

# マイクロ金属構造体形成に関する研究と金型への応用

北 垣 寛<sup>\*1</sup>  
宮 内 宏 哉<sup>\*2</sup>  
國 松 真 也<sup>\*3</sup>  
北 田 良 二<sup>\*3</sup>

## [要 旨]

金型母材上に直接、フォトリソグラフィによりレジストパターンを形成後、めっき加工によりマイクロ金属構造体を形成する新規プロセスを検討した。レジスト加工工程では、フィルムレジストを使用することで金型母材上に直接レジストパターンを形成することを可能とした。工程条件を最適化した結果、65mm×50mm（厚さ10mm）の金型母材上に最小寸法100 $\mu\text{m}$ 角（深さ30 $\mu\text{m}$ ）のキャビティ構造体等を形成することができた。製作した金型は、射出成形やホットエンボス加工などの樹脂成形金型へ活用することが可能である。

## 1 緒 言

電子部品の高機能化、高性能化、微細化に伴い、これらを構成する部品を生産するための金型には、ますます微細な加工が求められている<sup>1)</sup>。従来、金型は切削加工、研削加工、放電加工を代表とする機械加工により製作されてきたが、要求される金型キャビティ構造の微細化に対して、従来の機械加工だけではすべてに対応できない状況が生じており、新たな加工方法の開発が急がれている。

こうした中で、X線リソグラフィやイオンエッチング法などにより、あらかじめ微細な凹パターンを基板表面に形成し、これを母型として数百 $\mu\text{m}$ 程度の厚めっき（電鍍）により複製した金属板（スタンパー）を金型上に接合して成型型を製作する方法が開発されている<sup>2)~5)</sup>。これらの加工方法により、アスペクト比の高い微細な構造体を形成す

ることが可能であるが、スタンパー裏面の研磨加工が必要な上、スタンパーと金型との接合時の位置合わせや、厚めっきの内部応力等機械特性の制御に課題がある。

そこで、本研究では、これまで我々が検討してきたマイクロ金属構造体の形成方法<sup>6)~7)</sup>を応用するとともに、金属などの金型母材上に直接めっきすることにより微細金属パターンを形成する方法を検討した。その結果、金型母材と微細金属パターンとの接合界面に中間層を形成する工程を導入すること、及び中間層上へのレジストパターンの形成条件を最適化することにより、微細で立体的なパターンを有し、かつ、金型母材と微細パターンとの接合部が樹脂の成形加工に十分な密着強度を持つ樹脂成形金型の製作が可能となった。なお、この加工方法は、スタンパーと金型との接合工程が不要となるとともに、大型の加工設備を必要としないこと、電鍍時間が短縮できることなど、製造コストの低減にも優位性がある。

\* 1 応用技術室 主任

\* 2 応用技術室 技 師

\* 3 TOWA株式会社

## 2 成形金型の加工

### 2.1 加工工程の概要

加工工程の概要を図1に示す。

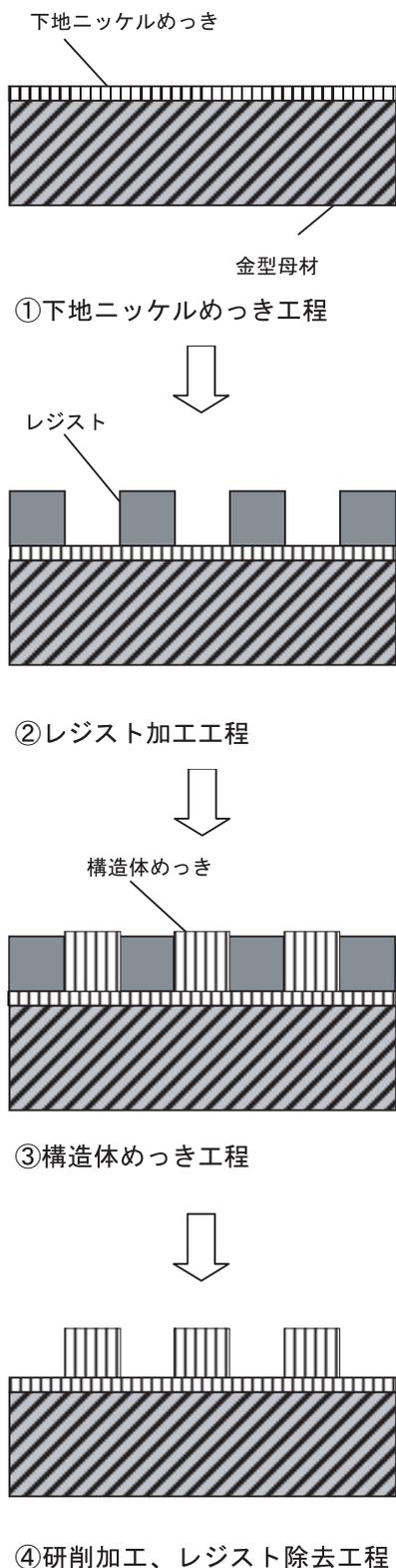


図1 加工工程の概要図

### 2.2 金型母材

金型母材は、成形金型として汎用されているダイス鋼 (SKD11; 65mm×50mm、厚さ10mm) を用いた。ニッケルめっき工程前に市販の脱脂液により十分に脱脂を行った

### 2.3 ニッケルめっき工程

ニッケルめっき工程は2工程とし、各めっき工程前には、前処理としてストライクめっきを行った。第1のめっき工程は、樹脂成形時の樹脂と、形成する微細ニッケルめっき構造体の凹部底面との離型性を確保するための下地ニッケルめっき工程及びその前処理とした。第2のめっき工程は、レジスト加工後に微細ニッケルめっき構造体を目的の高さまで形成する構造体めっき工程とその前処理とした。各ニッケルめっき工程の条件を表1に示す。

なお、ニッケルめっきには、山本鍍金試験器社製シリコンウエハ用めっき実験装置 (A-52) を使用した。被めっき物である金型母材の外周部への(電解集中による)めっきの盛り上りを回避するため、被めっき物と陽極板との中間位置に26mm×26mmの穴を中央部に設けた遮蔽板を設置した。

### 2.4 レジスト加工工程

第1のニッケルめっき工程により形成した下地

表1 めっき浴組成とめっき条件

	第1のめっき工程	第2のめっき工程
スルファミン酸ニッケル	37.5g/L	37.5g/L
ホウ酸	3.0g/L	3.0g/L
ラウリル硫酸ナトリウム	0.3g/L	0.3g/L
pH	4.5	4.5
浴温	50℃	50℃
電流密度	9.2A/dm <sup>2</sup>	6.0A/dm <sup>2</sup>
析出時間	5分間	120分間

ニッケルめっき上に、厚み $50\mu\text{m}$ のネガ型フィルムレジスト（東京応化工業製 TR450）を貼り付けた。 $100^\circ\text{C}$ で短時間加熱した後、露光装置（ミカサ社製：MA-20型）を用い、クロムパターンを有するガラスマスクを介して紫外線露光（照度 $16.5\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）した。その後、 $1\%\text{Na}_2\text{CO}_3$ 水溶液を用いて現像し、純水で洗浄後、ドライヤーで乾燥させた。

当初、数 $100\mu\text{m}$ 幅のレジストパターンの形成は可能であったが、目標とする $100\mu\text{m}$ のパターンを安定して形成することはできなかった。そのため、L12直交表を用いて、基板前処理、レジスト貼付、露光、現像、乾燥の各レジスト加工工程のうち、パターン形状への影響が大きい因子を調査し、パターン転写性に影響の大きい因子と水準を整理して適切な条件を設定した。

その結果、目標とする $100\mu\text{m}$ 角パターンの安定した形成が可能となった。また、図2に示すとおり、最小 $30\mu\text{m}$ 角パターンの形成も可能となった。

## 2.5 微細金型加工

金型母材上のフィルムレジスト加工後、第2ニッケルめっき工程により、現像でフィルムレジストが除去された部分にニッケルを $50\mu\text{m}$ 析出した後、研削加工によりめっき高さを均一化した。めっき析出後に不要となったフィルムレジストは、剥離液（東京応化工業社製 PMER Stripper PS 50%  $40^\circ\text{C}$ ）に20分間浸漬することで除去した。当該プロセスで加工した $100\mu\text{m}$ 角の凹構造金型の顕微鏡写真を図3に示す。

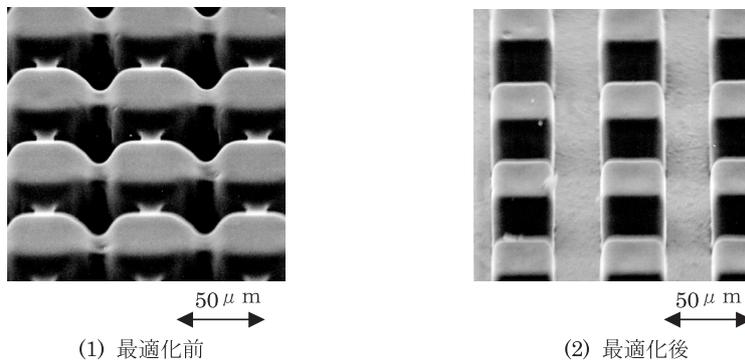


図2 レジスト加工後の $30\mu\text{m}$ パターンの電子顕微鏡写真（ $45^\circ$ 傾斜）

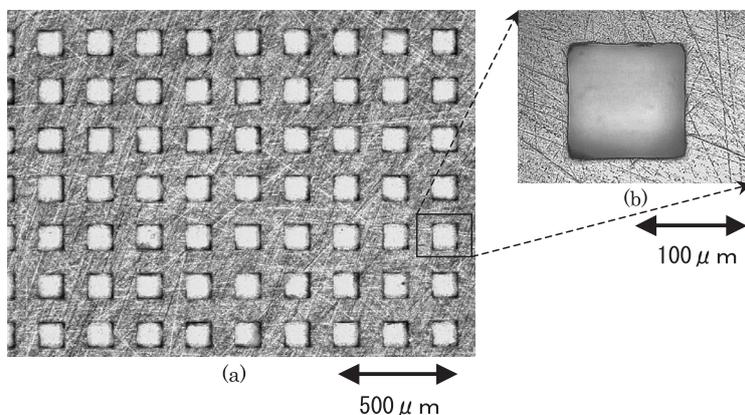


図3  $100\mu\text{m}$ 角の凹構造金型の顕微鏡写真  
(a)：概観 (b)：拡大

### 3 成形実験

試作した金型を用いて、ホットエンボス法によるプラスチック樹脂（PMMA）への転写成形実験を行った。表2に成形条件を、図4に成形品の顕微鏡写真を示す。金型の微細構造は概ね良好に転写されている。しかし、凸形状の隅部に傷の存在が見られた。金型凹部に残留しているレジストが転写されたものと思われる。レジストを完全に除去する方法が検討課題として残った。

表2 成形条件

成形温度	180℃（離型温度50℃）
荷重	4000N
加圧時間	10分
雰囲気	大気
試料サイズ（PMMA）	20mm×20mm、厚さ1mm

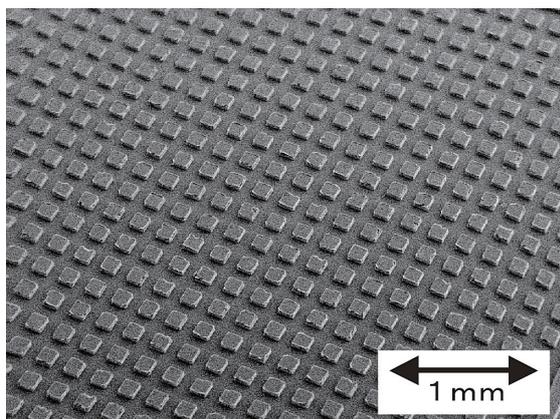


図4 成形品の電子顕微鏡写真

### 4 結論

金型母材上に直接めっきすることにより微細金属パターン形成を検討した。金型母材と微細金属パターンとの接合界面に中間層を形成する工程を導入すること、および中間層上へのレジストパターンの形成条件を最適化することにより機械加工では形成することが困難な微細で立体的なパターンを有し、かつ、実用的な樹脂成形金型の加工が可能となった。（特許出願済）

### 文献

- 1) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合機構；平成15年度部材創製加工技術における既存技術及び市場将来性に関する調査 成果報告書, 8 (2004)
- 2) マイクロマシン技術総覧編集委員会；マイクロマシン技術総覧, 365 (2003)
- 3) 江刺正喜；マイクロマシン, 61 (2002)
- 4) 手塚信哉, 宮川久行；特開平5-4232
- 5) 光量子科学技術推進会議；実用シンクロトロン放射光, 221 (1997)
- 6) 北垣寛；京都府中小企業総合センター技報,32,52 (2004)
- 7) 北垣寛,宮内宏哉, 松本賢治,廣田敦司,北田良二；京都府中小企業総合センター技報,32,79 (2004)