

## トランスファプリントによる異種材料の微細構造配列

首都大学東京 ○森 章洋 ◎金子 新, 案納 響平, 山下 貴広

微細加工基板にトランスファプリント (TP) を行い, 薄膜を架橋させた微小立体構造の作製を行っている. 本報告では, 同一基板上に複数回の TP を行うことで, 異種材料を交互配列した構造の作製を試みている. 厚さ 150nm の Au および Cu 薄膜を対象とし, 厚膜レジスト SU-8 で作製した微細溝加工基板へ連続して TP を行った. その結果, いずれの薄膜も長さ 50 $\mu\text{m}$  で架橋した両もちはり構造を形成した.

### 1. 緒言

トランスファプリント (TP) と呼ばれる薄膜転写技術では, スタンプを基板に押し付けて薄膜を転写する. 従来は電極などの 2 次元パターンに応用されてきたが, 吉野らは加工基板 (凹凸構造) 上に金属薄膜の TP を適用して微小立体構造 (両もちはり) 配列の作製を実証した<sup>1,2)</sup>. 同構造を応用すれば, 図 1 に示すような静電駆動型のマイクロセンサが可能である. 分子が特異吸着するような表面修飾を施したはりを作製し, その吸着量に応じた振動数やたわみの変化を検出する. 異なる表面修飾のはりを配列させれば複数の検体を同時検出が可能だが, 従来の MEMS プロセスでは作製工程が極めて複雑となる. 本研究では TP を複数回行うことで, 同構造の作製を試みている.

しかし, 加工基板への複数回の TP は実証例がなく, かつ各 TP 工程の温度等が基板表面を変質させる可能性もある. そこで本研究では, はじめに平面基板への 2 回転写によるパターン形成を行い, 基礎的条件を明らかにした後に, 加工基板への 2 回転写を試みる. また, TP 条件である圧力, 温度, および基板の表面エネルギーが, 2 段階の転写工程および薄膜形状に及ぼす影響を明らかにする.

### 2. 実験方法および装置

スタンプは PDMS (Dow-corning, Sylgard184) であり, 幅 50 $\mu\text{m}$  の凸部を 150 $\mu\text{m}$  の間隔で配列させた構造を設けている. 平面基板への TP では Au または Cu の蒸着膜 (膜厚 50nm) を, 加工基板への TP では蒸着膜 (50nm) とスパッタ膜 (100nm) をスタンプに成膜している. 図 2 に示す手順と図 3 の装置を用いた. 基板は X-Z ステージで移動でき, 基板の圧力と温度が制御できる. 1 回目の TP を行い, 次ので基板を水平方向に 100 $\mu\text{m}$  移動した後に 2 回目の TP を行う. 転写温度は 150 $^{\circ}\text{C}$ , 転写時間は 10min とした.

### 3.2 次元平面への複数回の転写

前述の方法により平坦な PET フィルム (ガラス転移点: 110 $^{\circ}\text{C}$ ) への Au の 2 回 TP を行った. 転写圧力は 0.5MPa~2.0MPa とした. 図 4 に 1MPa の 1 回目と 2 回目の TP 後の PET 表面を示す. 1 回目, 2 回目ともにスタンプの形状どおりに Au 薄膜が転写され, 所定の 2 次元パターンを形成している. どの圧力においても, 2 回目の TP が既存の薄膜を変形・破断さ

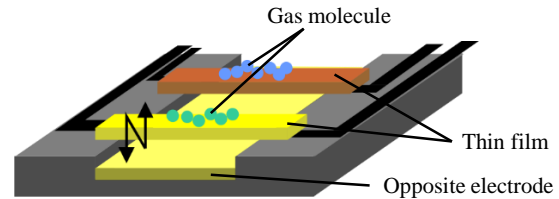


Fig. 1 Micro-sensor using an array of transferred thin-films.

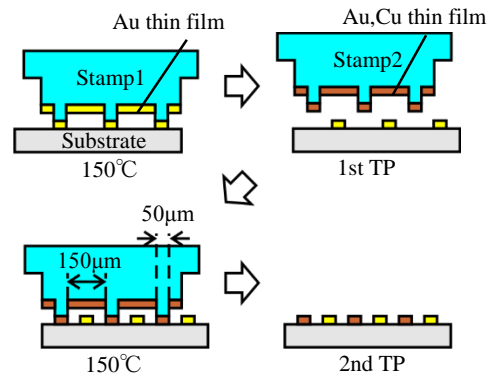


Fig. 2 Multi transfer print.

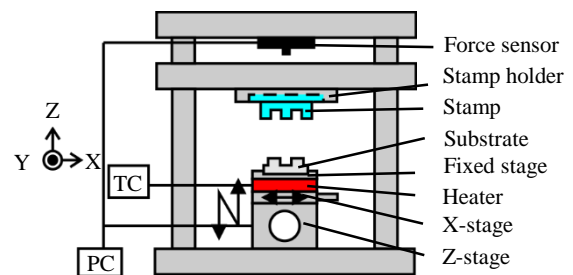


Fig. 3 Set-up of transfer print.

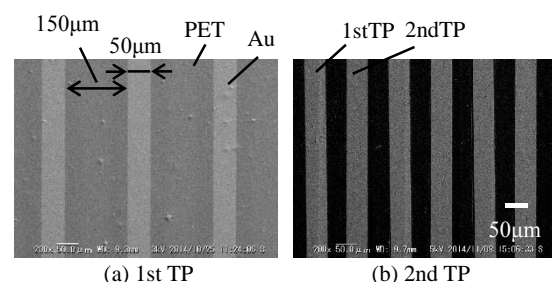


Fig. 4 SEM image of substrate surface after transfer print.

せることはなかった。この結果から、平面基板の場合には、2回転写において圧力の影響は小さいということがわかった。

次に、2回目の薄膜をCuに変えて、転写圧力0.5MPaでTPを行った。TP後の表面をSEMとEDXで観察した結果を図5に示し、AFMによる断面形状を測定した結果を図6に示す。同種材料を用いた場合と同様の結果となった。また、EDXによる元素分析の結果から、AuとCuの交互配列が確認できた。したがって、平面基板の場合、本実験条件（圧力）の範囲では、AuとCu薄膜ともに2回のTPが可能であることがわかった。

#### 4. 加工基板への複数回の転写

微細加工基板として幅50 $\mu$ mの微細溝を有するSU-8を用い、AuとCu薄膜の2回のTPを試みた。転写圧力は1.4MPaで1回目にAu、2回目にCuを転写した。なお、スタンプはプラズマ処理(15min)により、薄膜の離型性を高めた<sup>2)</sup>。TP後の表面を図7に示す。1回目のAuは微細溝上に転写され、両もちはり状の立体構造を形成している。この構造の作製率(歩留まり)は95%であった。一方で、2回目のTPではCuが転写されなかった。これは平面基板の場合とは異なる結果となった。

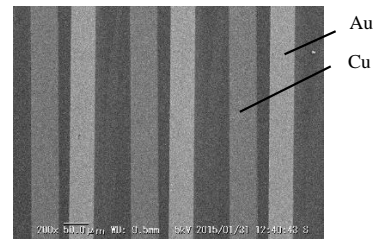
この原因は次のように考えることができる。SU-8は熱硬化性のエポキシ樹脂であり、加熱することで硬化と収縮が起きる<sup>3)</sup>。2回目の転写の際に1回目のTPにおいてSU-8が収縮し、その表面状態や物性が変化したと考えられる。すなわち、十分な接触面積や接着力が得られなかったと考えられる。これを検証するため、一度加熱した基板にAuのTPを行うと、図8に示すようにほとんど転写されていない。しかし、加熱前後での平坦なSU-8の接触角は、図9に示すように接触角に大きな変化は見られなかった。これは、加工基板では下地の基板との拘束部分が小さく、表面(薄膜との接触面)近傍で収縮が起きやすいと考えられ、硬さや表面性状の変化が平面基板に比べて大きいと考えられる。これらより、2回目が転写できない原因には加熱が大きく影響していることがわかった。今後、1回目の加熱温度を低くし硬化を抑制することや、2回目のスタンプと薄膜の離型性をより高めることが解決策として考えられる。

#### 5. 結言

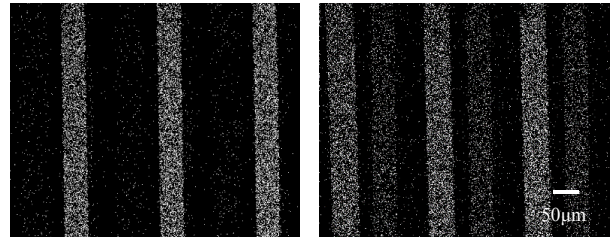
本研究では、2次元基板への2回転写において本実験条件(圧力)の範囲ではAuとCuの両方で可能であることを明らかにした。また、加工基板においては加熱により基板に影響があることを明らかにした。

#### 参考文献

- 1) L. Ge et al., *Microelectronic Engineering*, **97**, (2012), 289.
- 2) T. Yamashita, et al., *International Journal of Precision engineering and manufacturing*, **15** (2014), 2581.
- 3) 忍足ほか, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (2012), pp. 909-910



(a) Au, Cu



(b) Au

(c) Cu

Fig. 5 SEM and EDX analysis of transfer-printed film.

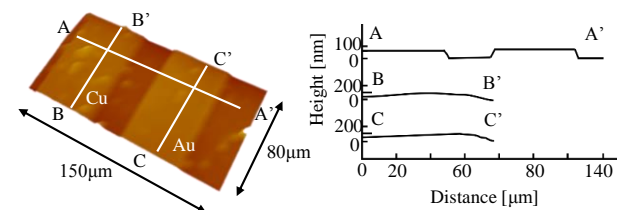
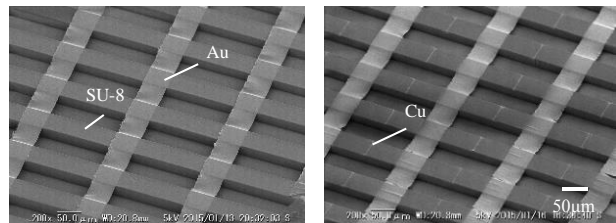


Fig. 6 AFM image of substrate surface.



(a) 1st TP

(b) 2nd TP

Fig. 7 SEM image of multi transfer print.

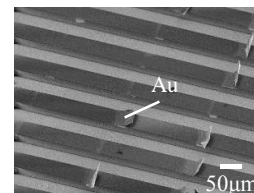
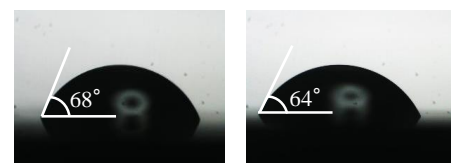


Fig. 8 Transfer-print on pre-heated SU-8 substrate.



(a) Before

(b) After

Fig. 9 Contact angle of SU-8 surface.