

Oral presentation | 7 Beam Technology and Nanofabrication : 7.3 Micro/Nano patterning and fabrication

📅 Wed. Sep 20, 2023 9:00 AM - 11:15 AM JST | Wed. Sep 20, 2023 12:00 AM - 2:15 AM UTC | 🏢 A501 (KJ Hall)

[20a-A501-1~8] 7.3 Micro/Nano patterning and fabrication

Jiro Yamamoto(Hitachi), Jun Taniguchi(Tokyo Univ. of Sci.)

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[20a-A501-1] Field Distortions of Stereophonic Projection Lithography Using Parabolic Mirrors and Their Influences on Patterning Characteristics

○Toshiyuki Horiuchi¹, Jun-ya Iwasaki¹, Hiroshi Kobayashi¹ (1.Tokyo Denki Univ.)

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[20a-A501-2] Fundamental study on lithographic characteristics of metal resists for photo- and electron beam lithography

○Hiroki Yamamoto¹, Takahiro Kozawa² (1.QST, 2.SANKEN,Osaka Univ.)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[20a-A501-3] Formation of Silicone Microcup Array Structures with Entrapped Ionic Liquids

○Masayuki Okoshi¹, Kaede Iwasaki¹ (1.NDA)

◆ Presentation by Applicant for JSAP Young Scientists Presentation Award

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[20a-A501-4] Relationship between number of ion irradiations and morphology of surface structures on SiC substrate

○Kenichiro Yoshiura¹, Naoto Oishi¹, Noriko Nitta¹ (1.Kochi Univ of Technology)

10:15 AM - 10:30 AM JST | 1:15 AM - 1:30 AM UTC

[20a-A501-5] Molecular dynamics study of early stages of development process for negative type resists in electron beam lithography

○(M1)Ryuki Tanaka¹, Kaito Ymada¹, Masaaki Yasuda¹ (1.Osaka Metropolitan Univ.)

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[20a-A501-6] Non-residual-layer nanoimprint using silver ink without vacuum process

○Yuri Nakamura¹, Jun Taniguchi¹ (1.Tokyo Univ. of Sci.)

◆ Presentation by Applicant for JSAP Young Scientists Presentation Award

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[20a-A501-7] Nano-Periodic Pattern Formation on polylactic acid sheets by thermal nanoimprinting

○Ryuka Umemoto¹, Yuta Kitamura¹, Satoru Kaneko^{2,1}, Mamoru Yoshimoto¹, Akifumi Matsuda¹ (1.Tokyo Tech, 2.KISTEC)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[20a-A501-8] The method to create a stencil mask using a bridge structure

○Hibiki Tamura¹, Yusuke Murakami¹, Jun Taniguchi¹ (1.Tokyo Univ. of Science)

放物面鏡立体投影露光のフィールド歪とパターン形成への影響

Field Distortions of Stereophonic Projection Lithography Using Parabolic Mirrors and
Their Influences on Patterning Characteristics

東京電機大工 ◯堀内 敏行, 岩崎順哉 小林 宏史

Tokyo Denki Univ. Toshiyuki Horiuchi, Jun-ya Iwasaki, Hiroshi Kobayashi

E-mail: horiuchi@cck.dendai.ac.jp

1. まえがき

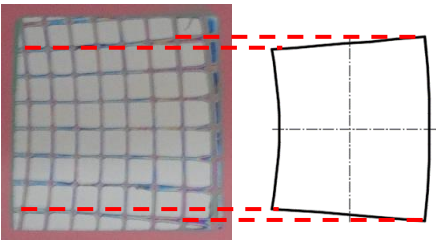
回転放物面鏡を対向させた光学系により立体面上の原図パターンを同じ形状の被露光立体面上に一括投影露光するリソグラフィ技術を研究中である。パターンの鮮明度向上と形成範囲拡大のため、波長 405nm の発光ダイオードコリメート光源による片側からの照明を採用している関係で、フィールド歪が生じる。そこで、実験と光線追跡により歪の特徴を把握し、パターン形成との関係を検討した。

2. フィールド歪とその影響の検討

図 1 に示すように、下ミラー開口内に置いた透過フィルムレチクルを仰角 55° で右下から左上向きに照明し、ポジ型レジスト OFPR800 (東京応化工業)を約 1μm 厚さに塗布して上ミラー開口上に置いたシリコンウエハにレチクルパターンを投影転写した。レチクルパターンを 2mm ピッチ、200μm 線幅の格子とし、上ミラー開口を遮光テープで長方形にして露光範囲を調整した。その結果、図 2 に示ように、格子は湾曲した台形形状となった。格子のピッチは右に行くほど大きくなっている。また、上下方向については、外へ行くほどわずかずつつ格子間が広がっている。左右方向ほど大きな変化ではなく、目視では、一見ほぼ均一に見える。

また、コリメート光による照明なので、幾何学的な計算で像位置が求められると考え、式を立てて表計算ソフトにより計算した。上記実験の結果と合致する傾向が得られた。

格子形状の変化形態は任意のパターンでも現れ、露光フィールド内全域に同じパターンを



(a) Printed patterns. (b) Calculated shape.
Fig. 2 Patterning result of lattice patterns.

形成すれば、パターン線幅に同様の傾向の分布が現れると思われた。そこで、10mm 角内に 200μm の 1:1 ライン&スペースパターンを上下方向に形成したレチクルを用いて転写した。フィールド中央で縦横に測定した線幅を図 3 に示す。格子の歪と同様に、線幅は右ほど太くなる一方、上下方向にはほぼ一定となった。

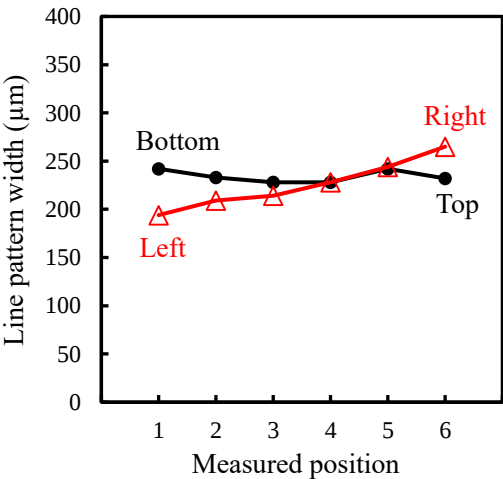


Fig. 3 Distribution of pattern width in the field.

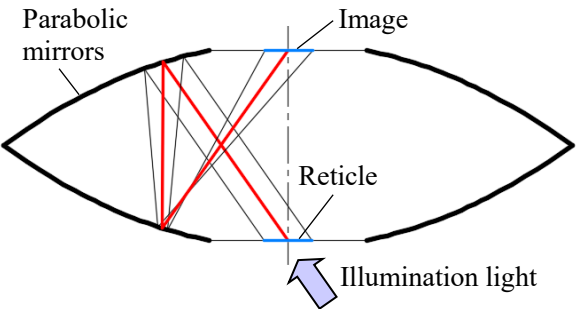


Fig. 1 Projection optics using parabolic mirrors.

3. まとめ

現状の立体投影光学系の歪を大略把握できた。パターン線幅に歪を反映した分布が出るので要注意であり、照明角度、高さ位置の影響など、更なる検討が必要である。

本研究の一部は科研費 C 20K05293、湘南インスツルメンツの奨励寄付、ジェイアイエンジニアリングの共同研究資金により行った。

1) T. Horiuchi, J. Iwasaki, and H. Kobayashi, JJAPJ 61, SD1042 (2023).

フォトリソグラフィと電子線リソグラフィのメタルレジストの リソグラフィ特性における基礎研究

Fundamental study on lithographic characteristics of metal resists for photo- and electron beam lithography

量研高崎¹, 阪大産研² [○]山本 洋揮¹, 古澤孝弘²

QST¹, SANKEN, Osaka Univ.²

[○]Hiroki Yamamoto¹, Takahiro Kozawa²

E-mail: yamamoto.hiroki@qst.go.jp

半導体加工技術であるリソグラフィは、コンピュータの更なる高性能化のために必要不可欠な加工ツールである。現在、極端紫外光 (EUV) リソグラフィが実用化されたが、量産ラインにおいて化学増幅型レジストが使用されている。しかしながら、10nm 未満のパターンを加工するのに極めて少ない照射量で、かつ 1 nm 以下の精度で加工することが要求されている。加えて、パターン倒壊に伴う極薄膜化が必要不可欠であるため、十分なエッチング耐性をもつレジストが必要である。それゆえ、メタルレジストなどといった革新的な材料の研究・開発が進められている。本研究では、メタルレジストを合成し、フォトリソグラフィと電子線リソグラフィによるメタルレジストの性能評価を行った。

合成したメタルレジスト溶液を Si 基板上にスピンコートすることで、100 nm の薄膜を形成した。その後、KrF 露光装置、ArF 露光装置、または電子線描画装置で照射し、シクロヘキサンノンで現像し、感度曲線を作製し、メタルレジストの性能評価を行った。

Fig. 1 は Ti からなるメタルレジストの感度曲線である。(a) KrF 露光装置、(b) ArF 露光装置、電子線描画装置で照射した後に、メタルレジストの溶解性が下がることが明らかになった。合成したメタルレジストはネガ型として振る舞うことが明らかになった。また、Ti から成るメタルレジストの感度は KrF 露光装置では 16mJ/cm² であり、ArF 露光装置では 2.5mJ/cm² であった。このように、KrF 露光と ArF 露光のどちらの場合も合成したメタルレジストは高い感度を示した。また、電子線描画装置でパターン加工するとき綺麗なパターンが形成されていることが観測された。このように、合成したメタルレジストは次世代レジスト材料として有望である。

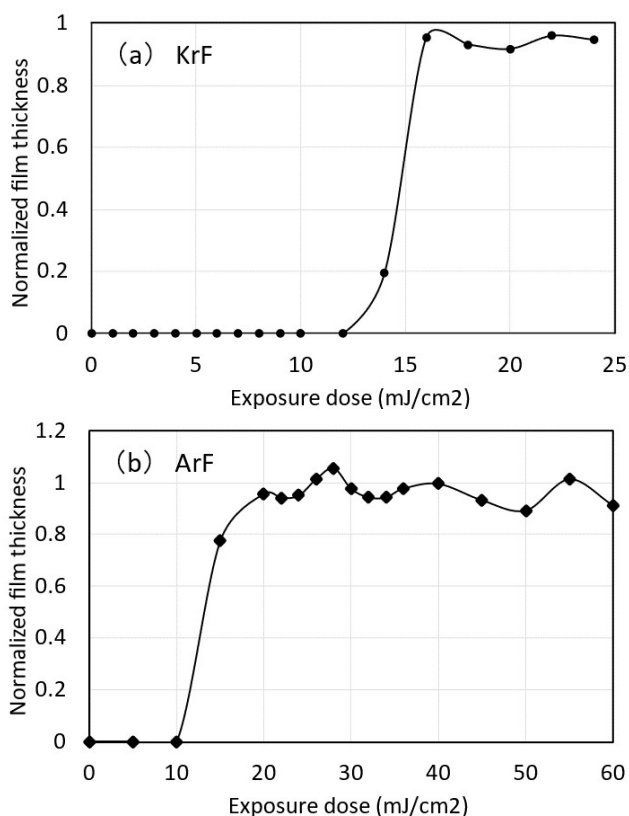


Fig.1. Sensitivity curves of Ti-based metal resists upon exposure to (a) KrF and (b) ArF.

イオン液体が捕獲されたシリコンマイクロカップアレイ構造の形成

Formation of Silicone Microcup Array Structures with Entrapped Ionic Liquids

防衛大 電気電子, °大越 昌幸, 岩崎 楓

National Defense Academy, °Masayuki Okoshi, Kaede Iwasaki

E-mail: okoshi@nda.ac.jp

1. 序論 これまで本研究室では、シリカガラス製微小球が単層整列したシリコンゴムに、波長 193 nm の ArF エキシマレーザーを低フルエンスで照射することにより、微小球下のシリコンゴムの主鎖構造 (Si-O-Si 結合) を光開裂させ、低分子量化による周期的な微細隆起構造が光化学的に形成できることを示してきた[1]。また、一部の低分子量化したシリコンが微細隆起構造から放出されることにより、微細隆起構造先端部に半球状のマイクロカップ構造も形成可能であることを明らかにしてきた[2]。今回は、マイクロカップアレイ構造を均一に形成するための最適な実験条件を調べるとともに、マイクロカップ構造にイオン液体を捕獲し電子顕微鏡観察下で非流動化する可能性[3]について検討したので報告する。

2. 実験手法 厚さ 2 mm のシリコンゴム表面に、直径 2.5 μm のシリカ微小球を単層に整列させその上方から ArF エキシマレーザーを照射した。そのときの条件は、フルエンスを 10~30 mJ/cm^2 、パルス繰り返し周波数を 1~20 Hz、パルス数を 300~1800 の範囲で変化させた。レーザー照射後、シリカ微小球を除去するため、試料を 1 wt% の HF 水溶液に 30~600 s 浸漬することによって化学エッチングを行った。その後、形成したマイクロカップ構造に少量のイオン液体 ([bmim][TFSI]) を滴下し、走査電子顕微鏡 (SEM) 下で試料を観察するとともに、流動性の変化を調べた。

3. 結果 Fig. 1 に、形成されたシリコンマイクロカップアレイ構造と捕獲されたイオン液体の SEM 像を示す。シリカ微小球の直径に対応する直径約 2.5 μm の半球状のシリコンマイクロカップ構造が、高さ約 1 μm のシリコン微細隆起構造の先端部に形成された。また、15~30 min の長時間の SEM 観察の後、捕獲されたイオン液体は流動性を失っていることがわかり、電子ビームによるゲル化の可能性が考えられる。

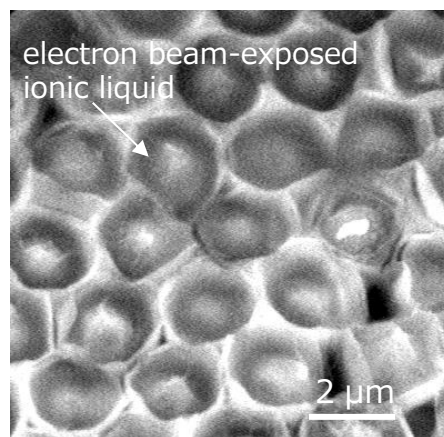


Fig.1 SEM image of the electron beam-exposed ionic liquids trapped in the hemispherical silicone microcup structures.

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 21K04732 の助成を受けて行われました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] M. Okoshi, W.S. Pambudi: *Appl. Phys. Express* 9(11) (2016) 112701.
- [2] M. Okoshi, K. Iwasaki, T. Yoshida: *Mater. Lett.* 309 (2022) 131335.
- [3] K. Iwasaki, M. Okoshi: *Gels* 9(3) (2023) 179.

重畳を伴うイオン照射における照射回数と SiC 表面構造形態との関係性

Relationship between number of ion irradiations and morphology of surface structures on SiC substrate

高知工科大学 ○(M2)芦浦憲一郎、(D)大石脩人、新田紀子

Kochi University of Technology, ○Kenichiro Yoshiura, Naoto Oishi, Noriko Nitta

E-mail: kenchi5403kenchi5403@gmail.com

【緒言】

電子デバイスへの応用を期待して SiC を用いた微細構造の作製及びプロセスに伴う照射損傷に関する研究が行われてきた¹⁾。これに付随して、固体表面に対するイオンビーム照射により、ナノサイズの構造が形成されることが知られている²⁾。先行研究では SiC 基板をターゲットにして、リップル構造を作製した。またイオンビーム照射の重畳によってリップル構造の形成を確認した³⁾本研究では重畳回数とリップル構造の形態との関係性を記述する。

【実験方法】

単結晶 4H-SiC に対して FIB(FEI 社製 QUANTA 3D200i)による照射実験を試みた。照射条件として入射角 60°、加速電圧 30 kV、照射量 1×10^{20} - 1×10^{22} ions/m² に設定した。イオン種は Ga⁺、電流値は 1.14-1.17 nA であった。重畳に関して照射量の合計が 1×10^{22} ions/m² になるように 2, 4, 10, 20, 50, 100 回の重畳照射を行った。構造評価に SEM(HITACHI 社製 SU8020)、AFM(OXFORD 社製 Cypher VRS)及び Si カンチレバー(OXFORD 社製 AC160TSA-R3)を用いた。

【結果】

電流値 1.17 nA、加速電圧 30 kV のとき、照射量 1×10^{22} ions/m² においてナノリップル構造の形成が確認できた。そのため照射量 1×10^{22} ions/m² を基準に重畳実験を行った。4-100 回の重畳照射ではリップル構造の形成が確認できた。その波長は重畳回数の増大に伴って減少していく。また表面粗さに関しては重畳回数の増大に伴って、粗くなる。また表面の形態に関しては重畳回数の増大に伴ってリップル構造の規則性が乱れていった。要因としてはスパッタリングによる表面の切削が表面の曲率に依存することが挙げられる。すなわち、照射を重ねる度に初期構造としての表面粗さが大きくなり最終的な構造形成に影響したと考える。また 2 回の重畳照射ではリップル構造の形成が確認できなかった。これは一度目の照射(5×10^{21} ions/m²)によって表面にリップル構造が形成せず、表面の曲率変化が不十分であることが要因であると考えられる。

【参考文献】

- 1) Y. S. Katharria *et al.* Surf. Coat. Technol. **203**, 2442-2445 (2009).
- 2) L. Vazquez *et al.* JPhys. Condens. Matter. **34**, 1-33 (2022).
- 3) 芦浦憲一郎, 大石脩人, 新田紀子, 第 172 回日本金属学会春季講演大会, (2023).

電子線リソグラフィにおけるネガ型レジストの 現像初期過程の分子動力学解析

Molecular dynamics study of early stages of development process
for negative type resists in electron beam lithography

阪公大院工, °田中琉暉, 山田絵斗, 安田雅昭

¹Dept. of Physics and Electronics, Osaka Met. Univ.

°Ryuki Tanaka, Kaito Yamada, Masaaki Yasuda

E-mail: masaaki.yasuda@omu.ac.jp

はじめに 現在のリソグラフィ技術では加工するパターンサイズがレジスト分子の大きさと同程度になっているため、パターン形成の解析に分子レベルのシミュレーションが必要となっている。我々はネガ型レジストを対象として、電子線リソグラフィにおけるパターン形成の過程を再現する分子動力学シミュレーションを開発した[1]。本研究では、現像過程をより厳密に再現するために、解析系に現像液分子を導入し、現像の初期過程におけるレジスト分子と現像液分子の相互作用を解析したので報告する。

シミュレーションモデル ネガ型レジストとして PGMA (Poly(Glycidyl Methacrylate)) を対象とした。電子線露光のシミュレーションモデルは報告したものと同様であり、レジスト中の吸収エネルギー分布に比例させて、レジスト分子間に架橋を形成し、分子動力学法により構造緩和した[1]。露光されたレジスト表面に現像液分子として MEK (Methyl ethyl ketone) 分子を Fig.1 のように導入し、PGMA レジストの現像初期過程を分子動力学解析した。

シミュレーション結果 Fig.2 に約 4.3ns 間構造緩和した後のレジスト表面の構造を示す。未露光領域において表面近傍の PGMA 分子のひとつがレジストから遊離し、MEK 分子中へと溶解する過程が確認された。レジストに浸潤した MEK 分子が PGMA 分子の絡まりを解き、孤立した PGMA 分子がレジスト中から現像液中に拡散したものと考えられる。また、PGMA 分子間に浸潤している MEK 分子はレジスト表面近傍に限定され、この系については顕著なレジストの膨潤は確認されなかった。

[1] 山田他: 2022 年応用物理学会秋季学術講演会, 20a-C101-7.

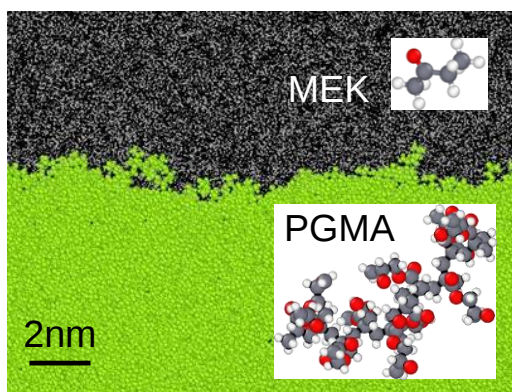


Fig.1 Molecular structure model of interface between PGMA resist and MEK developer.

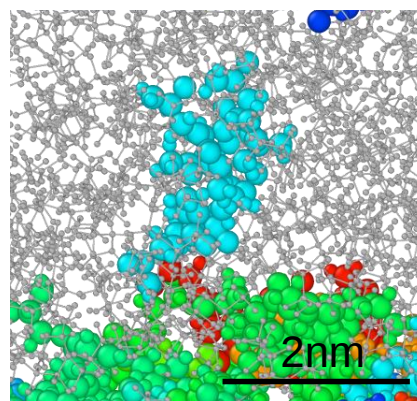


Fig.2 Simulation result of PGMA resist molecule removal.

銀インクを用いた大気下における残膜レスパターン形成

Non-residual-layer nanoimprint using silver ink without vacuum process

東理大先進工 〇中村 有理, 谷口 淳

Tokyo Univ. of Science, 〇Yuri Nakamura, Jun Taniguchi

E-mail:junt@te.noda.tus.ac.jp

リソグラフィ技術は、半導体素子やフレキシブルディスプレイなどナノスケールデバイスの製造に広く応用されており、情報化社会の進展に伴ってさらなる技術の向上が要求されている。要求を満たすパターン転写手法として、1995年にS.Y.Chouによって提唱されたナノインプリントリソグラフィが広く知られている^[1]。この技術は基板にUV硬化樹脂を塗布しパターンのあるモールドを押し付けることでパターンの転写が可能である。しかし、転写したパターンの底部に残膜という不要な樹脂層が生じる。不要な残膜の除去方法として反応性イオンエッチングがあり、また残膜の発生阻止方法としてパターン凸の突起部分に紫外線遮光性物質であるニッケルなどを真空蒸着させる方法が提唱されている^[2]。どちらの手法も、真空プロセスを経るため時間がかかることやパターンの複雑さにより残膜層の不均一除去が課題となっている。本実験では、大気下でパターン凸の突起部分に紫外線遮光物質である銀を接着させ、モールドとして用いることで残膜レスのパターン形成を試みた。本手法は、真空プロセスを経る必要がないためスループットの改善が期待でき、残膜が発生しないため残膜除去の不均一性の考慮が不要という利点がある。

Fig1に本手法の概略図を示す。はじめに、離型処理済みのL&S 100 μm のシリコン製マスターモールドの上に銀をつまようじで広げ塗布した (Fig1 (a))。次に、銀を成膜させるためにホットプレートを用いて150°Cで5分ベイクを行った (Fig1 (b))。さらに、凸の突起部分に残留した銀を取り除くため、PETフィルムをモールド上部に押し付けながら85°Cで5分ベイクを行い離型した (Fig1 (c))。その後、凹の溝部分に残留した銀を取り除くため、UV硬化樹脂をマスターモールドとポリエステルフィルムとの間に充填させた。フィルムの上からUVを照射し、離型することでポリエステルフィルム側に転写した (Fig1 (d))。転写したフィルムには、パターンの凸の突起部分に銀が接着していた。このとき用いたUV硬化樹脂は離型成分を含んでおり、銀表面の離型性向上のためにOptool-DSX 1%で浸漬処理を行った。次に、UV硬化樹脂をSi基板とFig1 (d)工程で得られたフィルムとの間に充填させ、フィルムの上からUV照射し離型した (Fig1 (e))。最後に、残膜層である銀の下領域の未硬化部分をエタノールでリンスした (Fig1 (f))。Fig2より、残膜レスの100 μm のLineパターンが形成できたことがわかる。今後は、同手法により微細パターンの形成を目指す。

[1] S. Y. Chou, P.R. Krauss, P. J. Renstrom, *J. Vac. Sci. Technol. B*, **14** (1996) 4129.

[2] X. Cheng, L. Jay Guo, *Microel Eng*, **71** (2004) 277–282

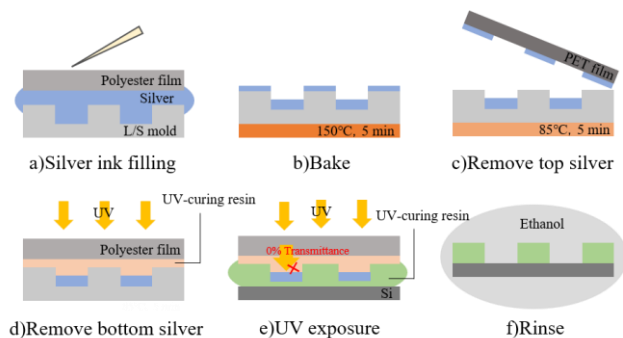


Fig1. Process to form non-residual-layer with silver ink in air

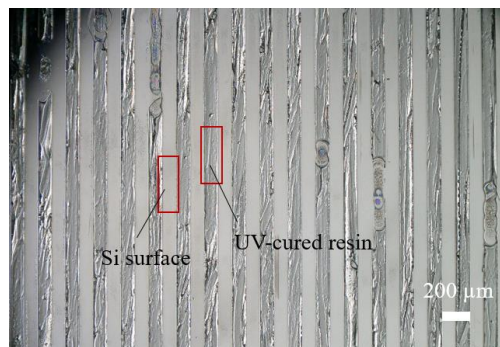


Fig2. Top view of non-residual-layer pattern

熱ナノインプリントによる PLA シート表面のナノ周期パターン形成

Nano-Periodic Pattern Formation on polylactic acid sheets by thermal nanoimprinting

東工大 物質理工¹, KISTEC² ○梅本 琉花¹, 北村 裕大¹, 金子 智^{2,1}, 吉本 護¹, 松田 晃史¹

Tokyo Tech¹, KISTEC², °Ryuka Umemoto¹, Y. Kitamura¹, S. Kaneko^{2,1}, M. Yoshimoto¹, A. Matsuda¹

E-mail: umemoto.r.aa@m.titech.ac.jp

【緒言】 ポリ乳酸 (PLA; polylactic acid) はバイオマス合成可能であり、かつ加水分解・酵素分解による生分解性を示す、生体適合性のポリマーである。PLA は近年、包装材や医療インプラント、フレキシブル・ウェアラブルデバイスなどへの応用拡大が進んでいる^{[1][2]}。そのような電子、医療デバイス応用にむけて PLA の表面は、親水性制御など化学修飾に加え、マイクロパターンニングも多く研究されてきた。より微細かつ高精度なナノスケール周期パターンニングを得ることにより、それらデバイスの性能向上や、分解過程の詳細観察なども期待できる。一方で我々は、熱ナノインプリント法により、これまでポリイミド (PI) やシクロオレフィンポリマー (COP) など熱可塑性ポリマーの表面に、原子ステップ転写 (高さ ~ 0.3 nm) や、それらを用いた薄膜成長制御を報告してきた^{[3][4]}。また、PLA においても同様のステップ形状転写による超平坦化を見出し、モールド形状や転写条件探索によるナノパターン高さと周期の制御の知見はその応用展開に貢献する。本研究では、バイオマス・生分解性ポリマーのナノデバイス基板や分解挙動の解明をめざしたナノスケール表面形状制御を目的として、熱ナノインプリントによる PLA 表面の一次元ナノ周期形状転写、およびその熱的・化学的安定性について検討した。

【実験と結果】 本研究では、厚さ $t \sim 150$ μm 、ガラス転移温度 $T_g \sim 60^\circ\text{C}$ の PLA フィルム (大同至高 (株)、SBK-CW-N) を用いた。まず、PLA 表面の超平坦化を、原子ステップ (高さ ~ 0.3 nm) サファイアモールド^[5]を用いた熱ナノインプリント (0.2 MPa, 80°C , 5 min) により行った。次に、PI ナノウォールモールド (ECRIOS® VICT-Bnp, $T_g = 265^\circ\text{C}$) を、ナノ溝マスターモールド (溝深さ ~ 4 –10 nm、周期 ~ 100 nm)^[6]を用いて同様に作製した (6 MPa, 280°C , 5 min)。続いて、PLA フィルムへのナノ周期パターン転写を、PI モールドを用いた熱ナノインプリント (2 MPa, 80°C , 5 min) により実施した。Fig.1 は PLA フィルムおよび PI モールドの表面 AFM 観察像である。Fig.1(a)の未処理 PLA フィルムは特徴的な形状をもたず、比較的大きい RMS 粗さ ~ 2.7 nm を示した。Fig.1(b)の PI ナノウォールモールド (高さ ~ 4 nm、周期 ~ 100 nm) を用いた超平坦 PLA フィルム表面へのナノインプリントの結果が Fig.1(c)であり、高さ ~ 3 nm、周期 ~ 100 nm とシングルナノ高さをもつ一次元ナノ周期パターンが精度良く転写され、RMS 粗さも ~ 0.7 nm と低減した。講演では PLA 表面の超平坦化やパターン制御、熱的・化学的安定性についても示す。

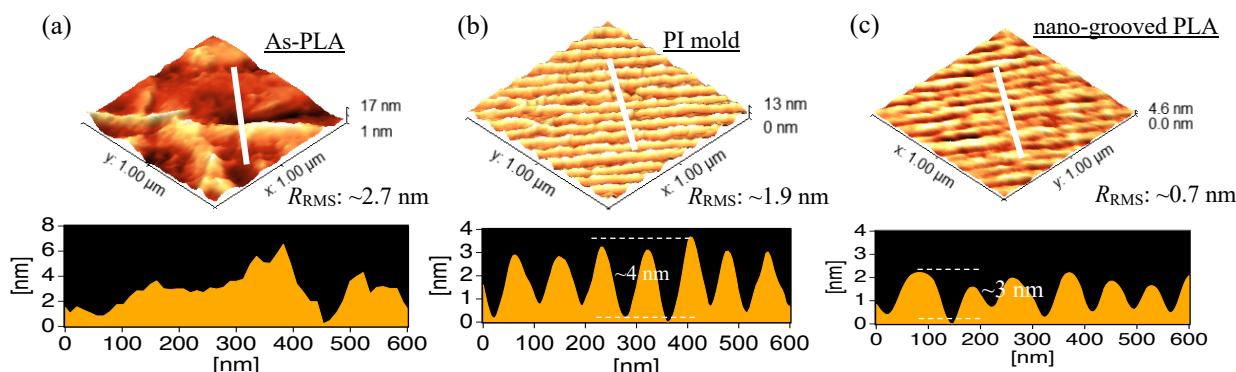


Fig.1 AFM surface images ($1 \times 1 \mu\text{m}^2$) and cross-sectional profiles of (a) as-received PLA films, (b) the PI nanowall mold, and (c) PLA films after thermal nanoimprint at 2 MPa and 80°C for 5 min.

- [1] D. Valerini et al., *Thin Solid Films* **645**, 187–192 (2018). [4] T. Oga et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **59**, 128001 (2020).
 [2] Y. Guo et al., *Nano Lett.* **2019**, **19**, 1143–1150 (2019). [5] M. Yoshimoto et al., *Appl. Phys. Lett.* **67**, 2615–2617 (1995).
 [3] G. Tan et al., *Nanotechnology* **27**, 295603 (2016). [6] R. Yamauchi et al., *Sci. Rep.* **5**, 14385 (2015).

橋掛け構造を利用したステンシルマスクの作成

Fabrication of a stencil mask using a bridge structure
東京理科大学¹ °(M1)田村 響生¹, 村上 湧祐¹, 谷口 淳¹

Tokyo University of Science¹, °Hibiki Tamura¹, Yusuke Murakami¹ Jun Taniguchi¹
E-mail: 8123522@ed.tus.ac.jp

1.緒論

近年、金属や強誘電体のナノ構造によるメタマテリアル、メタサーフェスの研究が盛んに行われている。金属等のナノパターンニングは一般的に露光とドライエッチングを用いて作られているが、効率の良い作製方法としてステンシルマスクを用いた金属蒸着技術がある。ステンシルマスクを作製するにあたり補強構造であるストラットが必要であり、本研究室では電子ビーム露光の加速電圧を変化させて橋掛け構造を作製しストラット構造とした。ステンシルマスクの作製にはこのストラット構造上にポジ型電子ビームレジストの PMMA を塗布して行ったので報告する。

2.実験方法

2-1.橋掛け構造

まず基板に SU8-3025 を塗布し、10000 rpm で 180 秒スピコートしたものゝ 10 分間 95℃でベイクした。次に、EBL 描画機に基板を設置し、Dose 量200, 100μC/cm²で図 1.3 のように橋下駄(下段の縦線)と橋(上段の横線)を描画した。最後に、SU-8 developer で現像し、30 分間 180℃でハードベイクを行った。

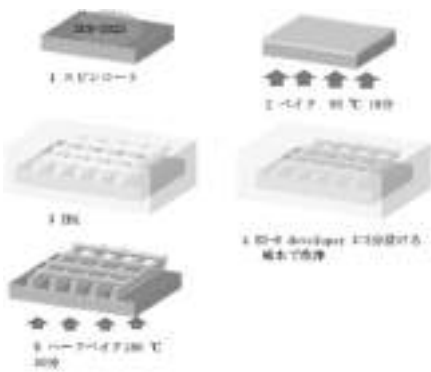


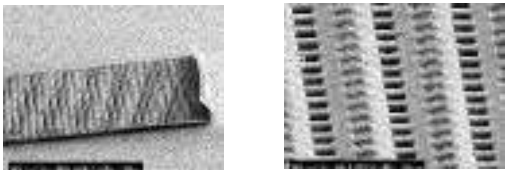
図 1. 橋掛け構造作成の概略図[1]

2-3.PMMA の塗布と描画

SU-8 の塗布と同様に 3000 rpm で 40 秒スピコートしたものを 180℃で 30 分ベイクを行った。その後の描画行程では 3 μm 間隔のドットの描画をおこなった。

3.実験結果

図 2 は、上記の方法で作成したメッシュ構造の SEM 画像である。この画像から完全に貫通したものを作成することができたとと言える。

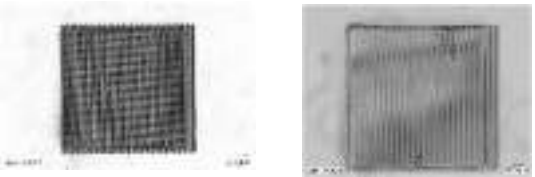


(a) 600μm×450μm (b) 60μm×45μm

図 2. SU-8 の橋掛け構造

できた橋掛け構造の橋の間隔は約 4.5 μm でホールは約 5μm という結果となった。

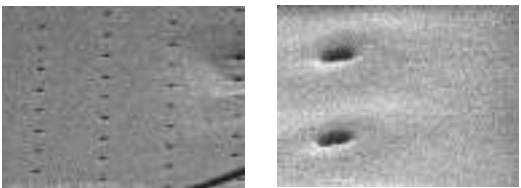
このようにしてできた橋掛け構造をステンシルマスクのストラットとして、上から PMMA を塗布した。図 3 は、スピコートして光学顕微鏡で観察したものである。図から確認できるように、橋掛け構造の表面にレジストが塗布されていることが確認できた。



(a) 塗布前 (b) 塗布後

図 3. PMMA 塗布前と後の橋掛け構造

図 4 は、レジストを塗布した後に、EBL 描画機にて 3 μm 間隔のドットを描画したものであり、直径約 500 nm のホールが確認できた。



(a) 12μm×9μm (b) 3μm×2.25μm

図 4. EBL 描画後

4.まとめ

樹脂 SU-8 に EBL で作成した橋掛け構造をステンシルマスクのストラットとして、上から PMMA を塗布することで表面に接着をすることができ、EBL での描画も確認することができた。

今後、さらに微細で精度の高いフォトマスクの作成のため照射量と穴のサイズの関係について詳しく検討していく。

参考文献

[1] M.Murakami, J.Taniguchi, Filling behavior of UV nanoimprint lithography using bridge structure mold, 2022 年度精密工学会秋季大会, 2022, p. 99-100