。

【成果1】マイクロロボットを自走させるアクチュエータ原理として、本研究では電気浸透流アクチュエータを重点に研究した。本研究の下敷きとなっている水上走行式自走マイクロロボットは、液体・固体・気体の界面に生ずる表面張力のバランスを電気エネルギーによって変調する **Electrowetting** 原理 (図1 a) を用い、水中に浸した疎水表面に気泡を自発的に吸い付けておいて、電界エネルギーによって片側を親水化し、気泡を押し出し反動で進む (図1 b) 仕組みであった。この仕組みでは、気泡を発生するか捕獲するまで次のアクションを取ることが出来ない他、原理的に水面上を走行する素子しか実現出来なかった。より広い動作範囲、端的には水中で自走動作するマイクロロボット素子を目指し、図1 cに示す電気浸透流アクチュエータの集積化技術の開拓を行った。結果、5V単電源で動作する集積化マイクロ流体アクチュエータについて、流速  $137\mu\text{m/s}$  (トップデータの7.4倍)、投入電圧あたり流量  $164\mu\text{L}/\text{cm}^2 \cdot \text{min} \cdot \text{V}$  (トップデータの5.9倍) を得ることができた。成果を原著論文とした。

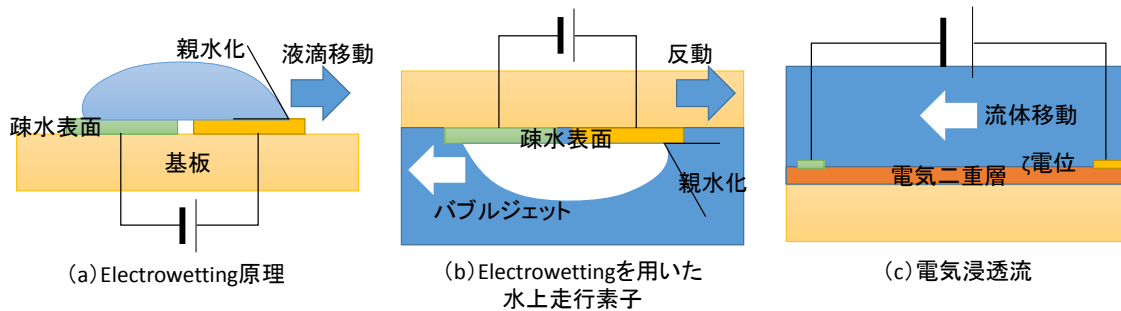


図1 : Electrowetting 原理とその自走式マイクロアクチュエータ応用法、及び電気浸透流

【成果2】水中での利用を指向した、自己変形型の誘電型アクチュエータの試作手法を確立した。

直流による電気浸透流は発生力、流量ともに大きいですが、電気分解を起こすため長時間の使用には不向きであることが予想される。そこで、機械的に動きのあるマイクロアクチュエータの検討を行った。文献調査を含む予備検討の結果、電気力線を外部に出さない、 piezoelectric effect を用いることとし、環境適合性をかんがみると有機薄膜によるアクチュエータ素子は一つの魅力的な解である。本研究では圧電性有機材料である **P(VDF-TrFE)** を **CMOS** 回路上に集積可能な形でプロセスすることを試み、薄膜の作製と分極化に成功した。成果は国内学会で発表した。

- **D5: 【応用】** 平面内で流体を循環させる単純な機構による、大規模集積回路(VLSI)の局所的な発熱を緩和する冷却システム(ホットスポット除去システム)

【成果3】水中アクチュエータの応用として当初より想定していた、大規模集積回路のホットスポット除去システムのために電気浸透流アクチュエータを応用し、成果を得た。素子を用いて冷却実験を行い効果が得られた。特性を計測するとともに、面内方向、面外方向への熱の引き抜き方法について考察実験を行い、最適な冷却手法を提案した。成果は国際会議で発表するとともに原著論文とした。

- D3: 水中における特定部位の特性を測定する電気回路

水中で自走動作するマイクロマシンの意義の一つは、外部からアクセスしにくい場所にマシンを自走させて、その場の情報を取得することである。将来の集積化を念頭に、水中における特定部位の特性を測定する電気回路を考案試作実証した。特に、【成果4】電気抵抗の変化による粒子測定用（コルター測定）の局所集積電極と、【成果5】電気回転による生体細胞の非破壊検査素子に関する研究を行い、それぞれ成果を得た。成果はそれぞれ原著論文及びトップカンファレンスによる口頭発表（採択率 12.5%）を行った。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Okamoto Yuki, Ryoson Hiroyuki, Fujimoto Koji, Ohba Takayuki, Mita Yoshio	4. 巻 29
2. 論文標題 On-Chip CMOS-MEMS-Based Electroosmotic Flow Micropump Integrated With High-Voltage Generator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Microelectromechanical Systems	6. 最初と最後の頁 86 ~ 94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JMEMS.2019.2953290	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 Usami Naoto, Ota Etsuko, Higo Akio, Momose Takeshi, Mita Yoshio	4. 巻 140
2. 論文標題 Area-selective Cu Film Growth on TiN and SiO <sub>2</sub> by Supercritical Fluid Deposition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 31 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.140.31	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 Takeshiro Yudai, Usami Naoto, Okamoto Yuki, Takada Takeaki, Higo Akio, Ikeno Rimon, Washizu Nobuei, Asada Kunihiro, Mita Yoshio	4. 巻 139
2. 論文標題 A Device for Localized Measurement of Small Particles with Electrode-Integrated Small Pores	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 271 ~ 276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.139.271	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 Reddy R. Ranga, Komeda Keisuke, Okamoto Yuki, Lebrasseur Eric, Higo Akio, Mita Yoshio	4. 巻 295
2. 論文標題 A zero-power sensing MEMS shock sensor with a latch-reset mechanism for multi-threshold events monitoring	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 1 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2019.05.036	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 Higo Akio, Sawamura Tomoki, Fujiwara Makoto, Lebrasseur Eric, Mizushima Ayako, Ota Etsuko, Mita Yoshio	4. 巻 31
2. 論文標題 Experimental Comparison of Rapid Large-area Direct Electron Beam Exposure Methods with Plasmonic Devices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 2511 ~ 2511
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM.2019.2443	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 Usami Naoto, Ota Etsuko, Momose Takeshi, Higo Akio, Mita Yoshio	4. 巻 31
2. 論文標題 Influence of Pretreatment on Adhesion Quality of Supercritical-fluid-deposited Cu Film on Si	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 2481 ~ 2481
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM.2019.2316	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 Kentaro, Grand Julien, Okamoto Yuki, Reddy Rangareddygar Ranga, Denoual Matthieu, Mintova Svetlana, Tixier-Mita Agnès, Mita Yoshio	4. 巻 138
2. 論文標題 Impact Test for Ensuring Reliability of Gas Sensors Using Large Particle Size-Zeolite	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 430 ~ 434
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.138.430	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 Okamoto Yuki, Mita Yoshio	4. 巻 138
2. 論文標題 A Review on Increasing of Breakdown Voltage of Standard CMOS LSI Circuits by MEMS Post-Process	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 319 ~ 326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.138.319	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 Higo Akio, Mita Yoshio, Wang Haibin, Kubo Takaya, Segawa Hiroshi, Usami Naoto, Okamoto Yuki, Yamada Kentaro, Takeshiro Yudai, Sugiyama Masakazu	4. 巻 138
2. 論文標題 Fabrication of PbS QD/Silicon Hybrid Infrared Photodiode for LSI Platform	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Sensors and Micromachines	6. 最初と最後の頁 307 ~ 311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.138.307	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 Okamoto Yuki, Takehara Hiroaki, Fujimoto Koji, Ichiki Takanori, Ohba Takayuki, Mita Yoshio	4. 巻 39
2. 論文標題 On-Chip High-Voltage Charge Pump With MEMS Post-Processed Standard 5-V CMOS on SOI for Electroosmotic Flow Micropumps	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Electron Device Letters	6. 最初と最後の頁 851 ~ 854
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LED.2018.2829925	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 Mita Yoshio, Sakamoto Naoyuki, Usami Naoto, Frappe Antoine, Higo Akio, Stefanelli Bruno, Shiomi Hidehisa, Bourgeois Julien, Kaiser Andreas	4. 巻 275
2. 論文標題 Microscale ultrahigh-frequency resonant wireless powering for capacitive and resistive MEMS actuators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 75 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2018.03.020	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 Okamoto Yuki, Tsuchiya Taku, Moslonka Charles, Lin Yu-Sheng, Tsang Sung, Marty Frederic, Mizushima Ayako, Sun Chen-li, Wang Hsiang-Yu, Tixier-Mita Agnes, Francais Olivier, Le Pioufle Bruno, Mita Yoshio	4. 巻 1
2. 論文標題 Z-Axis Controllable Mille-Feuille Electrode Electrorotation Device Utilizing Levitation Effect	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The 20th International Conference on Solid State Sensors and Actuators (Transducers 2019 - EUROSENSORS XXXIII), 23-27 June 2019, Berlin, Germany	6. 最初と最後の頁 213 ~ 216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TRANSDUCERS.2019.8808820	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 Inagaki Shunsuke, Okamoto Yuki, Higo Akio, Mita Yoshio	4. 巻 1
2. 論文標題 High-Resolution Piezoelectric Mems Scanner Fully Integrated With Focus-Tuning and Driving Actuators	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The 20th International Conference on Solid State Sensors and Actuators (Transducers 2019 - EUROSENSORS XXXIII), 23-27 June 2019, Berlin, Germany	6. 最初と最後の頁 474 ~ 477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TRANSDUCERS.2019.8808636	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 Higo Akio, Sawamura Tomoki, Fujiwara Makoto, Ota Etsuko, Mizushima Ayako, Lebrasseur Eric, Arakawa Taro, Mita Yoshio	4. 巻 1
2. 論文標題 A Micro Racetrack Optical Resonator Test Structure to Optimize Pattern Approximation in Direct Lithography Technologies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019 IEEE Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS 2019), 18-21 Mar, Kita-Kyushu, Japan	6. 最初と最後の頁 4 ~ 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICMTS.2019.8730981	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 Usami Naoto, Ota Etsuko, Higo Akio, Momose Takeshi, Mita Yoshio	4. 巻 1
2. 論文標題 Continuity assessment for supercritical-fluids-deposited (SCFD) Cu film as electroplating seed layer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019 IEEE Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS 2019), 18-21 Mar, Kita-Kyushu, Japan	6. 最初と最後の頁 54 ~ 57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICMTS.2019.8730945	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 Okamoto Yuki, Mizushima Ayako, Usami Naoto, Kinoshita Jun, Higo Akio, Mita Yoshio	4. 巻 1
2. 論文標題 Damage Assessment Structure of Test-Pad Post-Processing on CMOS LSIs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019 IEEE Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS 2019), 18-21 Mar, Kita-Kyushu, Japan	6. 最初と最後の頁 184 ~ 187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICMTS.2019.8730991	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 Okamoto Yuki, Fujimoto Koji, Ryoson Hiroyuki, Ohba Takayuki, Mita Yoshio	4. 巻 1
2. 論文標題 Stick-to-Analyze Zeta Potential Measurement Chip with Integrated Electroosmotic Micropump and Liquid Flow Sensor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The 32nd International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2019)	6. 最初と最後の頁 437 ~ 440
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/MEMSYS.2019.8870895	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 Kuriyama Taisei, Suzuki Akiyoshi, Okamoto Yuki, Kimura Isao, Morikawa Yasuhiro, Mita Yoshio	4. 巻 1
2. 論文標題 A micromachined all-solid on-chip thin-film battery towards uninterruptible photovoltaic cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 018 Symposium on Design, Test, Integration and Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP), 23-25 May, Roma, Italy,	6. 最初と最後の頁 153 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/DTIP.2018.8394215	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 Okamoto Yuki, Lebrasseur Eric, Mori Isao, Marty Frederic, Mita Yoshio	4. 巻 30
2. 論文標題 Test Structures for End-Point Visualization of All-Plasma Dry Release of Deep-RIE MEMS Devices and Application to Release Process Modal Analysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing	6. 最初と最後の頁 201 ~ 208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TSM.2017.2694845	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 Mita Yoshio, Kawahara Yoshihiro	4. 巻 11
2. 論文標題 15-year educational experience on autonomous electronic information devices by flipped classroom and try-by-yourself methods	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IET Circuits, Devices & Systems	6. 最初と最後の頁 321 ~ 329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/iet-cds.2016.0406	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 Okamoto Yuki, Tohyama Yukiya, Inagaki Shunsuke, Takiguchi Mikio, Ono Tomoki, Lebrasseur Eric, Mita Yoshio	4. 巻 57
2. 論文標題 High-uniformity centimeter-wide Si etching method for MEMS devices with large opening elements	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 04FC03 ~ 04FC03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.04FC03	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 Mita Yoshio, Hirakawa Atsushi, Stefanelli Bruno, Mori Isao, Okamoto Yuki, Morishita Satoshi, Kubota Masanori, Lebrasseur Eric, Kaiser Andreas	4. 巻 57
2. 論文標題 Progress and opportunities in high-voltage microactuator powering technology towards one-chip MEMS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 04FA05 ~ 04FA05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.04FA05	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 Takeshiro Y., Okamoto Y., Mita Y.	4. 巻 1052
2. 論文標題 Mask-programmable on-chip photovoltaic cell array	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012144 ~ 012144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1052/1/012144	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 Reddy R Ranga, Okamoto Yuki, Mita Yoshio	4. 巻 1
2. 論文標題 An on-chip test structure for studying the frictional behavior of deep-RIE MEMS sidewall surfaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE 31st International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS 2018)	6. 最初と最後の頁 173 ~ 178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICMTS.2018.8383792	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 Usami Naoto, Higo Akio, Mizushima Ayako, Okamoto Yuki, Mita Yoshio	4. 巻 1
2. 論文標題 Test structure for electrical assessment of UV laser direct fine patterned material	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE 31st International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS 2018)	6. 最初と最後の頁 185-188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICMTS.2018.8383794	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 Isao Mori, Yuki Okamoto, Yoshio Mita	4. 巻 14
2. 論文標題 A scalable, optically-driven, high-voltage switch for remote MEMS device operation fabricated with a standard CMOS process	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Electronics Express	6. 最初と最後の頁 20161174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/elex.14.20161174	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 -

〔学会発表〕 計35件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Yoshio Mita
2. 発表標題 "Trust and Coordinate" - Case Study in UTokyo Nanofabrication Site with Nanotechnology Platform
3. 学会等名 OECD Global Science Forum - Science Europe 2nd International Workshop on Optimising the operation and use of national Research Infrastructure, 28-29 Nov 2019, Sejong Hall, Seoul, Korea (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshio Mita, Yuta Nakayama, Kenji Suzuki, Takeshi Mizuno, Tokiko Endo, and Takeshi Yoshimura
2. 発表標題 Application of Open Target Research on CMOS-MEMS with New Materials to Industrial Innovation
3. 学会等名 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD 2019), 8-9, October, Bali, Indonesia. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Yoshio Mita, Eric Lebrasseur, Matthieu Denoual, Kentaro Yamada, Julien Grand, Yuki Okamoto, Rangareddygari Ranga Reddy, Tixier-Mita Agnes, Svetlana Mintova, and Akio Higo
2. 発表標題	Agile-Style Development of CMOS-Integrated Micro Electro Chemical Mechanical Systems by LSI Foundry and Nanotechnology Platform
3. 学会等名	International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD 2018), 23-24, October, Bandung, Indonesia, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Yoshio Mita, Eric Lebrasseur, and Akio Higo
2. 発表標題	In-Plane SOI MEMS as a Mechanical Material for Time and Frequency Studies on Vibration
3. 学会等名	European Workshop on Microelectroincs Education (EWME 2018), 24-26 Sep, Braunschweig Germany (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	三角啓、宇佐美尚人、肥後昭男、Piranda Benoit、Bourgeois Julien、三田吉郎
2. 発表標題	マイクロモジュラーロボットに向けたサブミリメートルスケール静電着脱機構の検証
3. 学会等名	第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、19 - 21 Nov. 2019、アクトシティ浜松、静岡県、20am2-PS3-25
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	槌屋 拓、岡本 有貴、Moslonka Charles、Lin Yu-Sheng、Tsang Sung、Marty Frederic、水島 彩子、Sun Chen-li、Wang Hsiang-Yu、Francais Olivier、Le Pioufle Bruno、三田 吉郎
2. 発表標題	モノリシック集積多層電極による細胞電気回転測定の垂直位置制御
3. 学会等名	第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、19 - 21 Nov. 2019、アクトシティ浜松、静岡県、19pm5-PS3-66
4. 発表年	2019年

1. 発表者名 稲垣 俊典、岡本 有貴、肥後 昭男、三田 吉郎
2. 発表標題 積圧電アクチュエータによる自己変形を利用した可変焦点大面積MEMS 光スキャナ
3. 学会等名 第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、19 - 21 Nov. 2019、アクトシティ浜松、静岡県、19pm5-PS3-24
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口 龍太郎、宇佐美 尚人、松下 裕司、吉村 武、肥後 昭男、三田 吉郎
2. 発表標題 ソフトマイクロアクチュエータを目指すP (VDF-TrFE) 圧電薄膜加工
3. 学会等名 第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、19 - 21 Nov. 2019、アクトシティ浜松、静岡県、19pm5-PS3-16
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本 有貴、良尊 弘幸、藤本 興治、大場 隆之、三田 吉郎
2. 発表標題 モノリシック高電圧駆動回路集積CMOS-MEMS 電気浸透流マイクロポンプ
3. 学会等名 第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、19 - 21 Nov. 2019、アクトシティ浜松、静岡県、19pm3-T-3
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇佐美 尚人、太田 悦子、肥後 昭男、百瀬 健、三田 吉郎
2. 発表標題 高アスペクト比深掘りトレンチの均一な電解めっきを可能とする超臨界流体薄膜堆積法で作製された低抵抗銅薄膜種層
3. 学会等名 第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、19 - 21 Nov. 2019、アクトシティ浜松、静岡県、19am3-PS3-23
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗山 大成、ルブラスール エリック、平川 顕二、岩瀬 正幸、小笠原 宗博、依田 孝、三田 吉郎
2. 発表標題 2 段階パラメータランピングによる高アスペクト垂直深掘りトレンチの作製
3. 学会等名 第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、19 - 21 Nov. 2019、アクトシティ浜松、静岡県、19am3-PS3-7
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三田吉郎, 吉村 武, 水野 隆, 鈴木 謙次, 中山 雄太, 遠藤 登喜子
2. 発表標題 産学連携とナノテクプラットフォームで拓く集積化高感度超音波プローブの研究
3. 学会等名 第32回回路とシステムワークショップ、22 - 23 Aug. 2019、東京電機大学、東京都、A2-1、pp. 77 - 79 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshio Mita and Michel de Labachererie
2. 発表標題 apanese Nanotechnology Platform, UTokyo VDEC Fabrication Site, and Collaboration Project with CNRS-RENATECH
3. 学会等名 2nd European Nanofabrication Research Infrastructure Symposium (ENRIS 2019), 16-18 June 2019, Enschede, the Netherland, (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三田吉郎
2. 発表標題 失敗は成功の元: ナノテクノロジープラットフォームで試して拓く先端集積MEMS
3. 学会等名 第17回ナノテクノロジー総合シンポジウム, 2019年2月1日, 東京ビッグサイト (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇佐美 尚人、肥後 昭男、太田 悦子、三田 吉郎
2. 発表標題 超臨界流体を用いたシリコン酸化膜上への銅薄膜直接成膜技術による高アスペクト比ナノ開口構造の埋め込みの実現
3. 学会等名 第35回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、19 - 21 Nov. 2018、札幌国際会議場、北海道、01pm1-PS-183
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲垣 俊典、岡本 有貴、肥後 昭男、三田 吉郎
2. 発表標題 機械的混合加振による圧電薄膜アクチュエータ集積2軸MEMS光スキャナ
3. 学会等名 第35回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、19 - 21 Nov. 2018、札幌国際会議場、北海道、01pm1-PS-185
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Okamoto Yuki
2. 発表標題 Wireless operation of EWOD by the on-chip CMOS silicon photovoltaic cell array
3. 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yukiya Tohyama
2. 発表標題 The large-area backside etching method by changing backside layout using loading effect and ARDE for foundry-based fabrication
3. 学会等名 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mita Yoshio
2. 発表標題 "Yes We Can" - A Short-Cut Research and Development of Miniaturized Smart Devices and Sensors through Open Facility on MEMS Integrated VLSI (Keynote Speech)
3. 学会等名 2017 IEEE International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mita Yoshio
2. 発表標題 Integration of a photovoltaic remote driver with high-voltage MEMS using standard CMOS technology (Invited Talk)
3. 学会等名 Journee Nationale de la Technologie Emergente (CNRS-RENATECH), 20-22, November Orleans, France (2017.11.22) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本有貴
2. 発表標題 On-Chip MEMSアクチュエータ駆動のためのMEMS後加工5V標準CMOS素子を利用した30Vスイッチング回路(口頭発表)
3. 学会等名 第34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 2017年

1. 発表者名 竹城雄大
2. 発表標題 高性能コルター計測のための局所電極付きナノポア構造の作製
3. 学会等名 第34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 2017年



1. 発表者名 肥後昭男
2. 発表標題 LSI一体集積のためのシリコン上PbS量子ドット赤外フォトダイオードの試作
3. 学会等名 第34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 2017年

1. 発表者名 太田悦子
2. 発表標題 超臨界流体薄膜形成技術によるSiトレンチ基板へのCu製膜の検討
3. 学会等名 第34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 2017年

1. 発表者名 山田健太郎
2. 発表標題 粒子径の大きなゼオライトを用いたガスセンシングに向けた衝撃試験
3. 学会等名 第34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 2017年

1. 発表者名 Mita Yoshio
2. 発表標題 Visualizing is Believing - Test Structures for Deep-Etched High Aspect Ratio MEMS Process and Device Characterization (Invited)
3. 学会等名 10th IEEE/ACM Workshop on Variability, Modeling, and Characterization (VMC), Irvine, CA, USA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三田吉郎
2. 発表標題 集積化MEMS の未来を拓くナノテクノロジープラットフォーム-新機能・高信頼センサシステムの実現とその課題
3. 学会等名 日本画像学会2017年度関東シンポジウム 2017年12月12日 発明会館、東京（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三田吉郎
2. 発表標題 IoT-MEMSに適した非接触エネルギー伝送手法の研究
3. 学会等名 エイトラムダフォーラム2017第4回会合、2017年12月14日フォレスト本郷
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshio Mita and Yoshihiro Kawahara
2. 発表標題 Introduction to Electronic Information Devices - Try-by-yourself-style lecture on autonomous electronic devices
3. 学会等名 European Workshop on Microelectroincs Education (EWME 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuki Okamoto, Isao Mori, and Yoshio Mita
2. 発表標題 Demonstration of 0-30V Comb-Drive MEMS Actuator by integrated switching circuit with post-mesa-isolated standard 5V CMOS transistors
3. 学会等名 Symposium on Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP), Budapest, Hungary (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuki Okamoto, Hiroyuki Ryoson, Koji Fujimoto, Keiji Honjo, Takayuki Ohba, and Yoshio Mita
2. 発表標題 Hotspot liquid microfluidic cooling: comparing the efficiency between horizontal flow and vertical flow
3. 学会等名 The 16th International Conference on Micro and Nanotechnology for Power Generation and Energy Conversion Applications, Paris, France (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Naoto Usami, Jun Kinoshita, Rimon Ikeno, Yuki Okamoto, Masaaki Tanno, Kunihiro Asada and Yoshio Mita
2. 発表標題 An arrayed test structure for transistor damage assessment induced by circuit analysis and repairing processes with back-side-accessing Focused Ion Beam
3. 学会等名 2017 IEEE Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Stewart Smith, Yudai Takeshiro, Yuki Okamoto, Jonathan G. Terry, Anthony J. Walton, Rimon Ikeno, Kunihiro Asada and Yoshio Mita
2. 発表標題 Test Structures for Nano-Gap Fabrication Process Development for Nano-Electromechanical Systems
3. 学会等名 2017 IEEE Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹城雄大、岡本有貴、三田吉郎
2. 発表標題 エネルギー自立IoTデバイス向け電圧・電流プログラマブル太陽電池アレイ
3. 学会等名 LSIとシステムのワークショップ2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 三田吉郎
2. 発表標題 集積化CMOS-MEMSによる高機能流体素子とその展開-VDECとナノテクPFが拓く短TAT試作研究の試み
3. 学会等名 アドバンテスト展2016 (招待講演)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 三田 吉郎	4. 発行年 2018年
2. 出版社 日刊工業新聞社	5. 総ページ数 192
3. 書名 MEMSデバイス徹底入門	

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