

# マイクロ金型による微細転写加工技術に関する研究（第3報）

## － 樹脂フィルムへの熱転写加工技術 －

山田 博之・阿部 治・小松 利安\*・石黒 輝男\*・佐野 正明\*・勝又 信行\*

### Study on Transcription Molding of Micro-pattern using Microdie (3rd Report)

#### - Melt-transcription-molding of Micro-pattern to Resin Film Surface -

Hiroyuki YAMADA, Osamu ABE, Toshiyasu KOMATSU\*, Teruo ISHIGURO\*, Masaaki SANOn\* and Nobuyuki KATSUMATA\*

### 1. 緒 言

近年、マイクロテクノロジーは様々な分野への応用が期待されている。しかし、多くのマイクロ部品は、各種微細加工機を用いた小ロット加工によって製造されている場合が多く、材料を直接除去加工するため製造コストが高くなってしまふ。そこで、今後は微細転写加工のような量産化技術の必要性が高くなると考えられる。現在、半導体製造技術を応用したマイクロ金型の作製技術に関する研究、ホットエンボス法やインプリント法などの転写加工技術に関する研究が盛んに行われている。しかし、実用化にはまだ多くの課題が残っている。

本研究では、数十  $\mu\text{m}$  から数百  $\mu\text{m}$  の微細形状を有するマイクロ流体デバイスや光学フィルタなどのようなマイクロ部品の加工を主な目的とした。共同研究者である山梨県工業技術センターではガラスへの微細転写加工技術を検討した。一方、当機関では樹脂材料への微細転写加工技術を検討した。第1報と第2報では、転写加工実験用の金属製薄板積層マイクロ金型や、複数の立体微細形状を有するグラッシーカーボン(ガラス状炭素材料)製マイクロ金型を作製し、ポリカーボネートへの熱転写加工条件と転写加工状態との関係を調べた<sup>1), 2)</sup>。本報では、撥水性や耐薬品性に優れたフッ素樹脂フィルムへの熱転写加工条件と転写加工状態との関係を調べたので報告する。なお、本報では山梨県富士工業技術センターで得られた結果のみを報告する。

### 2. 実験方法

#### 2-1 金属薄板積層によるマイクロ金型

リブや溝などの微細形状と転写加工性との関係を調べることを目的として、金属薄板積層による転写加工実験用マイクロ金型を作製した<sup>1)</sup>。作製したマイクロ金型の電子顕微鏡観察写真を図1に示す。金型の微小リブは、高さが約  $95\mu\text{m}$  で、幅がそれぞれ  $100\mu\text{m}$ ,  $50\mu\text{m}$ ,  $20\mu\text{m}$  であり、溝幅すなわちリブ間隔は  $100\mu\text{m}$ ,  $50\mu\text{m}$ ,  $20\mu\text{m}$  である。角RやスミRは小さく、また表面粗さもリブの寸法に対して小さいので、転写性を検討する転写加工実験用マイクロ金型として利用できると考えられる。

#### 2-2 グラッシーカーボン製マイクロ金型

グラッシーカーボンには、東海カーボン(株)製 GC-20SS を用い、表面を研磨加工によって鏡面に仕上げた材料を使用した。レーザには、アブレーション加工が可能で微細加工に適した紫外線レーザを用いた。立体的な微細形状の作製を目的として、フォトリソグラフィによるパターン化、アノード酸化、化学エッチングを組み合わせたアルミ薄膜形成プロセス<sup>3), 4)</sup>を利用してレーザ加工用マスクを簡易に作製した。一辺が約  $200\mu\text{m}$ 、高さが約  $12\text{nm}$  の四角錐形状のアルミ薄膜を市松模様で成膜したマスクを簡易的なハーフトーンマスクとして用い、レーザ透過率を変化させてエキシマレーザの強度分布を整形することによって、グラッシーカーボンに立体的な微細形状を加工した。グラッシーカーボン表面の  $1\text{mm} \times 1\text{mm}$  の領域に複数の立体微細形状を加工した例を図2に示す。立体微細形状は、幅  $20 \sim 30\mu\text{m}$ 、高さ  $10 \sim 50\mu\text{m}$  の突起形状である。

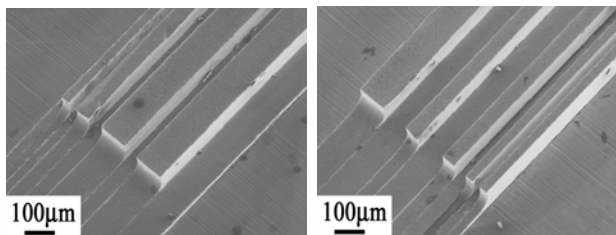


図1 金属薄板積層による転写加工実験用マイクロ金型

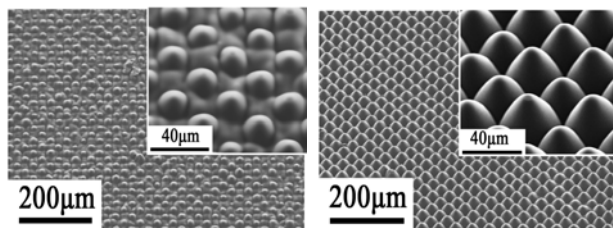


図2 グラッシーカーボン製マイクロ金型の例

\* 山梨県工業技術センター

### 2-3 フッ素樹脂フィルムへの熱転写加工実験

撥水性や耐薬品性に優れたフッ素樹脂フィルムへの熱転写加工実験を行った。熱可塑性フッ素樹脂である厚さ250 $\mu\text{m}$ のFEPフィルムに、表1に示す加工条件で熱転写加工を行い、加工条件と転写加工状態との関係を調べた。

表1 熱転写加工条件

加工装置	新東工業(株)製 精密ホットプレス CYPT-L
ステージ温度	220, 230, 240, 250 $^{\circ}\text{C}$
転写圧力	0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5 MPa
加熱加圧時間	15, 30, 60, 120, 180, 240 sec
冷却時間	300 sec
被加工材料	フッ素樹脂ネオフロンFEP, 厚さ:250 $\mu\text{m}$

## 3. 結果および考察

### 3-1 微小リブ・微小溝の転写加工

図1に示す金属製薄板積層マイクロ金型を用いて、厚さ250 $\mu\text{m}$ のFEPフィルムに、表1に示す加工条件で熱転写加工を行った例を図3に示す。

加工条件と転写加工状態との関係を検討した結果、十分な軟化温度である230~250 $^{\circ}\text{C}$ の領域では、ステージ温度が高くなるほど転写性が向上し、熔融開始温度より少し低い温度の250 $^{\circ}\text{C}$ の時に幅20 $\mu\text{m}$ 、高さ約95 $\mu\text{m}$ の微小リブ・溝が転写加工できた。なお、温度条件の設定には樹脂流動評価装置フローテスタの測定結果を活用した。また、ステージ温度250 $^{\circ}\text{C}$ の場合、転写圧力が高くなるほど転写性が向上し、4.5MPa以上で幅20 $\mu\text{m}$ 、高さ約95 $\mu\text{m}$ の微小リブ・溝が転写加工できた。一方、設定温度に達した金型を樹脂材料に押し付けて加熱加圧する時間については、温度と圧力が転写加工に十分な加工条件であれ

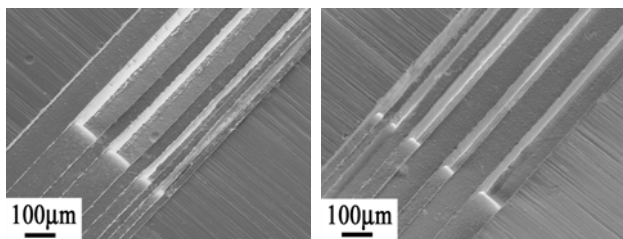


図3 FEPフィルムへの微小リブ・溝の熱転写加工例

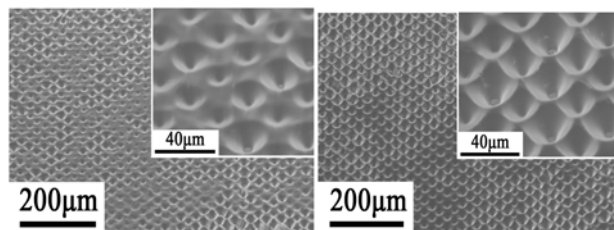


図4 FEPフィルムへの立体微細形状の熱転写加工例

ば、加熱加圧時間が約30sec以上における転写性には大きな変化はみられなかった。FEPフィルムへの転写加工の場合、温度や圧力の条件に比べて時間の影響は小さいと考えられる。また、加工後のフィルムに反りなどが残ることや、金型表面が変色してしまうことが今後の検討課題である。

### 3-2 立体微細形状の転写加工

図2に示すグラッシーカーボン製マイクロ金型を用いて、厚さ250 $\mu\text{m}$ のFEPフィルムに、ステージ温度を250 $^{\circ}\text{C}$ 、転写圧力を4.5MPa、加熱加圧時間を60secに設定して熱転写加工を行った例を図4に示す。金型に加工した幅20~30 $\mu\text{m}$ 、高さ10~50 $\mu\text{m}$ の複数の立体微細形状を、FEPフィルム表面に転写することができた。

## 4. 結 言

金属製薄板を積層させた転写加工実験用マイクロ金型、およびグラッシーカーボンを用いたマイクロ金型の作製を検討し、さらに撥水性や耐薬品性に優れた熱可塑性フッ素樹脂FEPフィルムへの熱転写加工を試みた。熱転写加工条件と転写加工状態との関係を調べた結果、温度と圧力の条件が重要であることがわかった。温度250 $^{\circ}\text{C}$ 、圧力4.5MPa以上、加熱加圧時間が約30sec以上の加工条件で、幅20~100 $\mu\text{m}$ 、高さ約95 $\mu\text{m}$ の微小リブ・微小溝や、幅20~30 $\mu\text{m}$ 、高さ10~50 $\mu\text{m}$ の複数の立体微細形状を、FEPフィルムに同時に転写加工できることがわかった。今後はマイクロ流体デバイスや光学フィルタなどのようなマイクロ部品の量産化技術への応用を検討していきたい。

共同研究者である山梨県工業技術センターの検討結果など詳細な研究結果については、山梨県総合理工学研究機構研究報告書第8号にて報告する。

研究の遂行にあたり、東洋大学 吉田善一教授、寺田信幸教授には多大なご指導とご協力をいただき、厚くお礼申し上げます。

### 参考文献

- 1)山田博之, 他: 山梨県富士工業技術センター平成22年度業務・研究報告, P.70 (2011)
- 2)山田博之, 他: 山梨県富士工業技術センター平成23年度業務・研究報告, P.78 (2012)
- 3)勝又信行, 他: 表面技術, Vol.59, No.5, P.333 (2008)
- 4)山田博之, 他: 2011年度精密工学会春季大会学術講演論文集, P.161 (2011)