

誘電体メタサーフェスの大面積作製の検討： ナノインプリントによる高屈折率樹脂ナノ構造の直接パターンニング

Direct Patterning of High Refractive Index Resin Nanostructures

by Nanoimprinting for Scalable Fabrication of Dielectric Metasurfaces

NTT 先端集積デバイス研, °鴻野 晃洋, 宮田 将司, 橋本 俊和, 小松 武志

NTT Device Technology Labs., °A. Kohno, M. Miyata, T. Hashimoto, T. Komatsu

E-mail: akihiro.kohno.nt@hco.ntt.co.jp

誘電体ナノ構造から構成される光メタサーフェスは、光の位相や偏光状態、波長分散などに対して多様な制御性を有しており、近年では、超薄膜のアクロマティックレンズ[1]や超小型の色分離素子[2]の実現など、新たな光学素子技術として大きく進展している。一方、作製においては、電子ビームリソグラフィとエッチングといった半導体プロセスを用いており、低コストかつ大面積の作製が困難であった。そこで我々は、誘電体メタサーフェスの大面積作製にむけて、光ナノインプリントによる誘電体ナノ構造の直接パターンニングを検討したので報告する。

光ナノインプリントとは、微細構造を有する鋳型（モールド）を液状の光硬化性樹脂に押し付けた後、光硬化することで簡便に微細構造を樹脂に転写する技術である。従来の半導体プロセスと比較して、短時間・少ない工数にて大面積の微細構造を作製できる特長がある。最近、 TiO_2 ナノ粒子を混合した高屈折率樹脂と光ナノインプリントを用いた樹脂製メタレンズの直接作製が報告された[3]。この方法は大面積作製において有望ではあるものの、 TiO_2 は光触媒効果を有するため、光照射により樹脂の大幅な劣化（チョーキング現象）が懸念される。そこで本検討では、光触媒能をもたない ZrO_2 ナノ粒子を分散させた高光耐性の高屈折率樹脂による直接パターンニングを試みた。

高屈折率樹脂は、NTT アドバンステクノロジー製の市販の樹脂をベースに作製した（屈折率 >1.7 @633 nm）。その後、光ナノインプリントを用いて誘電体メタサーフェスのパターンを直接成型した。Fig. 1 に、鋳型となる石英モールドの電子顕微鏡（SEM）像を示す。パターンは、ナノポスト構造（長軸幅 260 nm、短軸幅 140 nm、高さ 750 nm）から構成され、Pancharatnam-Berry 位相[4]に基づく反射型光ビーム偏向素子として設計した。なお、反射型素子として動作させるために、転写先の石英基板上に Al を成膜し、その上に樹脂の微細パターンを形成した。Fig. 2 に、実際に作製した素子の SEM 像を示す。石英モールドと比較し、形状がほぼ同一であることから、樹脂への良好な転写が確認できる。作製した素子の光学特性については、当日発表にて報告する。本検討では、3inch 角の面積における同様のナノインプリント成型についても確認しており、本技術はスケーラブル・簡便な作製技術として期待できる。

Reference

1. W. T. Chen *et al.*, Nat. Nanotechnol. **13**, 220–226 (2018).
2. M. Miyata *et al.*, ACS Photon. **6**, 1442–1450 (2019).
3. G. Yoon *et al.*, in CLEO 2020, paper FTh4B.2 (2020).
4. D. Lin *et al.*, Science **345**, 298–302 (2014).

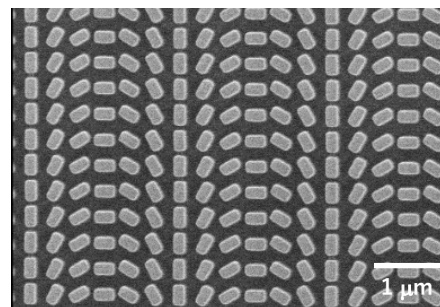


Fig. 1 SEM image of a fabricated SiO₂ mold.

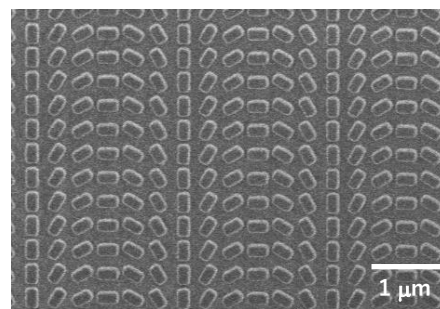


Fig. 2 SEM image of high refractive index resin nanostructures transferred from the mold.