

HSQ を用いた試作用ナノ金型の検討

安井 学、黒内 正仁、金子 智（電子技術部 電子材料グループ）

1. はじめに

最近、ナノ周期構造体を用いた光学センサや光学フィルターが検討されている。例えば、光の波長の1/4程度のナノ周期構造体に生じる表面プラズモンを用いて、白色光から各周期に対応した色を取り出すカラーフィルターが開発されている¹⁾。

一般的なナノ構造体の作製手順は、電子線描画などのリソグラフィーを用いてドライエッチングマスクを作製する。そして、ドライエッチングによりエッチングマスクの形状を被加工物に転写する。しかしながら、ナノオーダーのリソグラフィーには、非常に高価な装置の使用、レジスト塗布・露光・現像などの工程数が多いなどの理由により、多額の費用がかかる。そのため、リソグラフィーの安価な代替技術として、熱ナノインプリント技術が提案されている。

熱ナノインプリント技術は、1995年に現プリンストン大学教授のS.Y.Chou教授が開発した“ハンコのように金型上の微細な形状を樹脂などの粘弾性体に転写する”技術であり²⁾、パターン転写において金型が重要な役割を果たす。しかしながら、金型の作製には図1に示すように、ナノ構造体の作製工程と同様に多くの工程を要するため、特に金型を頻りに作り直す試作段階では、低コストな加工法が望まれている。

そこで、本研究では、電子線により硬化し、高硬度・高耐熱性を示すSi含有樹脂の一種で水素シルセスキオキサン(Hydrogen Silsesquioxane: HSQ)³⁾に着目して、図2に示すような低コストが期待できる熱ナノインプリント用試作金型を検討したので、その結果を報告する。

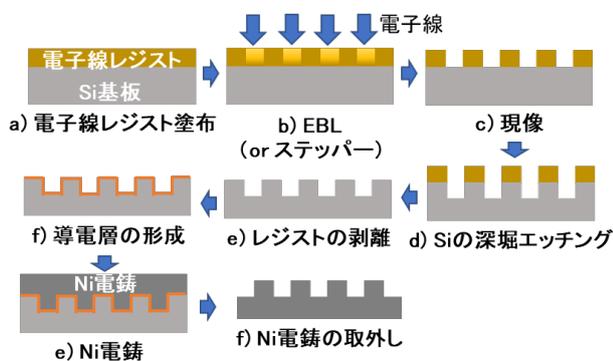


図1 一般的な金型の作製工程

2. 実験方法

本研究で提案するHSQ製試作金型の工程図を図2に示す。HSQには、デュポン・東レ・スペシャルティ・マテ

リアル株式会社製 FOx15を用いた。厚み1mmの4インチシリコン基板の上に4000rpmでFox15を塗布した後、90°Cで2分間プリベイクを行った。その後、ハーフピッチ (hp) が100nm、200nm、300nm、400nmのナノパターンをそれぞれ2mm角一杯に描画した。使用した装置は(株)エリオニクス製ELS-S50である。そして、2.38%の水酸化テトラメチルアンモニウム(Tetramethylammonium hydroxide: TMAH)を用いて、30分間現像し、超純水を用いて洗浄した。

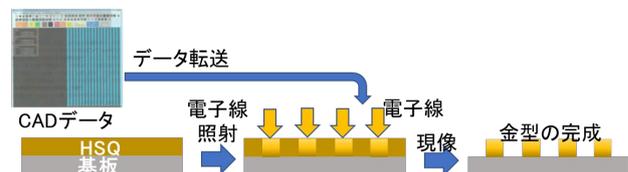


図2 本研究で提案するHSQ製試作金型の工程図

次に、熱可塑性樹脂(micro resist technology GmbH製 mr-I 8020E)を石英基板の上に4000rpmで塗布し、140°Cで2分間プリベイクを行った。そして、HSQ製試作金型を用いて、熱ナノインプリントを行った。

3. 実験結果と考察

HSQ製試作金型の写真を図3に示す。HSQのパターンの高さは図4に示すように0.82μmである。この金型を用いて、熱ナノインプリントを行った。しかしながら、1回目の熱ナノインプリント時にHSQ製試作金型の基材であるシリコン基板に応力集中が生じ、図5に示すように割れてしまった。



図3 HSQ製試作金型

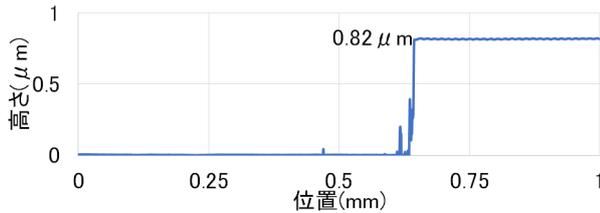


図4 HSQ パターンの高さ

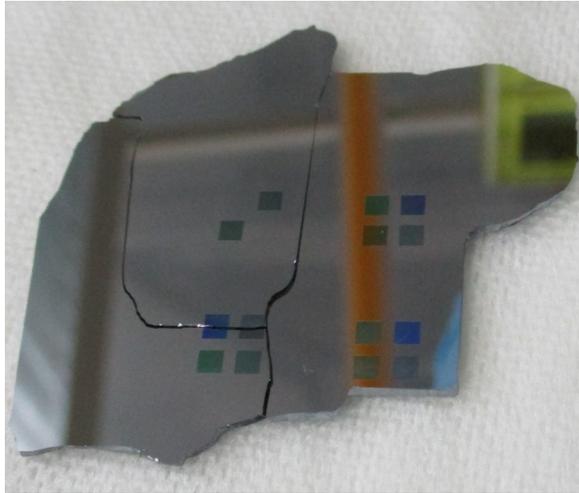


図5 割れたHSQ 製試作金型

小片を集め、熱ナノインプリントを7回繰り返した。6回目の熱ナノインプリントを行ったサンプル写真を図6に示す。また、各寸法における金型と転写したパターンのSEM写真を図7に示す。熱ナノインプリントの条件は、加圧：1MPa、加熱温度：210°C、加圧時間：10分であった。

図6に示すように、ナノパターンの転写部分に欠損が生じた理由として、割れた金型では、十分に加圧できなかった箇所が生じたこと、金型とガラス基板との平行度が低下し、金型が接触できなかった部分が生じたことが考えられる。

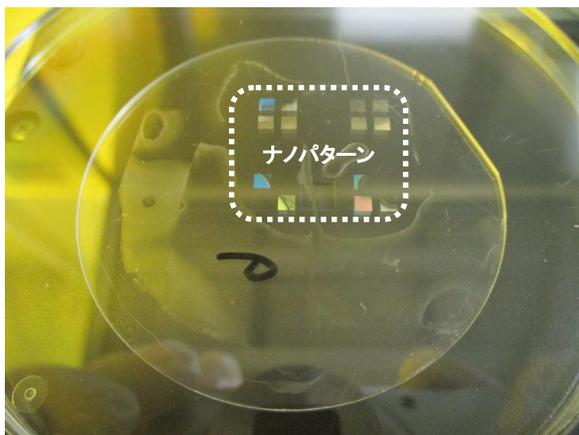
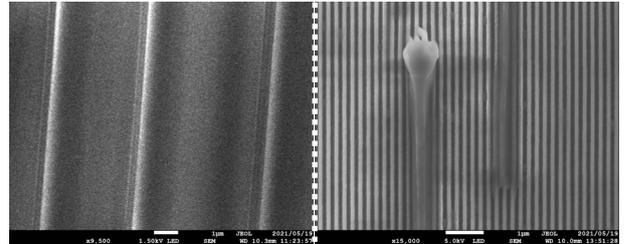


図6 熱ナノインプリントサンプル

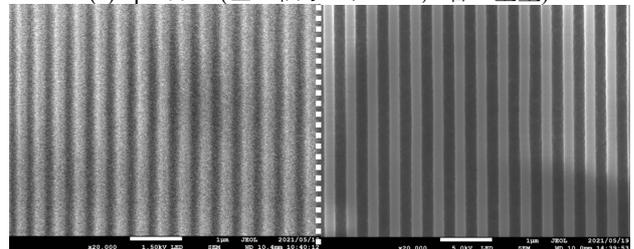
図7において、 $hp: 100\text{nm}$ では、樹脂上のパターンが剥がれ、HSQパターンに食い込んでいた。HSQパターンの高さが約800nmであり、アスペクト比が8と高いため、樹脂上のパターンが抜けにくかったと推察できる。一方、

$hp: 200\text{nm}$ 以上のパターンでは、HSQパターンが樹脂パターンとして転写できていることを確認できた。アスペクト比が小さくなったことにより、樹脂パターンが抜けやすくなったと考えられる。アスペクト比に留意しながらHSQパターンの高さを決める必要がある。

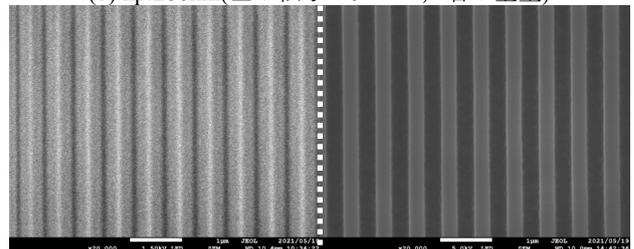
今後は金型の基材を靱性のある金属板に変更し、アスペクト比に留意しながら、本研究内容を更に進展させ、微細加工技術関連の企業支援に活用する予定である。



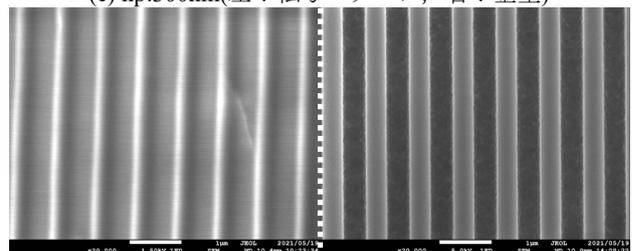
(a) $hp:100\text{nm}$ (左：転写パターン，右：金型)



(b) $hp:200\text{nm}$ (左：転写パターン，右：金型)



(c) $hp:300\text{nm}$ (左：転写パターン，右：金型)



(d) $hp:400\text{nm}$ (左：転写パターン，右：金型)

図7 各寸法における金型と転写したパターンのSEM写真

【参考文献】

- 1) S. Yokogawa, S. P. Burgos, and H. A. Atwater, *Nano Lett.*, **12**, 4349 (2012).
- 2) 松井真二, 古室昌徳：ナノインプリントの開発と応用 (CMC 出版, 2005) p. 1.
- 3) M. Yasui, Y. Sugiyama, M. Takahashi, S. Kaneko, J. Uegaki, Y. Hirabayashi, K. Sugimoto, R. Maeda, *Jpn J. Appl. Phys.*, **47**, 5167 (2008).