

補助事業番号 2023M-276

補助事業名 2023年度 生体パッチのためのマイクロ吸盤アレイの研究開発 補助事業

補助事業者名 慶應義塾大学 理工学部機械工学科 高橋英俊

1 研究の概要

本事業では、生体パッチのためのマイクロ吸盤アレイの研究開発に取り組んだ。このアレイは、生体パッチと組み合わせることで、濡れた表面に対しての固定が可能である。さらに、従来の接着剤や液体を用いた方法とは異なり、吸着力のみによる非侵襲的な固定が実現できる。最初に、マイクロ吸盤アレイの製作手法を開発した。次に、濡れた平面に対する吸着力を測定し、その原理の検証実験を行った。

2 研究の目的と背景

従来の生体パッチは、再生医療における生体組織の固定に使われてきた。これら生体パッチは接着剤や液体を用いて接着を行うため、汗や体液で濡れた組織に対する安定した固定が困難であった。また、接着剤は組織への刺激が強く、長時間の装着が望ましくない。そのため、接着剤を使わず、濡れた表面に長時間固定が可能な生体パッチ開発が求められている。例として、眼球や耳の鼓膜など、従来の生体パッチでは固定が困難な繊細な器官に対する要望が挙げられる。そこで本補助事業では、生体パッチにマイクロ吸盤アレイを組み合わせ、濡れた表面に確実に固定ができる生体パッチの開発を目的とした。

3 研究内容

(1) 液浸型の回転傾斜露光装置を用いたマイクロ吸盤アレイの開発

(<http://www.takahashi.mech.keio.ac.jp/research.html>)

液浸型の回転傾斜露光装置を用い、マイクロ吸盤アレイの製作を行った。従来、マイクロ吸盤アレイの製作は、紫外線感光材料と紫外線による回転傾斜露光が用いられてきた。しかし、材料間の屈折率の違いから発生する全反射により、吸盤の傾斜角度を大きくすることが困難であった。提案する液浸型の回転傾斜露光法は、ガラスチャンバと純水を媒介して紫外線露光を行う(図1)。これは、紫外線が通過する材料間の屈折率の違いを低減させ、より大きな傾斜角度を有する吸盤を製作可能にする。さらに、一度の露光でマイクロ吸盤をアレイ状に大量生産できる。

提案する装置を用い、ガラスウェハ上にマイクロ吸盤アレイのモールドを製作した。吸盤は直径500 μm 、高さ100 μm 、ピッチ950 μm で構成される。また、生体適合可能なポリジメチルシロキサン(PDMS)ゴムを流し込み、マイクロ吸盤アレイを製作した。結果として、傾斜角度が従来の方法と比較して約2倍の51°に達した。さらに、濡れた面に対する吸着力は最大で0.15 Nとなり、マイクロ吸盤アレイが生体パッチとして機能することが示された(図2)。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

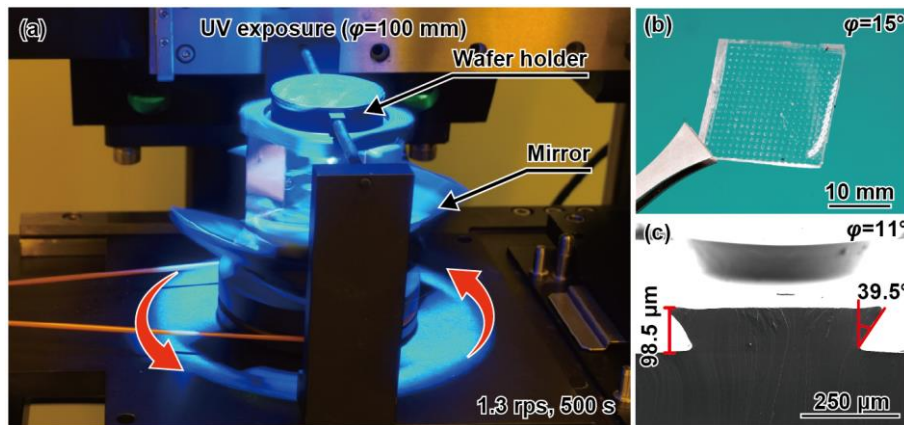


図 1. 製作した液浸型の回転傾斜露光装置および製作されたマイクロ吸盤アレイの写真.

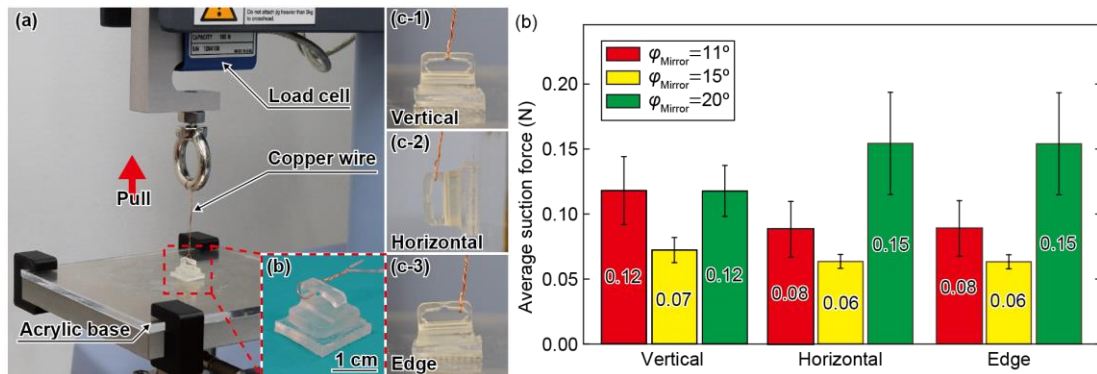


図 2. 製作したマイクロ吸盤アレイの吸着力試験および結果.

本事業の生体パッチのためのマイクロ吸盤アレイの研究開発では、液浸型の回転傾斜露光装置の開発およびマイクロ吸盤アレイの吸着力評価を行った。これらの成果として、従来よりも傾斜角度の大きいマイクロ吸盤の製作ができた。また、製作したマイクロ吸盤アレイは濡れた平面に対して吸着可能であることを実証した。

本事業で開発されたマイクロ吸盤アレイは、従来の生体パッチと比較して接着剤を用いずに濡れた面へ吸着できる利点がある。よって、生体パッチでは固定が困難であった人体の繊細な組織への固定や治療に利用できると考えている。さらに、その吸着特性と柔軟性から、ロボット用のグリップとしての応用も想定される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者はこれまでに、MEMSデバイスを研究し、マイクロニードルや吸盤アレイに利用できる三次元紫外線露光装置および差圧・触覚センサの開発を行ってきた。申請者がこれまでに研究開発した露光装置は、三次元の微細な構造物の製作を可能にしている。これらを用いて、従来は実現が困難であった複雑かつ微細な構造物の量産ができるようになるため、研究開発で得られた結果は学術的貢献にとどまらず、産業・工学応用にもつながる。

本事業では、申請者のコア技術である三次元の紫外線露光装置を利用して、生体パッチのためのマイクロ吸盤アレイの製作を行った。本事業を実施したことにより、MEMSプロセスにおける三次元構造物の製作やマイクロ吸盤アレイの吸着力測定などの幅広い分野において多くの知見が得られた。また、大学で開発した技術を医療実装する上で、様々な課題を解決するためのノウハウも得られた。今回行った事業の成果は、生体パッチのためのマイクロ吸盤アレイに限らず、様々な微細な三次元デバイスの商品化・実用化に役立つと考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【国際学会発表】

1. G. Kagawa and H. Takahashi, "Fabrication of micro suction cup array and evaluation of its suction force," International Workshop on Micro-Systems and Materials, Xi'an, China, Mar. 8-10, 2024.

【国内学会発表】

- 2 香川学斗, 高橋英俊, 液浸型の回転傾斜MEMS紫外線露光装置を用いたマイクロ吸盤アレイの製作, ロボティクス・メカトロニクス講演会2023, 名古屋国際会議場, 名古屋, 2023年6月30日発表済.

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 慶應義塾大学理工学部(ケイオウギジユクダイガクリコウガクブ)

住 所: 〒223-8522

神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1矢上キャンパス25棟302室

担 当 者 役職名: 高橋英俊 准教授(タカハシヒデトシ ジュンキョウジュ)

担 当 部 署: 機械工学科(キカイコウガクカ)

E - m a i l: htakahashi@mech.keio.ac.jp

U R L: <http://www.takahashi.mech.keio.ac.jp/>