

金スプリットリングナノ共振器配列体の作製に向けた リフトオフ併用光ナノインプリントリソグラフィ

UV nanoimprint lithography involving a lift-off process for fabrication of Au split-ring nano-resonator arrays

東北大多元研¹ Molecular Foundry, Lawrence Berkeley National Laboratory²

○上原 卓也^{1,2}, Giuseppe Calafiore², Scott Dhuey², Stefano Cabrini², 中川 勝¹

IMRAM, Tohoku Univ.¹, Molecular Foundry, Lawrence Berkeley National Laboratory²

○Takuya Uehara^{1,2}, Giuseppe Calafiore², Scott Dhuey², Stefano Cabrini², and Masaru Nakagawa¹

E-mail: masaru.nakagawa.c5@tohoku.ac.jp

【緒言】当研究グループは、線幅 50 nm, ギャップ幅 40 nm を有する金のスプリットリング共振器 (SRR) 配列体が可視光領域の磁場成分と応答を示すことを報告している^[1]。光ナノインプリントリソグラフィ (UV-NIL) による金 SRR 配列体の作製を実現することで、光メタマテリアルの大面積作製や新奇光学素子への展開が期待される。一方、光ナノインプリントで成形したレジストをマスクに用い、金 SRR 配列体を作製した場合、ドライエッチング耐性の脆弱性が原因となり、モールドの設計値 (線幅 54 nm, ギャップ幅 24 nm) と比較して、金 SRR 配列体のギャップ幅が大幅に増加することを示した^[2,3]。本研究では、UV-NIL とリフトオフ法を用い、モールドの設計値に近似した線幅およびギャップ幅を有する金 SRR 配列体の作製を検討した。

【実験】カバーガラス上に 0.06 μm 膜厚の PMMA 薄膜と 0.02 μm 膜厚の SiO_2 層を成膜し、基板として用いた。基板上に光硬化性液体をスピン塗布し、光ナノインプリント成形した。反応性イオンエッチング (RIE) によりインプリント残膜、 SiO_2 層、PMMA 層を除去した。電子線蒸着装置を用いて、Ti 3 nm、Au 20 nm の順に金属蒸着を行った後、PMMA 層を溶剤除去により取り除いた (リフトオフ)。電界放出形走査型電子顕微鏡 (FE-SEM) を用いて、インプリント薄膜とリフトオフ後のサンプルを観察した。

【結果と考察】光ナノインプリント成形した光硬化樹脂薄膜の FE-SEM 像を図 1(a) に示す。線幅 50 nm, ギャップ幅 32 nm の SRR 構造体が観察された。RIE およびリフトオフを行ったサンプルの FE-SEM 像を図 1(b) に示す。光硬化樹脂薄膜に転写された構造体と近似した金 SRR 配列体が観察された。線幅およびギャップ幅はそれぞれ 53 nm および 18 nm であった。PMMA 層の等方的なエッチングによりギャップ幅が減少したと考えられた。光硬化樹脂レジストをマスクとして用いる金のドライエッチングによる作製手法と比較して、本報によるリフトオフ法はサブ 50 nm サイズの金構造体を精密に作製する手法として有望であることが示された。

[1] T. Tomioka, et al., *Appl. Phys. Lett.* **103**, 071104 (2013). [2] T. Uehara, et al., *Chem. Lett.* **42**, 1475 (2013). [3] T. Uehara, et al., *Bull. Chem. Soc. Jpn.* (2017), doi: 10.1246/bcsj.20170280.

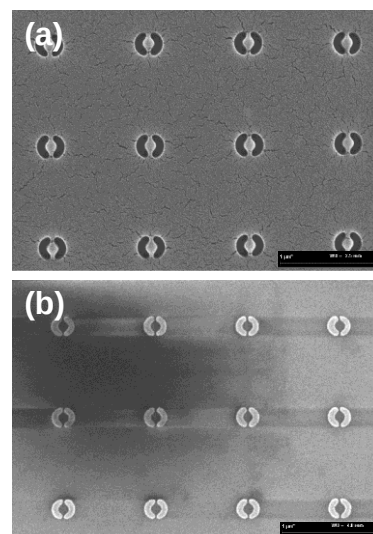


Figure 1. FE-SEM images of (a) UV-nanoimprinted resin films with concave split-ring resonator (SRR) structures and (b) convex Au SRR structures fabricated by UV-NIL involving a lift-off process.