

令和 6 年 5 月 21 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18158

研究課題名（和文）3次元センサ構造を作りこんだマイクロ集積化ワイヤ

研究課題名（英文）Micro-integrated wires with built-in 3D sensor structure

研究代表者

福澤 健二（Fukuzuawa, Kenji）

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：60324448

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 20,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、フレキシブルフィルムを用いた新しい3次元微細構造形成法を提案し、3次元構造を用いたマイクロ力学量センサを作りこんだマイクロ集積化ワイヤの基盤技術の確立を試みた。フレキシブルフィルムにおいて、ハンドリングを困難にしている柔軟性を逆に利用し、位置合わせ不要の多層化を可能とする。金属膜と貫通孔を形成したフレキシブルフィルムを用いて、3次元的な構造である静電容量センサの構築が可能であることを確認し、さらに構築した静電容量型センサの力センサとしての原理確認に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

フレキシブルフィルムのハンドリングは柔軟さゆえに困難であったが、本研究では、逆にその柔軟性を利用して、2次元構造から3次元構造への変換について新しい方法論を提案し、作製法としての原理確認に成功した。さらに、力センサとして機能することが確認できた。本方法は、これまでになかった3次元構造を集積化したフレキシブルワイヤという新規なデバイスの実現を可能とする。さらに、微細化を進めれば、様々な形状の対象に対応できる。ウェアラブルセンシングや物体に埋め込み物体内部のセンシングも期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proposed a new method of forming three-dimensional microstructures using flexible films, and attempted to establish a basic technology for micro-integrated wires with built-in micro-mechanical quantity sensors using three-dimensional structures. The flexibility of flexible films, which makes handling difficult, is utilized to enable multilayering without the need for alignment. We confirmed that it is possible to construct a capacitance sensor with a three-dimensional structure using flexible film with metal wiring and through-holes, and succeeded in confirming the principle of constructing capacitance sensor as a force sensor.

研究分野：ナノ計測工学

キーワード：フレキシブルセンサ MEMS

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現実空間でセンシングした多数の情報により仮想空間内に現実空間を再構築し技術革新をもたらそうとする仮想・現実(サイバー・フィジカル)空間融合システムの実現が社会から強く要請されている。現実空間を正確に構築するには多種多様な対象(モノ・ヒト)の情報を得る必要がある。対象内部を含む様々な形状の対象にセンサを付加するため、センサは面積・体積が小さく、かつフレキシブルなものが必須である。そして対象の多くは力学的に動作する物体であり、力、速度、加速度などの力学量を、ばね・質量などの3次元構造でセンシングすることが重要である。しかし、以上に適した微小力学量センサの構築技術は確立されていない。課題は、1)力学量センシングで必須な微小3次元構造形成技術が、フレキシブル材料で確立していないこと、2)現状でフレキシブルなデバイスは平面デバイスしか実現しておらず対象が限られていること、である。

2. 研究の目的

本研究では、上の課題1)、2)を満たす新しい3次元微細構造形成法の確立を目的とした。フレキシブルフィルムを用いた新しい3次元微細構造形成法を提案し、フレキシブルワイヤに、応力・加速度センサなど3次元構造を用いる微小力学量センサを作りこんだマイクロ集積化ワイヤの実現のための基盤技術確立を試みた。本研究ではフレキシブルフィルムにおいて、ハンドリングを困難にしている柔軟性を逆に利用し、フレキシブルフィルムの特性を生かした方法を確立して、位置合わせ不要の多層化を可能とすることを試みた。そして、フレキシブルフィルムを基にしたワイヤ状のデバイスを可能にし、フレキシブルかつ面積・体積を大幅に低減させたセンシングデバイスの原理確認を試みた。

3. 研究の方法

金属膜配線と貫通孔を形成した厚さ10 μm オーダのフレキシブルフィルムを用いて、3次元微細構造を形成する方法を試みた。具体的な手順は、まずフレキシブルフィルムに、エッチングで形成した金属膜電極と貫通孔から成る2次元構造を複数作製する。つぎに、フレキシブルフィルムの柔軟性を利用した方法を用いて各層の2次元構造を重ね、多層の3次元構造を形成する。位置合わせは自動的に達成され、重なり合って3次元構造を形成する。

以下の順に研究を進めた。

(1) 3次元構造形成法の原理確認

一対の電極膜と空洞部から成る静電容量型のカセンサを作りこんだ集積化ワイヤ作製を試みた。電極・金属配線、空洞部となる貫通孔を形成したフレキシブルフィルムを作製した。この際、フォトリソグラフィなどMEMS(Micro-Electro Mechanical Systems)技術で用いられている微細加工法を用いることで、MEMSと同程度の μm オーダの加工精度を得た。作製した2次元構造を重ねて接着することで、3次元構造を形成した。位置合わせは自動的に達成され、重なり合うことで3次元構造を形成する。

(2) 作製したカセンサの基本性能の確認

フレキシブルフィルム上に構築した静電容量型カセンサは、電極に力が働くと、電極間の空洞部の距離が変わることで、静電容量が変化する。静電容量の変化を測定することで、フレキシブルフィルム上に2次元構造から作製した3次元構造が、カセンサとして機能するかを検証した。

4. 研究成果

研究成果は以下の通りである。

(1) 3次元構造形成法の原理確認

図1に示すように、電極と配線になる金属膜、空洞部となる貫通孔を2次的に形成したフレキシブルフィルムを示す。フィルムは、厚さ10 μm オーダのポリイミドフィルムとした。そして、図2に示すように、フレキシブルフィルムの柔軟性を利用した重ね合わせにより微小3次元構造を形成できた。すなわち、2次的に配置した二枚の電極部を重ね合わせ、空洞部を介して上下に配置した静電容量センサ構造を形成することができた。印加する力により変形しやすくするように、上部電極について周囲のフィルムとの間に切れ目を設けた。重ね合わせが自動的に行

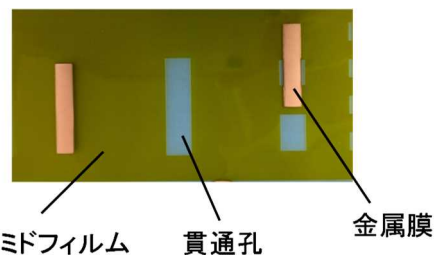


図1. 2次的に金属膜、空洞部となる貫通孔を作製したフレキシブルフィルム

われるので、通常のMEMSデバイスの作製のように、大掛かりな装置を用いて位置合わせをすることなく、2次元構造を μm オーダの位置合わせをしながら3次元構造形成が原理的に可能であることを確認できた。このように、本研究達成のキーポイントとなる、2次元構造から3次元構造の構築という本研究で提案した構造形成法の原理確認に成功した。

(2) 作製した力センサの基本性能の確認

構築した静電容量型センサの力検出の原理確認と性能向上を試みた。出力信号の微弱化に備えた高感度検出系を構築し、上部・下部電極間に電圧を印加して、力を加えたときの静電容量の変化から印加された力を検出した。そして、図3に示すように、力による静電容量の変化の実測に成功し、提案する方法で作製した3次元構造が、静電容量型の力センサとして機能することが確認できた。

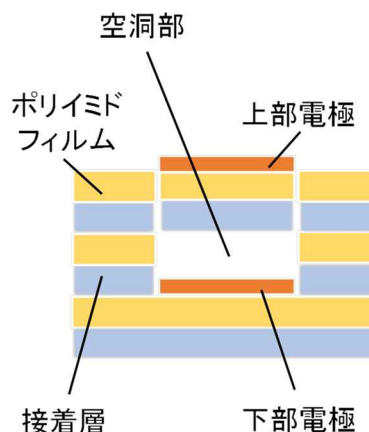


図2. フレキシブルフィルムの柔軟性を利用した重ね合わせにより形成した、3次元静電容量型センサ構造

以上、本研究で提案したフレキシブルフィルムに2次元構造を作製し、重ね合わせることで3次元構造を作製するという作製法、およびその3次元構造を基にしたフレキシブル力センサが可能であるという、本研究のねらいを達成することができた。今後、さらに微細化、集積化を進めることで、新しいフレキシブル力学量センサの実現が期待される。

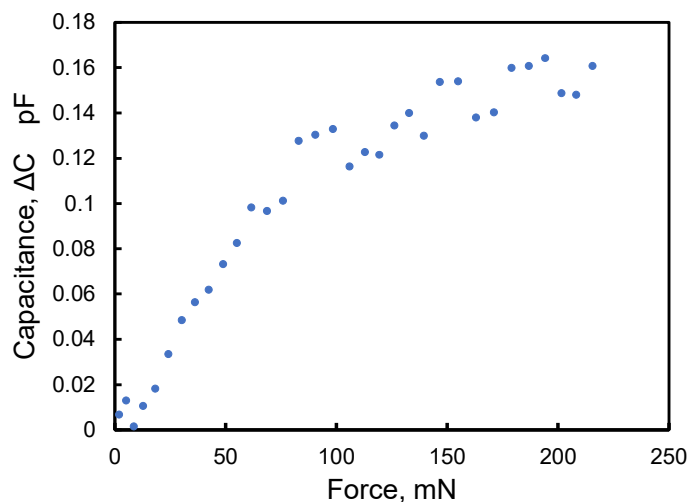


図3. 作製した3次元構造による力測定結果. 印加した力による静電容量の変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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	東 直輝 (Azuma Naoki) (50823283)	名古屋大学・工学研究科・助教 (13901)	

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