

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 30 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25630138

研究課題名(和文) NEMS-Casimirマルチ物理センサの研究

研究課題名(英文) A study on NEMS-Casimir multifunction sensors

研究代表者

山根 大輔 (Yamane, Daisuke)

東京工業大学・精密工学研究所・助教

研究者番号：70634096

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：研究前半はナノ構造体の理論解析と作製プロセスの開発を行い、研究後半では目標センサをマイクロメートル寸法で試作し、特性評価しました。本研究で開発した微小構造体は、NEMS-Casimirセンサ以外にも様々な応用が期待できます。

研究成果は、査読付原著論文7件(2件掲載確定)、国際学会招待講演3件(1件発表確定)、査読付国際学会6件発表済、国際ワークショップ1件発表済、査読付国内シンポジウム4件発表済、国内学会14件発表済です。その他の成果では、受賞4件、テレビ報道1件、新聞報道5件、ウェブ報道4件、海外大学講演1件、所属研究機関プレスリリース5件です。

研究成果の概要(英文)：First, we have theoretically analyzed the behavior of nano structures under Casimir effect. Then, we have developed proof-of-concept devices in micro-meter scale, and experimentally evaluated their fundamental characteristics. The results shows that the developed micro structures can be used to achieve not only NEMS-Casimir sensors but also various miniaturized high-sensitivity sensors. In this work, we have published 7 journal papers (2 papers are to be published), and presented 3 invited talks (one talk is to be presented), 6 international conferences, an international workshop, 4 domestic symposiums, and 14 domestic conferences. The research results won 4 academic prizes. Our research was reported by a TV program, 5 newspapers, 4 web news, a lecture on National United university in Taiwan (presented by Daisuke Yamane), and 5 press releases in Tokyo Institute of Technology.

研究分野：電気電子工学

 キーワード：マイクロ・ナノデバイス ナノギャップ ナノエレクトロニクス Casimir効果 金めっき 光ミキサ  
 テラヘルツ波 静電容量型センサ

### 1. 研究開始当初の背景

サブミクロンの微小機械素子やマイクロ・ナノ流体デバイスでは、量子電磁気学的な空間ゆらぎが及ぼす電磁気力が支配的となり、分子間では van der Waals 力、巨視的物体間では微小空間内の量子・熱的ゆらぎで発生する Casimir 力となる。Casimir 効果の理論と測定技術は近年急速に発展し、人工メタ材料による制御手法なども提案された。最近では、ナノ構造体に対して引力・斥力を工学的に制御する道も開かれた。Casimir 効果は周囲の構造や温度、光、放射線などに強く影響を受けるため、ナノスケールのセンサとしても興味深い研究対象である。しかしながら、Casimir 力を用いたナノ機械素子およびセンサ素子は国内外においてこれまでに報告例がない。そこで本研究では、研究代表者による MEMS (Micro electro mechanical systems) / NEMS (Nano electro mechanical systems) の設計・開発技術を応用することで、Casimir 効果まで考慮した世界初の超微小 NEMS 物理センサの開発を目指す。本研究の将来展開として、例えば、次世代センサ群ネットワークに必要な超小型センサチップ開発がある。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は Casimir 効果を利用した高感度 NEMS 物理センサの原理検証である。特に近年解明された Casimir 力の引力と斥力の極性反転現象を詳細に制御して、温度・光・放射線などを検知する超微小高感度センサとしてナノ両持ち梁構造の有用性を実証する。これにより、次世代センサ群ネットワークに必要な無数の超小型センサには、NEMS 技術が必要不可欠であることを示す。さらに、任意三次元ナノ構造体における Casimir 斥力の発生機構を解明することで、NEMS スイッチ接点の固着回避を実現し、超低消費電力回路として期待されている NEMS スイッチ式大規模集積回路技術への応用を検討する。

### 3. 研究の方法

#### 【平成 25 年度】

(1) 人工メタ材料の数値設計：メタマテリアル、プラズモン導波路、フォトニック結晶等の人工材料表面に発生する Casimir 力(引力および斥力)を、有限要素法によるシミュレーションを用いて解析する。

(2) 上記(1)の結果を基に、Casimir 力発生領域において微小機械構造の位置変動時の復元力を見積もり、それを NEMS 静電アクチュエータ機構の零位法で高精度検出する構造と回路を設計する。

#### 具体的な工夫・共同研究体制

東京工業大学の電子線描画装置やリソグラフィ装置と研究協力者が管理する東京大学のクリーンルームを使用することで、デバイス作製技術を最適化する。

#### 【平成 26 年度】

(1) NEMS センサの作製：電子ビーム描画

や半導体リソグラフィによりレイアウトを転写し、プラズマエッチングやリフトオフによりメタマテリアルやフォトニック結晶を集積可能な NEMS デバイスを作製する。

(2) 上記(1)で作製した NEMS について、特に両持ち梁構造は NEMS スイッチとしても使用可能であり、Casimir 効果により生じる斥力が NEMS スイッチ接点部の固着を回避する原理検証デバイスとしても検討する。

#### 具体的な工夫・共同研究体制

作製プロセスには前述のように、研究代表者および研究協力者が利用権限を有するプロセス装置・クリーンルームを使用する。Casimir 効果による引力と斥力の定量評価には、量子真空の知見がある研究協力者と共同で測定系を構築する。次にセンサ信号を電気信号として検出するため、研究代表者が所有する電子回路測定機器を利用する。センサ信号が測定器の検出レベル以下の場合には CMOS (Complementary metal oxide semiconductor) センシング回路上に NEMS センサを作製し、雑音除去と信号増幅をオンチップで行う。研究代表者の所属研究室は CMOS 回路設計で多くの実績があり、回路設計・実装・評価が可能である。また NEMS センサをスイッチとして長期駆動試験を行うことで、Casimir 効果による斥力が NEMS スイッチの接点解離に利用できることも示す。

### 4. 研究成果

#### 【平成 25 年度】

平成 25 年度前半は、Casimir 効果による引力と斥力を工学的に制御できるナノ構造体の理論解析を主に遂行した。具体的には、ナノスケールの平行平板型微小機械構造において、これまでの先行研究で報告された 2 枚構造に対して 3 枚構造とすることで圧力センシングなどの感度を向上できる見通しを得た。平成 25 年度後半には、Casimir 効果が支配的となるナノギャップを有する超微細電極の作製プロセスを開発した。プロセス開発において、東京工業大学応用セラミックス研究所の研究協力者が所有する実験装置(電子線描画装置、電子顕微鏡、電子線蒸着器、無電解めっき装置など)を使用した。シリコン基板上に無電解めっきを用いることで、金の超微細櫛歯型電極(電極間隔: 10 nm ~ 100 nm, 厚み: 50 nm ~ 100 nm)を作製した。本手法は、従来のフォトリソグラフィ技術や集束イオンビーム加工技術による作製法よりも電極ギャップの微細化が可能であり、さらに、高アスペクト比や基板ダメージ低減などの利点がある。今回作製した微細電極構造は、Casimir 効果を利用したデバイス以外にも、例えば光ミキサによるテラヘルツ波出力の増強や NEMS 静電アクチュエータ/静電容量センサの低電圧化・高感度化など、他のエレクトロニクスへの幅広い応用が期待できる。さらに、MEMS/NEMS 静電アクチュエータ機能をも有する物理センサの実現へ向け、静電容

量検出型 MEMS 加速度センサの小型化・高感度にも取り組んだ。具体的には、シリコン基板上に電解金めっきを利用して金の積層 MEMS 構造を作製した。今回開発した MEMS 加速度センサは両持ち梁構造を用いており、本研究の最終目標とする NEMS センサや NEMS スイッチと同様の構造である。したがって、マイクロスケールでの原理検証デバイスとして妥当である。本研究では、金の高密度特性を利用することで、従来の MEMS 加速度センサと比較して 10 分の 1 の小型化が可能であることを理論的に示した。これは MEMS 加速度センサの研究としても学術的意義が非常に大きい。

図 1 には金めっきを用いて試作した MEMS 加速度センサの断面構造を示す。1 軸の静電容量型加速度センサであり、電解金めっきを用いて MEMS 構造体を作製した。試作した MEMS 加速度センサのチップ写真(図 2)と電子顕微鏡写真(図 3)を示す。実測結果より、MEMS 機械雑音は  $1\mu\text{G}/\text{Hz}^{1/2}$  以下であり ( $1\text{G} = 9.8\text{ m/s/s}$ )、従来の MEMS 加速度センサより 100 倍以上高感度化できる見通しを得た。(主要参考文献: D. Yamane et al., Appl. Phys. Lett., Vol. 104, Issue 7, 074102, Feb. 2014.)

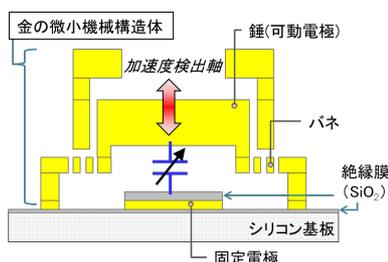


図 1: MEMS 加速度センサの模式図。

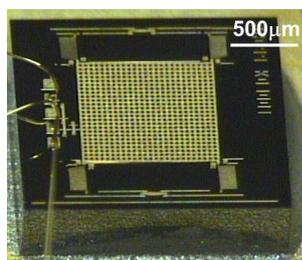


図 2: 試作した MEMS 加速度センサ。

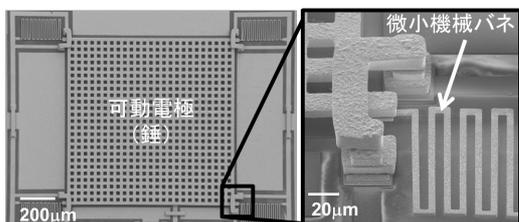


図 3: MEMS 加速度センサの電子顕微鏡写真。

【平成 26 年度】

平成 26 年度には Casimir 引力/斥力を利用したナノメカニカル素子実現への準備として、金の微細電極を用いたマイクロメートル寸法

の高感度メカニカルセンサを試作・評価した。具体的には、前年度に開発した小型・高感度な MEMS 加速度センサの更なる高感度化と加速度検出範囲拡大を検討し、その試作デバイスの基本特性を評価した。加速度検出範囲の異なる超小型・高感度 MEMS 加速度センサを 1 チップ集積化し、0.1 G 以下から 20 G までの広域な加速度の 1 チップ検出可能性を示した。従来の MEMS 加速度センサはセンサ単体の占有面積が大きく、提案する集積型センサを実用的なチップサイズで実現するのは困難であった。本成果は、加速度センサの小型化・検出範囲拡大に向けた大きなブレークスルーである。(主要参考文献: D. Yamane et al., in Proc. IEEE SENSORS in Proc. IEEE SENSORS 2014, Spain, Nov. 2-5, 2014, pp. 1591-1594.)

また本研究で開発した MEMS 加速度センサは CMOS 後工程に適用可能な電解金めっき法で試作しており、CMOS センサ回路直上へ集積化可能である。そのため、MEMS とセンサ回路をワイヤボンディングやウェハ接合を用いずに 1 チップ化できるため、センサ小型化、および、寄生素子削減によるセンサ高感度化に適する。当初の研究計画に掲げたように、高感度センサにおける雑音除去と信号増幅には CMOS センサ回路によるオンチップ検出が有利であり、本研究で実証した MEMS/NEMS 作製法は超微小 NEMS 物理センサの実現に向けて有用な技術である。図 1 や図 2 に示すセンサについては CMOS センサ回路も設計済みであり、本研究期間後に試作回路を評価予定である。

今回開発した MEMS センサについて、構造寸法や電極間ギャップを現状のマイクロメートル寸法からナノメートル寸法に狭めることで、さらなる感度向上が可能である。ナノ構造体のプロセス開発は本研究期間の終了後も継続的に行い、Casimir 効果を考慮した超高感度ナノ物理センサの実現を目指す。本研究期間内で開発したマイクロ/ナノ微細電極構造は、NEMS 静電アクチュエータや静電容量型センサの高機能化など、様々な応用が期待できる。今後の研究では、金以外の材料でも超微細電極を作製し、新規ナノエレクトロニクスデバイスの探究を目指す。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

### 【雑誌論文】(計 7 件)

Daisuke Yamane, Takaaki Matsushima, Toshifumi Konishi, Hiroshi Toshiyoshi, Kazuya Masu, and Katsuyuki Machida, "A Dual-Axis MEMS Capacitive Inertial Sensor with High-Density Proof Mass," Microsystem Technologies, 2015, オンライン版 DOI 10.1007/s00542-015-2539-y (査読有, 掲載決定)

Daisuke Yamane, Toshifumi Konishi, Hiroshi

Toshiyoshi, Kazuya Masu, and Katsuyuki Machida, "A Sub-1G MEMS Sensor," ECS Transactions, vol. 66, 2015, pp. 131-138, DOI doi: 10.1149/06605.0131ecst, (査読有)

山根 大輔, 小西 敏文, 松島 隆明, 亀井 将太, 益 一哉, 町田 克之「高感度静電容量型センサにおける Brownian Noise 評価手法」電気学会論文誌 E (センサ・マイクロマシン部門誌), vol.135, no.4, 2015, pp. 142 - 143, DOI http://doi.org/10.1541/ieejsmas.135.142 (査読有)

Katsuyuki Machida, Toshifumi Konishi, Daisuke Yamane, Hiroshi Toshiyoshi, and Kazuya Masu, "Integrated CMOS-MEMS Technology and Its Applications," ECS Transactions, vol. 61, issue 6, 2014, pp.21-39, DOI doi: 10.1149/06106.0021ecst (査読有)

Toshifumi Konishi, Daisuke Yamane, Takaaki Matsushima, Kazuya Masu, Katsuyuki Machida, and Hiroshi Toshiyoshi, "A capacitive CMOS-MEMS sensor designed by multi-physics simulation for integrated CMOS-MEMS technology," Japanese Journal of Applied Physics, vol. 53, 2014, pp. 04EE15.1-7, DOI : 10.7567/JJAP.53.04EE15 (査読有)

Daisuke Yamane, Toshifumi Konishi, Takaaki Matsushima, Katsuyuki Machida, Hiroshi Toshiyoshi and Kazuya Masu, "Design of sub-1g microelectromechanical systems accelerometers," Applied Physics Letters, Vol. 104, Issue 7, 074102, Feb. 2014, DOI 10.1063/1.4865377 (査読有)

Toshifumi Konishi, Daisuke Yamane, Takaaki Matsushima, Kazuya Masu, Katsuyuki Machida, and Hiroshi Toshiyoshi, "An arrayed accelerometer device of a wide range of detection for integrated CMOS-MEMS technology," Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 53, 027202, pp. 027202-1 - 027202-9, 2014, DOI 10.7567/JJAP.53.027202 (査読有)

#### 【学会発表】(計 28 件)

1. Daisuke Yamane, Toshifumi Konishi, Hiroshi Toshiyoshi, Kazuya Masu, Katsuyuki Machida, "A Sub-1G MEMS Sensor," in Proc. the 227th ECS Meeting, Chicago, Illinois, USA, May 24-28, 2015. (招待講演)
2. Katsuyuki Machida, Toshifumi Konishi, Daisuke Yamane, Hiroshi Toshiyoshi, and Kazuya Masu, "CMOS -MEMS -New Frontier of Multilevel Interconnect Technology-," in Proc. 2015 International Conference on Electronics Packaging and iMAPS All Asia Conference (ICEP-IAAC 2015), Kyoto Terra, Kyoto, Japan, April 14-17, 2015. (招待講演)
3. 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「Sub-1G 検出可能な 3 軸 MEMS 加速度センサの基礎検討」平成

27 年電気学会全国大会, 東京都市大学 世田谷キャンパス, 2015 年 3 月 24 日 - 26 日, 13P-A3 3-113. (査読無)

4. 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「Sub-1G から 20G まで検出可能な集積化 MEMS 加速度センサの検討」第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 分科企画シンポジウム 13 半導体, 2015 年 3 月 11 日 - 14 日, 東海大学 湘南キャンパス [12p-D15-3], pp. 17-189. (査読無)
5. Daisuke Yamane, Katsuyuki Machida, and Kazuya Masu, "MEMS for sensing sub-1G" The First Joint Workshop on Electrical Engineering between Tokyo Tech & KAIST, KAIST, Korea, Nov.21, 2014, pp. 19. (査読無)
6. Daisuke Yamane, Toshifumi Konishi, Takaaki Matsushima, Hiroshi Toshiyoshi, Kazuya Masu, and Katsuyuki Machida, "A 1mG-to-20G Integrated MEMS Inertial Sensor," in Proc. IEEE SENSORS 2014, Valencia Conference Center, Valencia, Spain, Nov. 2-5, 2014, pp. 1591-1594. (査読有)
7. 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 亀井将太, 益 一哉, 町田克之, 「高感度静電容量型センサにおけるブラウニアン・ノイズ評価の検討」応用物理学会集積化 MEMS 技術研究会 第 6 回集積化 MEMS シンポジウム (同時開催: 第 31 回電気学会「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム), 2014 年 10 月 20 日-22 日, くにびきメッセ, 島根県松江市[22am2-C4]. (査読有)
8. 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 年吉 洋, 益 一哉, 町田克之, 「集積化 CMOS-MEMS 技術による Sub-1G 加速度センサの基礎検討」応用物理学会集積化 MEMS 技術研究会 第 6 回集積化 MEMS シンポジウム (同時開催: 第 31 回電気学会「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム), 2014 年 10 月 20 日-22 日, くにびきメッセ, 島根県松江市[22am2-C3]. (査読有)
9. 松島隆明, 山根大輔, 小西敏文, 年吉 洋, 益 一哉, 町田克之, 「Au 積層形成技術による 3 軸 MEMS 加速度センサの検討」応用物理学会集積化 MEMS 技術研究会 第 6 回集積化 MEMS シンポジウム (同時開催: 第 31 回電気学会「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム), 2014 年 10 月 20 日-22 日, くにびきメッセ, 島根県松江市[22am2-C5]. (査読有)
10. 亀井将太, 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「集積化 CMOS - MEMS 加速度センサへ向けた sub-1G 静電容量型センサの検討」第 75 回応用物理学会秋季学術講演会・半導体 A (13.3 Si プロセス・配線・MEMS・集積化技術), 2014 年 9 月 17 日 - 20 日, 北海道

- 大学 札幌キャンパス [17p-PA1-4], pp. 13-065. (査読無)
11. 松島隆明, 小西敏文, 山根大輔, 年吉 洋, 益 一哉, 町田克之, 「積層メタル構造による3軸加速度センサの検討」第75回応用物理学会秋季学術講演会・半導体A(13.3 Si プロセス・配線・MEMS・集積化技術), 2014年9月17日-20日, 北海道大学 札幌キャンパス [17p-PA1-5], pp. 13-066. (査読無)
  12. Daisuke Yamane, Toshifumi Konishi, Takaaki Matsushima, Hiroshi Toshiyoshi, Kazuya Masu, and Katsuyuki Machida, "A Sub-1G Tri-axis MEMS Capacitive Sensor for Integrated CMOS-MEMS Accelerometers," in Proc. Int. Conf. on Solid-State Devices and Materials (SSDM 2014), Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan, Sep. 8-11, 2014, pp. 974-975. (査読有)
  13. 松島隆明, 小西敏文, 山根大輔, 亀井将太, 年吉 洋, 益 一哉, 町田克之, 「積層メタルによる静容量型3軸加速度センサの基礎検討」応用物理学会集積化MEMS技術研究会 第5回集積化MEMS技術研究ワークショップ, 2014年7月11日, 豊橋技術科学大学, P5. (査読無)
  14. 山根大輔, 亀井将太, 小西敏文, 松島隆明, 年吉 洋, 益 一哉, 町田克之, 「集積化CMOS-MEMS 加速度センサへ向けたsub-1G センサ」応用物理学会集積化MEMS技術研究会 第5回集積化MEMS技術研究ワークショップ, 2014年7月11日, 豊橋技術科学大学, P4. (査読無)
  15. Daisuke Yamane, Toshifumi Konishi, Takaaki Matsushima, Hiroshi Toshiyoshi, Katsuyuki Machida, and Kazuya Masu, "A Sub-1G Capacitive Sensor for Integrated CMOS-MEMS Accelerometers," in Proc. 7th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro/Nano Technologies (APCOT2014), EXCO, Daegu, Korea. June 29 - July 2, 2014, P2-55. (査読有)
  16. 山根大輔, 松島隆明, 小西敏文, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「集積化CMOS-MEMS へ向けた2軸加速度センサの基礎検討」平成26年電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会, 東京大学生産技術研究所, 2014年5月27日-28日, MSS-14-002. (査読無)
  17. Daisuke Yamane, Toshifumi Konishi, Takaaki Matsushima, Hiroshi Toshiyoshi, Katsuyuki Machida, and Kazuya Masu, "A Tri-Axis MEMS Capacitive Sensor Using Multi-Layered High-density Metal for an Integrated CMOS-MEMS Accelerometer," in Proc. 2014 IEEE International Interconnect Technology Conference/Advanced Metallization Conference (IITC/AMC 2014), San Jose, CA, USA, May 20-23, 2014, pp.113-116. (査読有)
  18. Katsuyuki Machida, Toshifumi Konishi, Daisuke Yamane, Hiroshi Toshiyoshi, and Kazuya Masu, "Integrated CMOS-MEMS Technology and its Application," in Proc. the 225th Meeting of the Electrochemical Society, Orlando, Florida, USA, May 11-16, 2014, 1407. (招待講演)
  19. Daisuke Yamane, Takaaki Matsushima, Toshifumi Konishi, Hiroshi Toshiyoshi, Katsuyuki Machida, and Kazuya Masu, "A Dual-Axis MEMS Inertial Sensor Using Multi-Layered High-density Metal for an Arrayed CMOS-MEMS Accelerometer," in Proc. Symp. on Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP2014), Cannes, Cote d'Azur, France, April 1-4, 2014, pp. 69-72. (査読有)
  20. 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「MEMS 加速度センサによる Sub-1G 検出の基礎検討」平成26年電気学会全国大会, 愛媛大学城北キャンパス, 2014年3月18日-20日, 53-C1 3-128. (査読無)
  21. 松島隆明, 小西敏文, 山根大輔, 伊藤浩之, 石原 昇, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「アレイ型 MEMS 加速度センサ-2軸 MEMS 加速度センサの検討-」第61回応用物理学会春季学術講演会 13.3「Si プロセス・配線・MEMS・集積化技術」, 2014年3月17日-20日, 青山学院大学相模原キャンパス, 19p-PG3-2, pp. 13-156. (査読無)
  22. 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 伊藤浩之, 石原 昇, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「Sub-1G MEMS 加速度センサの検討」第61回応用物理学会春季学術講演会 13.3「Si プロセス・配線・MEMS・集積化技術」, 2014年3月17日-20日, 青山学院大学相模原キャンパス, 19p-PG3-1, pp. 13-155. (査読無)
  23. 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 加賀谷 賢, 佃 真文, 伊藤浩之, 石原 昇, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「アレイ型 MEMS 加速度センサの特性評価」応用物理学会集積化MEMS技術研究会 第5回集積化MEMSシンポジウム, 2013年11月5日-7日, 仙台国際センター, 宮城県 [6PM3-PIM-002]. (査読有)
  24. Daisuke Yamane, Toshifumi Konishi, Takaaki Matsushima, Gou Motohashi, Ken Kagaya, Hiroyuki Ito, Noboru Ishihara, Hiroshi Toshiyoshi, Katsuyuki Machida, and Kazuya Masu, "Sub-1G MEMS Accelerometer," in Proc. IEEE SENSORS 2013, Baltimore, Maryland, USA, Nov. 3-6, 2013, pp. 171-174. (査読有)
  25. 小西敏文, 山根大輔, 松島隆明, 丸山智史, 加賀谷 賢, 伊藤浩之, 石原 昇, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「集積化 CMOS-MEMS 加速度センサ回路の検討」第74回応用物

理学会秋季学術講演会・半導体 A (MEMS、NEMS の基礎と応用：異種機能集積化), 2013 年 9 月 16 日-20 日, 同志社大学 京田辺キャンパス [18p-P11-3], pp. 13-202. (査読無)

26. 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 加賀谷賢, 佃 真文, 伊藤浩之, 石原 昇, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「アレイ型 MEMS 加速度センサの基本特性評価」第 74 回応用物理学会秋季学術講演会・半導体 A (MEMS、NEMS の基礎と応用：異種機能集積化), 2013 年 9 月 16 日-20 日, 同志社大学 京田辺キャンパス [18p-P11-4], pp. 13-203. (査読無)
27. 佃 真文, 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 加賀谷 賢, 伊藤浩之, 石原 昇, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「アレイ型 MEMS 加速度センサの基礎検討」平成 25 年度電気学会センサ・マイクロマシン部門 マイクロマシン・センサシステム研究会, 2013 年 8 月 8 日, 東京工科大学 蒲田キャンパス [MSS-13-001]. (査読無)
28. 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 加賀谷賢, 佃 真文, 伊藤浩之, 石原 昇, 年吉 洋, 町田克之, 益 一哉, 「金メッキ集積化 CMOS-MEMS によるアレイ型加速度センサの小型化」応用物理学会集積化 MEMS 技術研究会 第 4 回集積化 MEMS 技術研究ワークショップ, 2013 年 7 月 26 日, 大阪府立大学 21 世紀科学研究機構「植物工場研究センター」, P7. (査読無)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件), 取得状況(計 0 件)

[その他]

#### 受賞(計 4 件)

第 16 回 田中貴金属「貴金属に関わる研究助成金」MMS 賞, (2015 年 3 月 31 日), 研究名称: 「微小加速度検出を可能にする MEMS 加速度センサの開発」, 受賞者: 山根大輔

優秀論文発表賞, 平成 26 年電気学会全国大会, (2015 年 3 月 25 日), 発表論文名: 「MEMS 加速度センサによる Sub-1G 検出の基礎検討(論文番号: 3-128)」, 受賞者: 山根大輔

Poster Award, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会・半導体 A (MEMS、NEMS の基礎と応用：異種機能集積化, (2013 年 9 月 18 日), 論文タイトル: 「アレイ型 MEMS 加速度センサの基本特性評価」, 受賞者: 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 加賀谷 賢, 町田克之, 益 一哉

総合研究会優秀論文発表賞, 平成 25 年度電気学会センサ・マイクロマシン部門 マイクロマシン・センサシステム研究会 (2013 年 8 月 8 日), 論文タイトル: 「アレイ型 MEMS 加速度センサの基礎検討」, 受賞者: 佃 真文, 山根大輔, 小西敏文, 松島隆明, 加賀谷 賢, 伊藤浩之, 石原 昇,

年吉 洋, 町田克之, 益 一哉

#### テレビ放送(計 1 件)

TBS テレビ 「未来の起源」2015 年 2 月 1 日, 23 時 04 分 ~ 23 時 10 分 (本研究成果を紹介しました)

#### 掲載新聞名(計 5 件)

化学工業日報(朝刊)平成 26 年 12 月 9 日(8 面)掲載: 「東工大など MEMS センサー、超広域加速度を検知、1 チップで実現」

日刊工業新聞(朝刊)平成 26 年 12 月 5 日(19 面)掲載: 「検出範囲異なる加速度センサー 1 チップ化、分解能 1/1000」

日経産業新聞(朝刊)平成 26 年 12 月 4 日(10 面)掲載: 「4 ミリ角の加速度センサー、体の動き、常時監視へ」

日刊工業新聞(朝刊)平成 26 年 3 月 6 日(22 面)掲載: 「東工大など、金メッキ使い加速度センサー、検出感度 10 倍に」

化学工業日報(朝刊)平成 26 年 2 月 12 日(8 面): 「MEMS センサー感度 10 倍を実現、東工大など、チップ面積は半減」

#### 掲載ホームページ名、URL(計 4 件)

日刊工業新聞 オンライン版 平成 26 年 12 月 5 日: <http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0720141205eaj.html>

東工大ニュース 平成 26 年 12 月 4 日: <http://www.titech.ac.jp/news/2014/029271.html>

日刊工業新聞 オンライン版 平成 26 年 3 月 6 日: <http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0720140306eaa.html>

マイナビニュース、平成 26 年 2 月 12 日「東工大など、微小加速度が検出可能な超高分解能 MEMS センサを開発」:

<http://news.mynavi.jp/news/2014/02/12/034/>

#### 海外他大学での講演(計 1 件)

"CMOS-MEMS Accelerometer for sub-1g Detection" National United University, Miaoli, Taiwan, Dec.11, 2013 (講演時間 90 分)

#### 東京工業大学精密工学研究所ホームページ・プレスリリース掲載(計 5 件)

[http://www.pi.titech.ac.jp/news/detail\\_1118.html](http://www.pi.titech.ac.jp/news/detail_1118.html)

[http://www.pi.titech.ac.jp/news/detail\\_1112.html](http://www.pi.titech.ac.jp/news/detail_1112.html)

[http://www.pi.titech.ac.jp/news/detail\\_1108.html](http://www.pi.titech.ac.jp/news/detail_1108.html)

[http://www.pi.titech.ac.jp/news/detail\\_941.html](http://www.pi.titech.ac.jp/news/detail_941.html)

[http://www.pi.titech.ac.jp/news/detail\\_930.html](http://www.pi.titech.ac.jp/news/detail_930.html)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

山根 大輔 (YAMANE DAISUKE)

東京工業大学・精密工学研究所・助教

研究者番号: 70634096

##### (2) 研究分担者 該当なし

##### (3) 連携研究者 該当なし