

マテリアル先端リサーチインフラ利用報告書

ARIM User's Report

【Release : 2024.07.25】 【Update : 2024.07.01】

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	23UT1005
利用課題名 Title	TopoMEMS Varicaps - 変化率可変のMEMS可変キャパシタ
利用した実施機関 Support Institute	東京大学 / Tokyo Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	内部利用 (ARIM事業参画者) / Internal Use (by ARIM members)
横断技術領域 Cross-Technology Area	加工・デバイスプロセス/Nanofabrication
重要技術領域 Important Technology Area	革新的なエネルギー変換を可能とするマテリアル/Materials enabling innovative energy conversion 高度なデバイス機能の発現を可能とするマテリアル/Materials allowing high-level device functions to be performed
キーワード Keywords	リソグラフィ / Lithography, 電子線リソグラフィ / EB lithography, 膜加工・エッチング / Film processing/etching, ダイシング / Dicing, ボンディング / Bonding, ワイヤーボンディング / Wire Bonding, 環境発電 / Energy Harvesting, 高品質プロセス材料/技術 / High quality process materials/technique, MEMS/NEMSデバイス / MEMS/NEMS device, エレクトロデバイス / Electronic device

利用者と利用形態 / User and Support Type

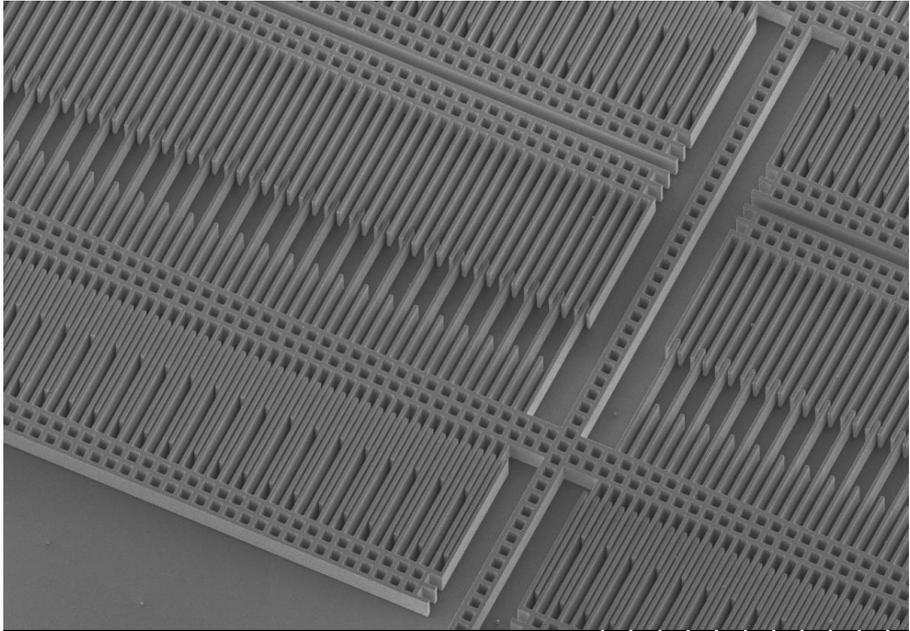
利用者名 (課題申請者) User Name (Project Applicant)	三田 吉郎
所属名 Affiliation	東京大学大学院工学系研究科
共同利用者氏名 Names of Collaborators in Other Institutes Than Hub and Spoke Institutes	安永竣, 辻啓吾, 肥後昭男, 飯塚哲也, 江澤雅彦
ARIM実施機関支援担当者 Names of Collaborators in The Hub and Spoke Institutes	水島彩子
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization

利用した主な設備 / Equipment Used in This Project

利用した主な設備 Equipment ID & Name	UT-500：高速大面積電子線描画装置 UT-604：高速シリコン深掘りエッチング装置 UT-602：気相フッ酸エッチング装置 UT-902：マニュアルウエッジボンダー UT-851：機械特性評価装置
---	--

報告書データ / Report

概要（目的・用途・実施内容） Abstract (Aim, Use Applications and Contents)	<p>俗に「バリキャップ」と呼ばれる可変キャパシタ(Variable Capacitor -> VariCAP)は一般的にはPN接合の空乏層を利用して作られることが多いが、空乏層幅はかけた電界に依存して変化するため、制御信号と通過する信号とが混線する、いわゆる「自己変調」現象が不可避であり、非線形性を有することになって電子回路設計者としては使い勝手が悪い。報告者はJST-CREST「電気回路によるトポロジカル量子計算方法の創生(JPMJCR20T)」課題に取り組む中でこの問題に気付き、自己変調を起さない「理想のMEMS素子」の研究を行なっている。MEMS構造によれば、制御と信号伝達を分離できる上、機械的特性によって(MEMSは重い)自己変調を抑制することができる。</p> <p>本研究ではその中でも、将来のトポロジカル量子演算で必要とされるバリキャップの特性について考察を行なった。その結果として、通常のMEMS櫛歯キャパシタで知られているような、「C1とC2の和が一定」なデバイスだけでなく、場合によっては「C1とC2の積が一定」であったり「C1とC2の調和平均が一定」であったりするようなケースも想定できるという結論に至った。</p>
実験 Experimental	<p>必要な容量をまず求めたのちに具体的なMEMS櫛歯キャパシタに展開する順序での設計メソッドロジーを開拓した。容量比を、逆向きに容量が変化するキャパシタを接続し、さらに変化率に応じて櫛歯の長さを狩り込むというデザイン手法を見出し、実際に「積一定」、「調和平均一定」を例としてデバイスを設計した。可動構造の端部にラッチ機構を集積化し、3ステップで位置を切り替えられるようにした。構造の試作は、厚さ20/4 μm(活性層-絶縁層)のSOI基板を用い、東大拠点の標準的プロセスである、高速大面積電子線描画装置(F5112+VD01)と専用厚膜レジストでパターンを描画し、深掘りエッチング装置MUC-21 ASE-Pegasusによるボッシュプロセスで構造を作製し、気相フッ酸エッチング装置によって可動部をリリースしたのち、専用の基板へのボンディングを行なって計測した。作製した"TopoMEMS Vraicaps" 調和平均一定条件の櫛歯キャパシタのSEM写真を図1に示す。利用した装置は、主な設備欄に記入したものに加えて、ステルスダイサー(UT-900)、マニュアルウエッジボンダー(UT-902)、8インチプローバー(UT-850)、汎用平行平板RIE装置 10NR(UT-606)がある。</p>
結果と考察 Results and Discussion	<p>作製した構造の機械的動作を、振動解析装置(MSA-500)の観察下で静電アクチュエータ駆動することで確認した。インピーダンス計測装置(Digilent Analog Discovery 2)で100kHz-1MHzの周波数範囲でのインピーダンスを計測し、キャパシタ($1/j\omega C$)モデルによる最小二乗法でC1、C2の値を求めた。可動部分を目視で確認しながら(実体顕微鏡下でワイヤボンダーの糸を外力源として利用した)物理的な櫛歯の位置をラッチ構造で保持した。ラッチ位置はL1(左端:0 μm位置)、L2(中点、40 μm位置)、L3(右端、80 μm位置)の3位置として、実際に調和平均が一定である(誤差$\pm 3\%$)実験結果を得た。実験結果は国際会議で発表した。</p>

<p>図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1</p>	 <p>5.0kV 6.0mm x200 LM(UL) 200µm</p> <p>図1 "TopoMEMS Vraicaps" 調和平均一定条件の櫛歯キャパシタのSEM写真</p>
<p>その他・特記事項 (参考 文献・謝辞等) Remarks(References and Acknowledgements)</p>	

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

<p>DOI (論文・プロシーディング) [1] DOI (Publication and Proceedings)</p>	<p>Yoshio Mita, "TopoMEMS varicaps" - MEMS comb-drive variable capacitors with tailored stroke-to-capacitance dependence, <i>2023 Symposium on Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP)</i>, , 1-4(2023). DOI: 10.1109/DTIP58682.2023.10267944</p>
<p>口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文 Oral Presentations etc.</p>	
<p>特許出願件数 Number of Patent Applications</p>	0件
<p>特許登録件数 Number of Registered Patents</p>	0件