

高硬度離型剤フリー樹脂による反射防止構造を持ったレプリカモールドの転写耐久特性

Durability of replica mold with anti-reflection-structure made by high-hardness release-agent-free UV curable resin

東京理科大学大学院 基礎工学研究科 電子応用工学専攻、○川内 惇矢、谷口 淳

AUTEX 株式会社 日和佐 伸

Tokyo University of Science, Junya Kawauchi, Jun Taniguchi

AUTEX Co., Ltd. Shin Hiwasa

1. はじめに

近年、スマートフォンやタブレット型端末といったディスプレイを有するデバイスの普及により、ディスプレイ表面の反射を抑える反射防止膜の需要が高まっている。現在、一般的な反射防止構造は多層膜型であるが、これらの作製には多くの工程を要し、また斜めからの入射光に対応出来ないといった問題点がある。そこで本研究室では単一膜で生成可能かつ幅広い入射角にも対応可能な反射防止構造の1つであるモスアイ構造に着目した。モスアイ構造は蛾の目を生態模倣したものであり、数百ナノメートルの無数の突起が入射した光をその内部で反射させることにより、反射光との屈折率をゆるやかにすることができる。またモスアイ構造は、ナノパターンの作製において低コスト且つ高スループットであるといった利点を持つ UV nanoimprint lithography (UV-NIL)^[1]を用いて複製が可能であるが、離型の際にかかる力や樹脂の付着により、転写を繰り返すことで起こるモールドの劣化が問題となる。

先行研究^[2]では、モスアイ構造を持ったレプリカモールドは、離型剤フリー樹脂 PARQUET OEX-028-X433-3(AUTEX 株式会社後述“X433-3”)を用いて行った実験において 250 回目の転写物の反射率が 1%を超え、350 回目の転写でレプリカモールドに樹脂が付着してしまっ。本研究では、新開発の高硬度離型剤フリー樹脂を用いてモスアイ構造を持ったレプリカモールドを作製し、その耐久性を評価した。

2. 実験方法

新開発高硬度樹脂を用いたレプリカモールドの作製手順を図 1 に示す。この UV 硬化樹脂は従来の樹脂 X433-3 と比較して高い硬度、撥水性を持ち、繰り返し転写耐久性に期待ができる。また、この樹脂は低表面自由エネルギー成分を含むエポキシ系の樹脂であり、転写後加熱を行うことで低表面自由エネルギー成分がモールド表面に析出し離型性が向上する。この工程によって離型剤への浸漬により金型の離型性を向上させる工程が不要となる。まず初めにモスアイ構造を持った GC マスターモールドに新開発の樹脂を滴下した(Fig.1(a))。新開発の樹脂は UV 硬化中に加熱を加えることでその硬化をさらに促進させることができるため、加圧 0.01 MPa を加えながら 80 °C での加熱中に 50 J/cm² の UV 照射を行った(Fig.1(b))。その後離型し(Fig.1(c))、100 °C・30 分の加熱を行うことでレプリカモールドを作製した (Fig.1(d))。作製されたレプリカモールドを用いて転写樹脂を PAK-01-CL(東洋合成工業株式会社)とし、繰り返し転写による耐久試験を行った。転写耐久試験においては低い加圧をかけて UV-NIL を行うことでレプリカモールドへの負担を軽減する半充填法を用いた^[2]。

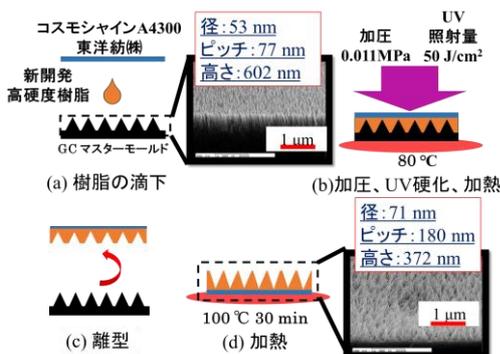


図 1. 新開発高硬度樹脂によるモスアイ構造を持ったレプリカモールドの作製

3. 実験結果

一定転写回数毎の新開発樹脂と従来の樹脂 X433-3 のレプリカモールドの接触角を図 2 に示す。

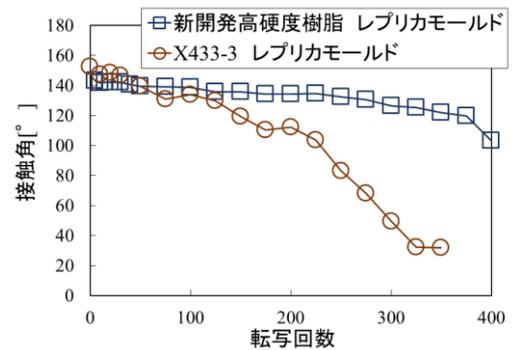


図 2. 一定転写回数毎のレプリカモールドの接触角

図 2 から X433-3 レプリカモールドが 200 回の転写後接触角が落ち始めたのに対して、新開発樹脂のレプリカモールドは 400 回の転写を終えても 120° ほどの高い接触角を維持していた。

図 3 に新開発樹脂のレプリカモールドより転写された 1 回目と 350 回目の転写物の SEM 画像を示す。

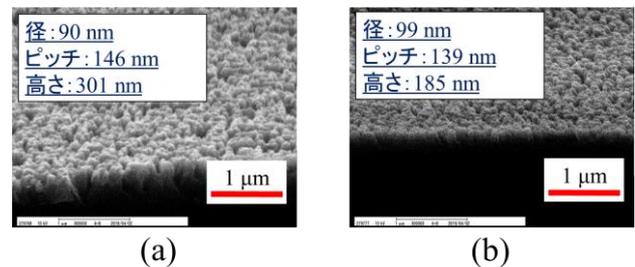


図 3. 新開発樹脂のレプリカモールドの転写物の SEM 観察画像 (a)1 回目転写物、(b)350 回目転写物

新開発樹脂のレプリカモールドの 1 回目の転写物の径、ピッチ、高さは 90 nm、146 nm、301 nm であり、可視光領域の波長 550 nm において反射率は 0.232 % であった。また 350 回目の転写物の径、ピッチ、高さは 99 nm、139 nm、185 nm であり、反射率は 0.943% であった。

4. まとめ

新開発の樹脂は 350 回目の転写まで転写物の反射率を 1%未満に抑え、また高い接触角を維持することができた。レプリカモールドの接触角や転写物の反射率から、新開発の樹脂を持ちいて作製したレプリカモールドは従来の樹脂 X433-3 で作製したものと比較して高い転写耐久性を有していることが分かった。

参考文献

- [1] Stephen Y. Chou, Peter R. Krauss, and Preston J. Renstrom, J. Vac. Sci. Technol. B 14, 4129 (1996)
- [2] Nurhafizah Binti Abu Talip Yusof, Tatsuya Hayashia, Jun Taniguchi, Shin Hiwasa Microelectron. Eng. 141, (2015) 81