

課題番号 : F-21-NU-0011
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : ムーンショット型研究開発事業(目標3)「サイエンス探求マイクロロボットツール」
Program Title (English) : Microtools for the scientific exploring robot / Moonshot R&D Program
利用者名(日本語) : 杉浦広峻
利用者名(日本語) : H. Sugiura
所属名(日本語) : 東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻
Affiliation (English) : Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、形状記憶ポリマ、剛性可変、熱アクチュエータ

1. 概要(Summary)

次世代の AI ロボットを用いた自律的科学実験プラットフォームを実現するため、顕微鏡下における微細作業用ロボットの分野において、マニピュレータのエンドエフェクタ部分に多自由度のマイクロアクチュエータを実装し、微細作業のツールの方向や角度を精密に制御する試みがなされている。このようなマイクロアクチュエータは高い出力/重量比が要求され、たとえば空気圧や圧電バイモルフなどがその候補となりうる。その中でも SMA(形状記憶合金)は、約 1 MNm/kg という高い出力/重量比を有しており、応答性もよい。しかしながら、SMA はアクチュエータとして力を発生する際に大電流を流す必要があるため、エネルギー消費量が多く、寿命も短いという問題がある。また、剛性が高くないため、エンドエフェクタの可搬重量が少なく、高速な微細作業用の制御を行う局面において、多くの問題がある。そこで我々は、SMA/SMP(形状記憶ポリマ)の可変剛性アクチュエータを提案する。とりわけ本研究では、伸縮性のあるヒータ電極と統合した SMP フィルムを用いることで、电热駆動によって剛性可変性を制御できるアクチュエータを実現する。加熱電極は多層カーボンナノチューブ(MWCNT)、イオン流体(IL)、Polydimethylsiloxane(PDMS)の複合材料を用いて行った。また最後に、1 g のウェイトを持ち上げる実証を行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

両面露光用マスクアライナ(Suss Micro Tec AG 製 MA-6)

【実験方法】

SMPとしてMP5510/SMP technologies. Co. Ltdを用いた。SMPは大気中で混合し、対流オープンで加熱硬化した。その後、気泡を除去したフィルムとするため、ホットプレスで190℃、6h処理を行った。その後、MWCNT、IL、PDMSの混合物からなる伸張性フィルム電極をスクリーンプリンティングで塗布し、マスクアライナを用いてパターンニングを行った。その後、接点用ターミナル

の銅電極を配置した。伸張性フィルム電極は、加熱硬化前に接点との導通処理を行った。SMAはBMX-75/TOKI Co. Ltdを用いた。作製したSMPフィルムは40μmであった。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

サーモグラフィによって、通電加熱によってSMPの温度をT_g(55℃)以上とし、剛性を変化させることに成功した(Fig. 1)。これを、微小ヒンジ構造に実装し、SMAと同時に駆動した。SMAのみの駆動では、負荷時の構造維持に連続的なエネルギー供給を必要とするのに対し、SMA/SMPの剛性可変アクチュエータでは、エネルギーレスで継続的に高出力/重量比のアクチュエータ駆動を実現できた。

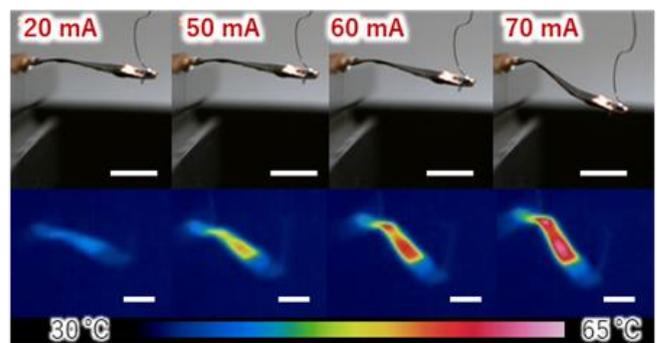


Fig. 1 SMP actuator driven by MWCNT/PDMS electrode.

4. その他・特記事項(Others)

・本研究は、JST ムーンショット型研究開発事業 JPM JMS2033-08 の支援を受けたものです。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) Hiroataka Sugiura, Shoma Nakatani, Shingo Kaneko, Satoshi Amaya and Fumihito Arai "Variable Stiffness Actuator Using Shape Memory Materials for Microrobot", International Symposium on Micro/nano mechatronics and human science 2021.

6. 関連特許(Patent)

なし。