

# ガス透過性金型を用いる医薬品材料のナノインプリント加工技術



研究代表者

竹井 敏 富山県立大学工学部医薬品工学科 教授

共同研究者

花畑 誠 富山県立大学工学部機械システム工学科 客員教授

## 1. 研究の背景と達成目標

ナノインプリントは接触プロセスであるため、金型（モールド、テンプレート）と被転写材の間に、気泡、希釈溶媒、及び分解ガスが生じると、転写形状の欠陥やモールドの破損を引き起こす課題があった。

金型にガス透過性を付与することで加工欠陥を改善し、被転写材に希釈溶媒や分解ガスが生じる分子系の使用が可能となる研究の狙いがあった。達成目標・マイルストーンを以下に示す。

達成目標：ガス透過性金型の特性改善

- ① 転写成功回数（耐久性）の向上：50回（当初）→ 100回以上（目標）
- ② 大面積化：直径1cm（当初）→ 直径10cm（目標）
- ③ 実用化：試作品提供無し（当初）→ 試作品提供数2機関以上（目標）

## 2. 主な研究成果と社会、学術へのインパクト

- ① 転写成功回数（耐久性）の向上：100回以上（目標達成）  
ガス透過性金型の架橋密度改善と離型添加剤の導入が鍵となった。
- ② 大面積化：直径10cm（目標達成）  
量産化に対応できるガス透過性大型金型の製造法を開発した。
- ③ 実用化：試作品提供数3機関（目標達成）  
ガロンスケールでガス透過性金型を合成し、試作品を3機関に提供した。

## 3. 研究成果

植物の多孔質分子構造とガス透過メカニズム解析を活用して、耐久性に優れ、大面積化が可能なガス透過性金型の試作品を提供し、高付加価値電子材料の実用化の目途をつけた。研究結果は県内金型メーカー、抗菌性プラスチックメーカー、富山県産業技術研究開発センター、県外装置・機械・化学メーカー、及び財団等合計12機関から研究支援が得られる比較的大規模な開発体制を構築できた。

○ 石英や金属等の非ガス透過性既存金型  
ガス透過性を有しない既存金型 → ナノインプリント → 被転写材 → テンプレート破損 → 圧縮 → ② モールド破損 → 成型不良 → ① 空隙、気泡発生

○ ガス透過性金型  
ナノ空隙部分を利用したガス透過性金型 → ナノインプリント → 空気のかみ込み低減が可能 → 圧縮 → ① 空隙、気泡発生

利点：1. 成型不良の改善  
2. 成型時間の短縮  
3. 複雑な製品設計が可能  
4. 揮発性物質含有材料が成型可能  
5. 離型抵抗の低下  
6. 流動解折通りの成型が可能

ガス透過性なし石英（比較例） ガス透過性あり金型（実施例）  
成形不良あり 成形不良なし  
Appl. Phys. Express, 12 (2019) 1-5, <https://doi.org/10.7567/1882-0786/ab050e>

日刊工業新聞 東芝、主要4事業分社 4・25号 7月23日  
日刊工業新聞1面 (平成29年4月25日)

## 4. 今後の展開

本研究成果物であるガス透過性金型の主成分を高度利用することにより、周辺関連派生電子材料「有機溶媒を全く不要とする環境配慮リソグラフィ用水塗布・水現像マイクロパターニング材を有償譲渡し、事

業化の目途をつけた。プラスチック基板の上にマイクロ加工できる利点がある。本研究成果の社会還元を進め、諸外国の主要大学に比べ劣ると言われる我が国の実用化研究の存在意義を高める。

Water soluble resist

1, Water spin-coating

2, UV irradiation

3, Water development

Edible pharmaceutical polymer film

10mm

Non-damage (Patterning success)

Organic solvent soluble resist

1, Organic solvent spin-coating

2, UV irradiation

3, Solvent and alkaline development

10mm

Contamination iss (No patterning)

Satoshi Takei: Appl. Phys. Express, 11 (2018) 086501.

光架橋反応基

CH<sub>2</sub>O(CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O)<sub>2</sub>X-CF<sub>3</sub>

HO (CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O)<sub>2</sub>R

O(CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O)<sub>2</sub>X-CF<sub>3</sub>

CH<sub>2</sub>OR

OR

CH<sub>2</sub>OR

OR

CH<sub>2</sub>OR

OR

R: -CO-CH=CH<sub>2</sub>

竹井 敏、日刊工業新聞 第1面、平成30年7月3日  
本研究成果から発展した糖鎖関連で実用化達成  
水溶性マイクロパターンニング材料が実用化成功

## 5. 発表実績

- Satoshi Takei: "Fabrication of moth-eye gold nanostructures by nanoimprint lithography using solvent-permeable porous cross-link molds derived from hydroxypropyl-cyclodextrin" Appl. Phys. Express, 12 (2019) 1-5, <https://doi.org/10.7567/1882-0786/ab050e>.
- Satoshi Takei, Shinya Nakajima, Makoto Hanabata: "High-resolution patterning of silver nanopaste containing volatile solvents achieved with gas-permeable mold" Microelectronic Engineering, 190(2018) 68-72.
- Shinya Nakajima, Satoshi Takei, et al.: "Ultraviolet nanoimprint gas-permeable templates derived from cellulose with acrylate and methacrylate groups to reduce void defects" Jpn. J. Appl. Phys., 57 (2018) 086503:1-086503:6.
- Naoto Sugino, Shinya Nakajima, Kento Mizui, Makoto Hanabata, Satoshi Takei: "Characterization of gas permeability of gas permeable metal plate in photo-imprint lithography" Journal of Photopolymer Science and Technology, 31 (2018) 575-580.
- Kento Mizui, Kazuho Kurematsu, Shinya Nakajima, Makoto Hanabata, Satoshi Takei: "Reduction of defect for imprinted UV curable resin including volatile solvents using gas permeable mold derived from cellulose" Journal of Photopolymer Science and Technology, 31 (2018) 289-294.
- Seigo Murayama, Ikuo Motono, Kento Mizui, Kenji Kondoh, Makoto Hanabata, Satoshi Takei: "Gas permeable microimprint template derived from cellulose nanofiber derivatives for mechanical properties" accepted to Journal of Nanomaterials, (2019).
- 竹井 敏 (分担執筆) 「ガス透過性モールドを用いたナノインプリント」、応用物理学会ナノインプリント技術ハンドブック編集委員会 監修、ナノインプリント技術ハンドブック、株式会社 オーム社 (2019) 6.14.1-6.
- 竹井 敏、「ポリ乳酸にナノ加工 細菌の培養時間短縮」、日刊工業新聞 第1面、平成29年4月25日 (2017)
- 竹井 敏、「ナノ加工の金型 実用化へ 医療品開発に活用」、北日本新聞 第1面、平成29年5月4日 (2017)
- 竹井 敏、「研究成果を有償譲渡 富山県立大が実用化」、日刊工業新聞 第1面、平成30年7月3日 (2018)