

課題番号

GR024

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実施状況報告書(平成23年度)

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	集積化MEMS技術による機能融合・低消費電力エレクトロニクス
研究機関・ 部局・職名	国立大学法人 東京大学 ・ 先端科学技術研究センター ・ 教授
氏名	年吉 洋

### 1. 当該年度の研究目的

研究項目(1)の統合設計に関しては、平成22年度に引き続いて、実験値と解析値の定量的比較を行い、精度の高い解析モデルを構築する。また、研究項目(2)のウエハレベル集積化MEMS基盤技術の開発に関しては、電子回路を集積化したウエハの全面にMEMS構造製作のためのレイヤを積層、ラミネート加工する新たな製造プロセスを導入し、装置条件だしと検証プロセスを繰り返し実施して、研究項目(3)「集積化MEMS理工学研究開発の具体的実施」に必要な製造技術を確立する。また、研究項目(3)に含まれる具体的実施例(LSIパワーゲートスイッチ、MEMS光スキャナ、RF-MEMS共振フィルタ)のそれぞれを、本研究に参加する大学院生、および、博士研究員の研究テーマとして実施する。これらの具体的デバイスに関する設計・製作方針は平成23年度内にほぼ完了させて、平成24年度以降は各集積化MEMSデバイスを組み込んだシステム全体の評価を速やかに実施するための準備期間とする。なお、研究開発した設計技術、製造技術は平成24年度以降の実用化検証と、それ以降の技術公開に備えてデータベース化し、標準化技術としてのデータ蓄積を行う。

### 2. 研究の実施状況

研究項目(1)に関しては、電気回路シミュレータ上を用いてMEMS機械構造を集中定数モデルとして動作解析するための解析手法を構築し、回路記号からデバイスレイアウトを自動生成する機能をLSI設計用の標準的なCADに実装するとともに、垂直櫛歯型静電駆動MEMSアクチュエータや、バネ-質量分岐サスペンション構造、トーションミラー構造などのMEMS構造を記述するコンパクトモデルを構築した。研究項目(2)のウエハレベル集積化MEMS基盤技術の開発に関しては、新たにフィルム貼り合わせ装置を本研究予算により導入し、MEMSプロセスのための条件だし等を実施した。また、研究項目(3)の集積化MEMS理工学研究開発の具体的実施に関しては、金属メッキ方式の表面マイクロマシニング技術によってLSIの電源管理用のパワーゲートスイッチを製作し、その特性を評価した。他にも、光干渉断層撮影用の高速光スキャナや、状態可変マイクロ波回路用のRF-MEMS可変容量を企業との産学連携研究によって製作し、その特性を評価した。さらに、予定を前倒した研究成果として、集積化MEMSのための基板となるVLSI集積回路を試作し、オペアンプなどの基本的な回路の動作検証を実施した。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文</p> <p>計3件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計3件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 三田 信、丸山智史、藤田博之、年吉 洋、「分岐型サスペンション構造への運動方程式等価回路モデルの応用」電気学会論文誌E(センサ・マイクロマシン部門誌)、vol. 132, no. 3, 2012, pp.64-65.</li> <li>2. Satoshi Maruyama, Muneki Nakada, Makoto Mita, Takuya Takahashi, Hiroyuki Fujita, and <u>Hiroshi Toshiyoshi</u>, "An Equivalent Circuit Model for Vertical Comb Drive MEMS Optical Scanner Controlled by Pulse Width Modulation," 電気学会論文誌E(センサ・マイクロマシン部門誌), vol. 132, no. 1, pp. 1-9, 2012.</li> <li>3. Yang-Che Chen, Chao Min Chang, Rongshun Chen, Max Ti-Kuang Hou, <u>Hiroshi Toshiyoshi</u>, and Hiroyuki Fujita, "On the symmetry of electric fields exerting on interdigitated structures: Qucs equivalent circuit model and experiment," Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 21, 2011, p.045026 (doi:10.1088/0960-1317/21/4/045026)</li> </ol> <p>(掲載済み一査読無し) 計0件 (未掲載) 計0件</p>
<p>会議発表</p> <p>計19件</p>	<p>専門家向け 計18件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Satoshi Maruyama, Makoto Mita, Keiji Isamoto, Changho Chong, Hiroyuki Fujita, and <u>Hiroshi Toshiyoshi</u>, "An Equivalent SPICE Circuit Model for Semi-parallel Plate Electrostatic Torsion Mirror," Int. Workshop on Micro/Nano-Engineering, Dec. 17-18, 2011, Rohm Plaza, Katsura Campus, Kyoto University, MS-06.</li> <li>2. Hideyuki Yasuda, Hiroyuki Fujita, and <u>Hiroshi Toshiyoshi</u>, "An Integrated MEMS Switch for Low Power Electronics," Int. Workshop on Micro/Nano-Engineering, Dec. 17-18, 2011, Rohm Plaza, Katsura Campus, Kyoto University, FB-16.</li> <li>3. <u>Hiroshi Toshiyoshi</u>, "A Spice-based multi-physics simulation technique for integrated MEMS," 2011 International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices (SISPAD 2011), September 8-10, 2011, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan (invited).</li> <li>4. Takuya Takahashi, Makoto Mita, Kentaro Motohara, Naoto Kobayashi, Nobunari Kashikawa, Hiroyuki Fujita, and <u>Hiroshi Toshiyoshi</u>, "Electrostatically Addressable Visored Shutter Array by Electroplating for Astronomical Spectrography," IEEE Int. Conf. on Optical MEMS and Nanophotonics, Istanbul, Turkey, Aug. 8-11, 2011.</li> <li>5. Yang-Che Chen, Tadashi Ishida, <u>Hiroshi Toshiyoshi</u>, Rongshun Chen, and <u>Hiroyuki Fujita</u>, "Spontaneous Oscillation due to Charging Effect in MEMS RF Switches," in Proceeding 16th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers 2011), Beijing, China, June 5-9, 2011.</li> <li>6. Daisuke Yamane and <u>Hiroshi Toshiyoshi</u>, "Monolithic integration of passive RF components by MEMS," IEEE 2011 International Symposium on VLSI Design, Automation and Test (VLSI-DAT), Hsinchu, Taiwan, Apr. 25-28, 2011 (invited)</li> <li>7. 本橋 剛、小西敏文、松島隆明、伊藤浩之、石原 昇、<u>年吉 洋</u>、町田克之、益 一哉、「アレイ型 CMOS-MEMS 加速度センサの検討(1)」2012年春期第59回応用物理学会関連連合講演会、2012年3月15日～18日、早稲田大学早稲田キャンパス、合同セッションL(MEMS、NEMSの基礎と応用:異種機能集積化)</li> <li>8. 小西敏文、本橋 剛、松島隆明、伊藤浩之、石原 昇、<u>年吉 洋</u>、町田克之、益 一哉、「アレイ型 CMOS-MEMS 加速度センサの検討(2)」2012年春期第59回応用物理学会関連連合講演会、2012年3月15日～18日、早稲田大学早稲田キャンパス、合同セッションL(MEMS、NEMSの基礎と応用:異種機能集積化)</li> <li>9. 後藤正英、萩原 啓、井口義則、大竹 浩、更屋拓哉、<u>年吉 洋</u>、平本俊郎、「基板の表面／裏面に信号出力が可能なトランジスタの試作」2012年春期第59回応用物理学会関連連合講演会、2012年3月15日～18日、早稲田大学早稲田キャンパス、合同セッションL(MEMS、NEMSの基礎と応用:異種機能集積化)、16p-E3-8</li> <li>10. Agnes Tixier-Mita, <u>Hiroshi Toshiyoshi</u>, Takuya Takahashi, 「集積化ワイヤレス化学センサによる未開封ボトル中の物質監視への提案」電気学会 第28回「センサ・マイクロマシンと応</li> </ol>

様式19 別紙1

	<p>用システム」シンポジウム、平成23年9月26日、27日、東京・タワーホール船堀、P2-10.</p> <p>11. 丸山智史、三田 信、諫本圭史、鄭 昌鎬、藤田博之、<u>年吉 洋</u>、「準平行平板型静電トーションミラー動作の等価回路モデル」応用物理学会・集積化MEMS技術研究会主催 第3回集積化MEMSシンポジウム、平成23年9月26日、27日、東京・タワーホール船堀、IM1-3.</p> <p>12. 丸山智史、中田宗樹、三田 信、高橋巧也、藤田博之、<u>年吉 洋</u>、「垂直櫛歯型MEMS光スキャナのパルス幅変調動作解析」応用物理学会・集積化MEMS技術研究会主催 第3回集積化MEMSシンポジウム、平成23年9月26日、27日、東京・タワーホール船堀、IM1-4.</p> <p>13. 三田 信、丸山智史、安宅 学、<u>年吉 洋</u>、「電気回路シミュレータを用いたMEMS電圧-周波数変換器のシミュレーション」応用物理学会・集積化MEMS技術研究会主催 第3回集積化MEMSシンポジウム、平成23年9月26日、27日、東京・タワーホール船堀、IM1-5.</p> <p>14. 高橋巧也、三田 信、本原顕太郎、小林尚人、柏川伸成、藤田博之、<u>年吉 洋</u>、「SOIバルクマイクロマシニングと金属メッキの組み合わせによるマルチターゲット天文分光器用マイクロシャッタアレイ」電気学会 第28回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、平成23年9月26日、27日、東京・タワーホール船堀、D1-1.</p> <p>15. 小西敏文、丸山智史、松島隆明、三田 信、町田克之、伊藤浩之、石原 昇、益 一哉、藤田博之、<u>年吉 洋</u>、「集積化CMOS-MEMSのためのSpice系統合設計手法」応用物理学会・集積化MEMS技術研究会主催 第3回集積化MEMSシンポジウム、平成23年9月26日、27日、東京・タワーホール船堀、IM1-2.</p> <p>16. 小西敏文、丸山智史、松島隆明、三田 信、町田克之、伊藤浩之、石原 昇、益 一哉、藤田博之、<u>年吉 洋</u>、「集積化CMOS-MEMSのための統合設計技術の検討(2)」第72回応用物理学会学術講演会、2011年8月29日～9月2日、山形大学、30a-E-14</p> <p>17. Hiroyuki Fujita, Agnes Mita-Tixier, and <u>Hiroshi Toshiyoshi</u>, “MEMS Integration with CMOS and Beyond,” 東京工業大学国際シンポジウム、東京工業大学大岡山蔵前ホール、2011年10月5日.</p> <p>18. <u>年吉 洋</u>、「電気回路シミュレータによるMEMSアクチュエータ・センサの等価回路モデル」応用物理学会分科会 シリコンテクノロジー No. 141, Nov. 10-11, 2011(共催:電子情報通信学会 シリコン材料・デバイス研究会), pp. 1-6.</p> <p>一般向け 計1件</p> <p>1. <u>年吉 洋</u>、「マイクロメカトロニクス(MEMS)技術の光学応用」(財)横浜企業経営支援財団第179回産学連携サロン「次世代センシング技術シリーズ」、2011年7月8日、(財)横浜ID EC.</p>
<p>図書</p> <p>計0件</p>	<p>該当なし</p>
<p>産業財産権 出願・取得状 況</p> <p>計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p><a href="http://toshi.iis.u-tokyo.ac.jp/toshilab/">http://toshi.iis.u-tokyo.ac.jp/toshilab/</a></p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>1. 「東京大学駒場リサーチキャンパス公開」として、2011年6月3日(金)～4日(土)に東京大学先端科学技術研究センターにて研究室公開、実験室案内、ポスター発表を実施した。対象者は研究者、および、一般。キャンパス集計による参加者は約6000人、うち、研究室訪問者数は約200人(2日間)。</p> <p>2. 「高校生修学旅行・社会見学」として、2011年12月8日(木)に東京大学先端科学技術研究センターにて研究室公開、実験室案内、ビデオプロジェクト等による研究内容紹介を実施した。対象者は高校2年生、11名。</p>

様式19 別紙1

新聞・一般雑誌等掲載計3件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 年吉 洋、「光MEMS技術の実用化に関する先駆的研究(エレクトロニクス一般分野)」 エレクトロニクスソサイエティ賞受賞記、IEICE News Letter, vol. 146, 2011.</li> <li>2. 中田宗樹、鄭 昌鎬、両澤 淳、諫本圭史、鈴木卓也、藤田博之、年吉 洋、「隣の分野への水平展開」(Elex Best Paper Award 受賞記) IEICE News Letter, vol. 146, 2011.</li> <li>3. 年吉 洋、「MEMS技術の光ファイバ内視鏡応用」 光技術コンタクト特集テーマ「光MEMS技術の展開」2011年8月号</li> </ol>
その他	該当無し

4. その他特記事項

- 共同研究先のNTTアドバンステクノロジー株式会社と共同で、マルチユーザー・マルチチップ型の集積化MEMS共同試作を実施した。また、集積化MEMSに関して、NTTアドバンステクノロジー株式会社、ルネサスエレクトロニクス株式会社、東京工業大学、および、研究代表者が所属する東京大学の4者による共同研究(民間等共同研究制度)を開始した。
- 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ、第14回エレクトロニクスソサイエティ賞、年吉 洋、「光MEMS技術の実用化に関する先駆的研究」(2011年9月14日)
- 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ、ELEX Best Paper Award、中田宗樹、鄭 昌鎬、両澤 淳、諫本圭史、鈴木卓也、藤田博之、年吉 洋、“Optical coherence tomography by all-optical MEMS fiber endoscope”(2011年9月14日)

実施状況報告書(平成23年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	122,000,000	68,920,000	0	53,080,000	0
間接経費	36,600,000	20,676,000	0	15,924,000	0
合計	158,600,000	89,596,000	0	69,004,000	0

2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	68,693,350	0	0	68,693,350	68,693,944	-594	0
間接経費	20,676,000	0	0	20,676,000	20,676,000	0	0
合計	89,369,350	0	0	89,369,350	89,369,944	-594	0

3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	60,843,612	転写成膜装置、高温観察装置他、実験用装置等
旅費	1,219,202	研究成果発表旅費(OMEMS国際会議等)
謝金・人件費等	2,296,800	研究員、研究補助謝金
その他	4,334,330	研究成果発表学会参加登録料等
直接経費計	68,693,944	
間接経費計	20,676,000	
合計	89,369,944	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
転写成膜装置	XP-1000M,ACT-400A	1	24,500,000	24,500,000	2011.10.21	東京大学
ハイスピードマイクロスコープ	VW-9000SP(1534)	1	4,987,290	4,987,290	2011.11.8	東京大学
スピコーター	ACT-300A II S	1	4,462,500	4,462,500	2012.2.27	東京大学
ネットワークアナライザ	MS4630B	1	1,987,020	1,987,020	2012.2.10	東京大学
高温観察装置	HP2-9	1	3,328,500	3,328,500	2011.11.25	東京大学
PC	DELL precision T7500	1	954,584	954,584	2011.4.27	東京大学
中赤外用ATR分光装置	VFA-IR	1	1,974,000	1,974,000	2011.5.19	東京大学
高解像度スームレンズ	VH-Z500R	1	1,941,450	1,941,450	2011.7.4	東京大学
設計環境用設定データ	0.35um Bi-CMOS	1	3,937,500	3,937,500	2011.12.22	東京大学
小型マルチプロブシステム	HMP-400	1	2,203,950	2,203,950	2011.12.27	東京大学
超音波洗浄槽	石英	1	2,387,385	2,387,385	2012.1.17	東京大学
グリーンレーザ振動計	VMS-OP30	1	2,995,650	2,995,650	2012.2.23	東京大学
ホールワイヤ&ハンブボンダー	7700D	1	3,727,500	3,727,500	2011.12.2	東京大学
デジタルロックインアンプ	LI5640	1	668,325	668,325	2011.11.11	東京大学
スパッターターゲット	銀40パラジウム40銅20wt	1	756,000	756,000	2011.12.20	東京大学
COMSOL Multiphysics	C10K100-40F	1	522,900	522,900	2011.11.28	東京大学
プローブ部分(マイクロコンピュータ)	MM6121.6122	1	1,863,750	1,863,750	2012.1.11	東京大学