

領域選択的原子層堆積に基づく光ナノインプリントリソグラフィ

UV nanoimprint lithography based on area-selective atomic layer deposition

東北大多元研 °上原 卓也, 尾崎 優貴, 廣芝 伸哉, 中村 貴宏, 中川 勝

IMRAM, Tohoku Univ., °Takuya Uehara, Yuki Ozaki, Nobuya Hiroshiba, Takahiro Nakamura,
and Masaru Nakagawa

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

【緒言】領域選択的原子層堆積(AS-ALD)法^[1]は、基板表面を親水性と疎水性の領域に区画化したのち、親水性表面にのみ反応性無機前駆体を反応させて、逐次化学気相反応を施すことで原子層堆積(ALD)により領域選択的に無機薄膜を成膜する方法である。我々は、光ナノインプリント成形して残膜除去後に得られる有機物パターンをマスクに用い、露出した基板上的金属薄膜表面に ALD により無機薄膜をレジスト膜として領域選択的に成膜し、レジスト無機薄膜を介して有機物残存部をドライエッチングで選択的に除去し、金属薄膜パターンを基板上に作製する領域選択的原子層堆積に基づく光ナノインプリントリソグラフィ法(AS-ALD/UVNIL)を着想した。本研究では、基板上的金属薄膜を膜厚 20 nm の金薄膜とし、原子層堆積により形成される無機薄膜を Al_2O_3 とした方法で、線幅 50 nm の金のスプリットリング共振器(SRR)の配列体の作製を AS-ALD/UVNIL 法で作製できるか検討した。

【実験】モノマーbisphenol A glycerolate dimethacrylate からなるラジカル重合型光硬化性液体 NL-KK1^[2]を調製した。20 nm Au/5 nm Cr/Si 基板に NL-KK1 のパターンを光ナノインプリントにより成形した。酸素反応性イオンエッチング(O_2 RIE)により残膜を除去し [図 1(i)]、無機前駆体に trimethylaluminum (TMA)、酸化剤に H_2O を用いた ALD を 20 サイクル施した [図 1(ii)]。 O_2 RIE により有機物マスクを除去し、次いで Ar イオンミリングにより金をエッチングした [図 1(iii)]。

【結果と考察】AS-ALD/UVNIL で作製された金の SRR 配列体の FE-SEM 像を図 2(a)に示す。線幅 35nm, ギャップ幅約 25nm の金 SRR 構造体が形成されていることがわかった。既報による NL-KK1 をレジストマスクとした UV-NIL^[2]および reverse-tone^[3]で作製した金 SRR 配列体の FE-SEM 像を比較として図 2(b)と 2(c)にそれぞれ示す。有機レジストマスクを直接用いた既報に比べて、AS-ALD/UVNIL で作製した SRR のギャップ幅が小さく、設計値 24 nm に近いギャップ幅を作製できることがわかった。20 サイクルの ALD で形成された金表面の Al_2O_3 薄膜が O_2 RIE および Ar イオンミリングに対して高いドライエッチング耐性を示し、金のドライエッチングマスクとして機能したことが確認できた。X 線光電子分光測定により、金表面に存在するカルボニル基に無機前駆体である TMA が反応して、金薄膜表面に Al_2O_3 が製膜されている形成メカニズムであることがわかった。

[1] R. Chen, et al., *Appl. Phys. Lett.* **86**, 191910 (2005). [2] T. Uehara, et al., *Chem. Lett.* **42**, 1475 (2013). [3] T. Uehara, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **54**, 06FM02 (2015).

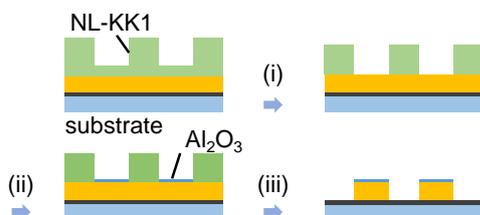


Figure 1. Schematic illustration of UV-NIL based on AS-ALD for fabrication of Au nanopatterns; (i) removal of residual layer underneath organic imprint patterns by O_2 RIE, (ii) 20-cycle ALD on Au, and (iii) selective etching of organic/inorganic hybridized patterns by O_2 RIE and of Au by Ar ion milling.

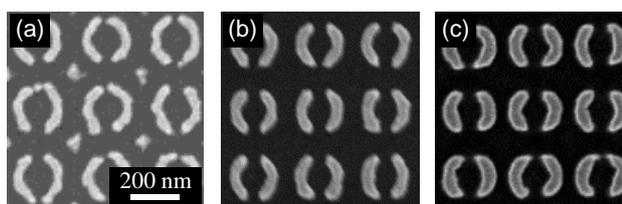


Figure 2. FE-SEM images of Au SRR arrays fabricated by (a) AS-ALD/UV-NIL, (b) UV-NIL with NL-KK1 resist masks^[2], and (c) reverse-tone UV-NIL with NL-SK1 and NL-SU1 as resist layers^[3]. The average gap widths of Au SRRs were (a) 25 nm, (b) 51 nm, and (c) 51 nm.