

補助事業番号 2017M-099

補助事業名 平成29年度 マイクロスタンプによる高分子基材への構造創成技術の開発
補助事業

補助事業者名 首都大学東京 金子 新

1 研究の概要

本研究では、マイクロスタンプを用いてPETなどの柔軟な高分子材料に形状転写、材料（構造）転写、機能付与を行う新規加工技術の実証および基礎特性の調査である。当該技術は低エネルギー、低環境負荷、低コストでの実施可能であり、持続可能なものづくりを具現化できる。具体的には、光触媒効果を利用した高分子材料の除去加工、Auと酸化グラフェンナノ粒子の積層膜（微細構造）のトランスファプリント、トランスファプリントによるマイクロ電極の作製およびPt表面でのPPyナノドットの形成を実証した。

2 研究の目的と背景

本研究は、高分子材料を用いたフレキシブルなマイクロデバイス開発において、基本となる加工技術の提案と確立を進めるものであり、その最終目標は社会のあらゆる機器にセンサ等を搭載した安全安心な社会システムの構築を目指している。提案技術はマイクロスタンプを用いて柔軟な高分子材料に形状転写、材料（構造）転写、機能付与を行う。これらは低エネルギー、低環境負荷、低コストでの実施が可能であり、これからの「持続可能なものづくり」を具現化する技術開発となる。本研究では、柔軟な高分子基材へのフレキシブルなマイクロデバイスの作製において未確立の加工技術である以下(1)～(3)の研究開発を進める。

(1) 「光触媒被膜スタンプによる高分子のナノスケール除去加工」

光触媒を被膜したマイクロスタンプを高分子基材と接触させ、UV照射によって高分子をナノスケールで分解（除去）する加工機の開発を行う。次いで、主要な高分子材料（PSやPET）を対象とした加工分解能、加工速度、および加工面性状を明らかにする。

(2) 「酸化グラフェン積層膜のマイクロスタンプへの成膜と高分子基材上での構造化」

高い機械強度をもつナノ材料の酸化グラフェンと金属の積層膜を作製し、トランスファプリントによる機械構造化を行う。マイクロスタンプへの酸化グラフェン成膜装置を試作し、同マイクロスタンプから高分子基材上へ酸化グラフェン積層膜を転写および構造化を行う。

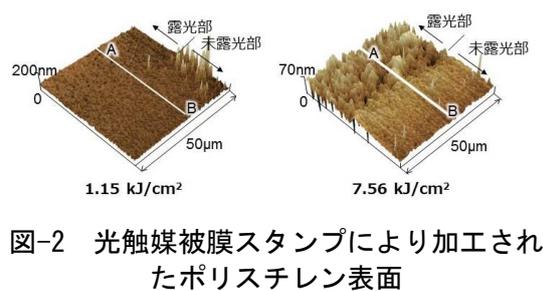
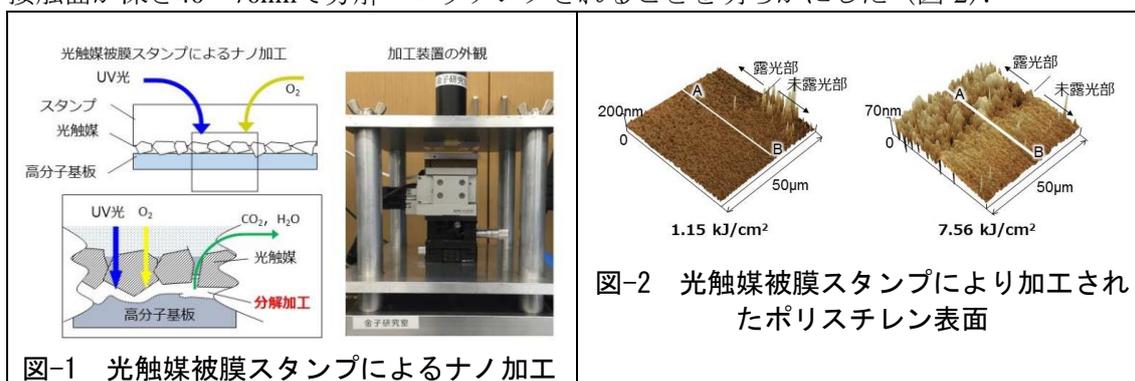
(3) 「マイクロ電極上でナノファイバ導電性高分子アクチュエータの作製」

マイクロスタンプによる転写で高分子基材上にTi電極を作製し、電気化学重合によりナノファイバ状の導電性高分子の作製と駆動特性調査を行う。導電性高分子の重合過程をインプロセス観察することで、重合条件の最適化を図る。

3 研究内容

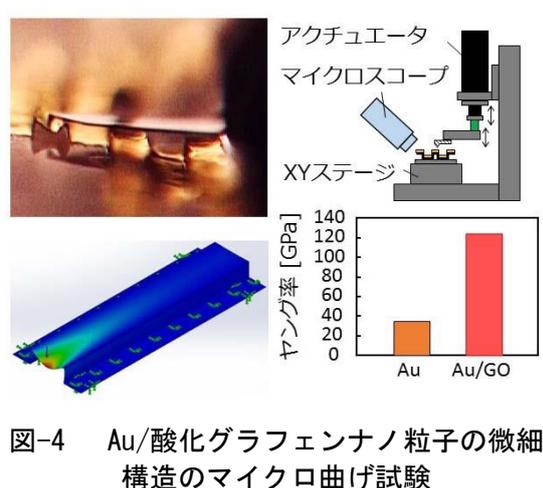
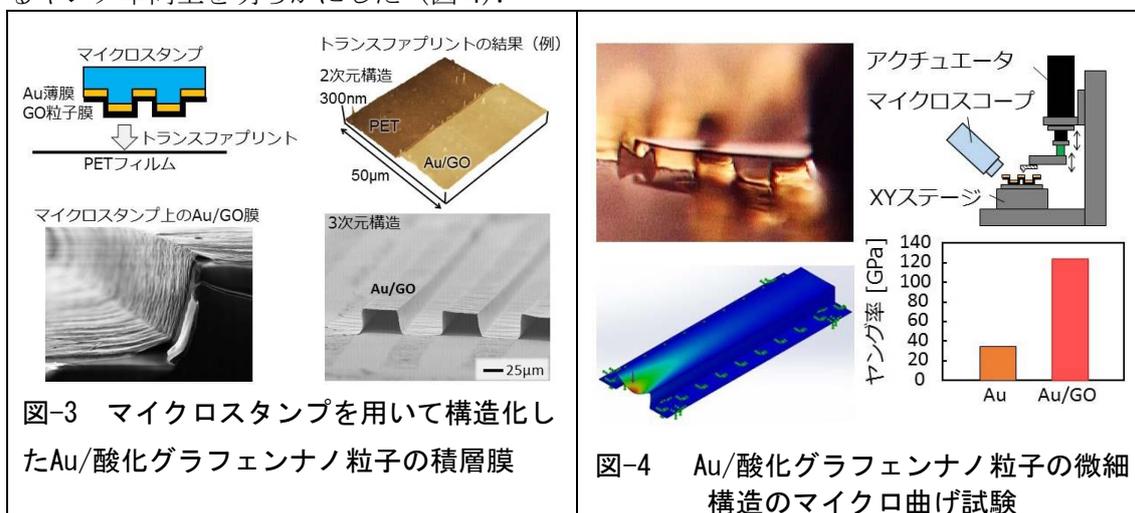
(1) 「光触媒被膜スタンプによる高分子のナノスケール除去加工」

PDMSで作製したスタンプへ酸化チタン (TiO₂) ナノ粒子をキャスト法により成膜する技術を提案するとともに、同技術を実施するための加工装置を製作した (図-1)．LEDから紫外線を光触媒被膜マイクロスタンプに照射しながら高分子表面を接触させると、光触媒と接触面が深さ40～70nmで分解・エッチングされることを明らかにした (図-2)．



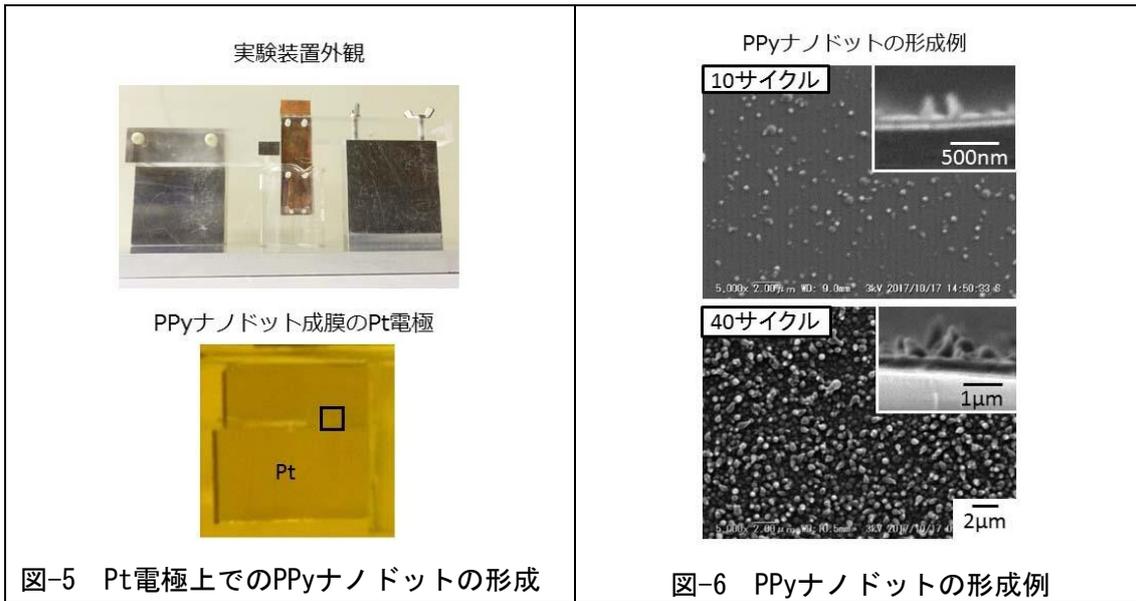
(2) 「酸化グラフェン積層膜のマイクロスタンプへの成膜と高分子基材上での構造化」

PDMSのマイクロスタンプ上に酸化グラフェンとAuの積層膜を形成し、同積層膜のトランスファプリントを行うことで、2次元のライン状パターンまたは波板状の3次元構造の形成に成功した (図-3)．AFMカンチレバー、ピエゾアクチュエータ、デジタルマイクروسコープから構成されるマイクロ曲げ試験機を自作し、酸化グラフェンナノ粒子の積層化によるヤング率向上を明らかにした (図-4)．



(3) 「マイクロ電極上でナノファイバ導電性高分子アクチュエータの作製」

ピロール溶液中で周期的な電圧印加を行う実験装置を製作し、Pt電極上にナノドット型の導電性高分子 (PPy) の形成を行った (図-5)．電圧印加のサイクル数を増加するほど、PPy ナノドットの数密度が増加することを明らかにした (図-6)．



(<http://www.comp.sd.tmu.ac.jp/kanekolab/index.html>)

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

現在の微細加工技術の主流となっている半導体プロセスは、製造コストや使用材料の制限の点から、多品種少量生産のマイクロセンサなどのMEMSに対応するのは困難である。本研究で提案しているマイクロスタンプを用いた構造作成技術は、既存のナノインプリントやインクジェットなどのプリント技術と併用することで、微小な電子機械構造を安価かつ高効率での製造が可能である。さらに、当該技術は消費エネルギーが低く、ガスや薬品等をほとんど使用せず、かつデスクトップ型装置による小規模生産が可能である。すなわち、持続可能なものづくり技術として、様々な分野で活用できると気体できる。一方で、本研究では提案する加工技術の基礎特性を示したに過ぎず、今後は同技術をさらに成熟させるとともに、多様なデバイス作製への応用を検証する必要がある。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者の研究歴において、当初は半導体プロセスに依存しないボトムアッププロセスに立脚したナノ・マイクロ加工技術について研究を行ってきたが、同成果をまとめた段階でボトムアッププロセスのみでの実用化は非常に狭い範囲となることが予見された。そこで申請者の最近の研究では、スタンプやモールドを用いたプリント技術・転写技術による微細構造作製を中心に進めており、本研究はそれらの研究の一環として実施した。本研究では、光触媒、酸化グラフェンナノ粒子、ナノドット化PPyなど新しい材料の応用を着手し、かつ補助事業期間内に計画にほぼ沿った成果が得られたことから、本研究は申請者の今後の研究においてマイルストーンになると考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- [1] 金子新, トランスファプリントを利用した微細構造作製, 首都大先端ナノ物質科学研究会, 首都大学東京 (2018年5月25日) (招待講演)
- [2] 金子新, トランスファプリントを利用した微細構造作製と表面力, 第3回表面力研究会 (トライボロジー学会), 首都大学東京 (2018年5月24日) (招待講演)
- [3] 金子新, トランスファプリントを利用した微細構造作製, 第42回理研シンポジウム・第13回オンデマンド-マイクロ合同シンポジウム「マイクロファブリケーション技術の最新動向」, 理化学研究所 (2018年5月18日) (招待講演).
- [4] A. Kaneko, Y. Miyazaki, T. Goto, Transfer-print of CNTs and Its Application to Cell Scaffold, *International Journal of Automation Technology*, 11, 6, (2017), 941-946.
- [5] 金子新, ナノ・マイクロスケールでの表面修飾と微細構造創成への応用, *機械の研究*, 69, 6, (2017), 473-479
- [6] A. Kawahata, K. Nagahashi, A. Kaneko, Effects of stamp geometry on transfer-printing of Au thin-film, *Proc. The 7th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology*, (2017).
- [7] K. Nagahashi, H. Kobayashi, M. Hasegawa, Y. Shima, A. Kaneko, An Investigation of Adhesive Surface Force on Nano-structured Surface *Proc. The 7th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology*, (2017).
- [8] T. Katayama, K. Nagahashi, A. Kawahata, A. Kaneko, Effects of stamp properties on transfer-print and its application to fabricate a micro-tactile sensor, *Proc. The 9th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century*, (2017).
- [9] 片山泰良, 川畑敦士, 長橋和人, 金子新, 原子拡散接合を援用したトランスファプリントに関する研究, 2018年度精密工学会春季大会講演論文集, pp.13-14
- [10] 三宮龍, 長橋和人, 川畑敦士, 金子新, Au/酸化グラフェン積層膜によるストレッチャブル配線の作製, 2018年度精密工学会春季大会講演論文集, pp.15-16
- [11] 藤田裕人, 芹沢壮梧, 神田敏史, 金子新, パルス状電圧印加による導電性ポリマーの電気化学重合と微細構造作製, 2018年度精密工学会春季大会講演論文集, pp.17-18
- [12] 川畑敦士, 片山泰良, 金子新, スタンプの幾何学的形状がトランスファプリントに及ぼす影響, 2017年度精密工学会秋季大会講演論文集, pp.645-646
- [13] 菅原鈴子, 三宮龍, 金田恵輔, 金子新, トランスファプリントした酸化グラフェン上での細胞接着, 2017年度精密工学会秋季大会講演論文集, pp.895-896
- [14] 長橋和人, 小林隼人, 長谷川真之, 島義和, 金田恵輔, 金子新, ナノ構造表面の表面力に関する研究, 2017年度精密工学会秋季大会講演論文集, pp.797-798

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

特になし(発表論文は除く)

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特になし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 首都大学東京 システムデザイン学部 金子研究室
(システムデザイン学部 システムデザインクラブ カネコケンキュウシツ)

住 所： 〒191-0065
東京都日野市旭が丘6-6

申 請 者： 准教授 金子 新 (カネコ アラタ)

担 当 部 署： 同上

E - m a i l： kaneko-arata@tmu.ac.jp

U R L： <http://www.comp.sd.tmu.ac.jp/kanekolab/index.html>