

Symposium (Oral) | Symposium : The cutting edge of charged particle beam for nanotechnology

📅 Sun. Sep 7, 2025 1:30 PM - 4:30 PM JST | Sun. Sep 7, 2025 4:30 AM - 7:30 AM UTC | 🏢 N102 (Lecture Hall North)

[7p-N102-1~7] The cutting edge of charged particle beam for nanotechnology

Jun Taniguchi(Tokyo Univ. of Sci.), Ryuji Nishi(Fukui University of Technology)

1:30 PM - 2:00 PM JST | 4:30 AM - 5:00 AM UTC

[7p-N102-1] Applications of Helium Ion Microscopy: Defect Engineering for Thin Film Property Control and Device Integration

○Shinichi Ogawa¹ (1.AIST)

2:00 PM - 2:30 PM JST | 5:00 AM - 5:30 AM UTC

[7p-N102-2] Low-temperature Crystallization Technology Using Ion Irradiation and Applications

○Noriaki IKENAGA¹, Noriyuki SAKUDO¹ (1.Kanazawa Inst. of Technol.)

2:30 PM - 3:00 PM JST | 5:30 AM - 6:00 AM UTC

[7p-N102-3] Electron Beam Lithography in the R&D of Silicon Qubit Integration Technology

Kimihiko Kato¹, ○Takahiro Mori¹ (1.AIST)

3:00 PM - 3:30 PM JST | 6:00 AM - 6:30 AM UTC

[7p-N102-4] High Spatial Resolution Microscopy Using an Electron-Beam-Excited Probe and Its Applications

○Yu Masuda^{1,3}, Wataru Inami^{1,3}, Yoshimasa Kawata^{2,3} (1.Shizuoka Univ. ENG, 2.Shizuoka Univ. RIE, 3.JST-CREST)

3:30 PM - 4:00 PM JST | 6:30 AM - 7:00 AM UTC

[7p-N102-5] Three-dimensional Dose Distribution in Electron Beam Lithography and Its Application to Control of Resist Cross Section Shapes

○Tatsuki Sugihara¹, Arata Kaneko² (1.ELIONIX INC., 2.Tokyo Met. Univ.)

4:00 PM - 4:15 PM JST | 7:00 AM - 7:15 AM UTC

[7p-N102-6] Oblique incidence angle electron beam lithography for fabricating slanted diffraction grating and NIL

○Naoya Shibasaki¹, Jun Taniguchi¹ (1.Tokyo Univ. of Sci.)

4:15 PM - 4:30 PM JST | 7:15 AM - 7:30 AM UTC

[7p-N102-7] Fabrication of near-infrared anti-reflection films by RIE and NIL

○(M1C)Kei Hirata¹, Jun Taniguchi¹ (1.Tokyo Univ. of Sci.)

-ヘリウムイオン顕微鏡技術の応用- 欠陥形成による薄膜物性制御とそのデバイスへの応用

-Applications of Helium Ion Microscopy-

Defect Engineering for Thin Film Property Control and Device Integration

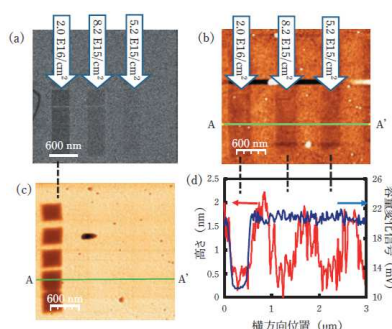
産総研 先端半導体研究センター ○小川 真一

AIST, ○Shinichi Ogawa

E-mail: ogawa.shinichi@aist.go.jp

2006 年、ヘリウムイオン顕微鏡 (HIM) 実験機が米国で商用化された。2010 年産総研に導入し、電子線照射に弱い材料・半導体/電子デバイスの表面観察、ヘリウムイオンビーム照射による薄膜への局所的欠陥形成による物性制御・エッチング、それらのデバイス形成への応用研究を行っている⁽¹⁾。ヘリウムイオンはガリウムイオンと比較して質量が小さいため、材料への照射損傷が少なく、高精度な微細加工と物性制御が実現可能である。薄膜試料へのヘリウムイオンビーム照射においては、比較的低照射領域では原子配列の乱れ、欠陥形成にともなう材料物性の変化が誘起される。一方、高照射領域では原子のスパッタリング、すなわちエッチング現象が発生する。本発表では、グラフェン、h-BN 薄膜、高温超伝導 YBCO 膜、Si 超薄膜を例にとり、nm オーダーの領域へのヘリウムイオンビーム照射による材料の物性制御とエッチング加工、そのデバイス応用に関し概説する。

加速電圧 30kV で $5.2\text{E}15 \sim 2.0\text{E}16 \text{ ions/cm}^2$ のヘリウムイオンビーム (直径約 0.5nm) を照射したグラフェン膜の走査型探針顕微鏡による評価結果を左下図に示す。(a)ではイオン照射された領域が周辺 (灰色部) より若干黒く観察されており、これはグラフェン膜の物性変化とチャージアップの影響と考えられる。(b)は原子間力顕微鏡法で評価した表面凹凸を示し、(d)の赤プロットに示されているように照射部は約 2nm 程度未照射部より低くなっている。容量顕微鏡法では同一構造の同一薄膜を評価した場合、薄膜の導電性領域から絶縁性領域へ探針が移動すると探針と薄膜間の容量が変化するため、薄膜の微細領域での導電性を判定できる。(c)の濃い茶色部は容量顕微鏡法で変化が見られた領域を示し、(d)の青プロットに示すように $2.0\text{E}16 \text{ ions/cm}^2$ 照射領域のみで約 8mV の低下が観察され単層グラフェンが絶縁体化していることがわかる。欠陥密度は入射されたイオンの密度から計算され⁽²⁾、上記照射条件で生成された結晶欠陥の密度は総炭素原子数に対しておおむね 0.1~2%程度であり、 $2.0\text{E}16 \text{ ions/cm}^2$ のヘリウムイオン照射では約 2%の欠陥を形成する。これらの欠陥は単層グラフェン中のキャリアを局在させることにより抵抗を増大させグラフェンを絶縁体へと転移させる。ヘリウムイオンビーム照射領域のグラフェン膜のラマン散乱分光法による結晶性評価では、グラフェン膜へのイオン照射量の増加により D バンド強度の増大が見られるが、G バンド強度は若干変化するものの明瞭に存在が確認され、このイオン照射量範囲ではグラフェン膜にある程度の密度の結晶欠陥が導入されるが、ハニカム骨格結晶構造は十分に維持されていることがわかる。



上記のように HIM を用いたイオンビーム照射により薄膜材料の結晶構造を乱さずに欠陥を導入することが可能である。講演ではグラフェン膜へのトランジスタ描画形成⁽³⁾、h-BN 膜への B 空孔欠陥形成による微小磁場センサー⁽⁴⁾、YBCO 超伝導ブリッジへのジョセフ接合形成⁽⁵⁾、さらにグラフェン膜⁽⁶⁾、Si 超薄膜へのナノポア形成⁽⁷⁾とそのデバイスへの応用などに関し簡単に述べる。

(1)小川真一, ヘリウムイオン顕微鏡を用いた低ダメージ観察・評価と sub-10 nm 微細加工技術, 応用物理 89, p644 (2020), (2) F. Banhart, et al. Structural Defects in Graphene, ACS Nano 5, 26 (2011), (3) S. Nakaharai, S. Ogawa, et al. Conduction Tuning of Graphene Tailored by Accelerated Helium Ion Beam, ACS Nano, 7 5694 (2013), (4) K. Sasaki1, S. Ogawa, et. al. Magnetic field imaging by h-BN quantum sensor nanoarray, Appl. Phys. Lett. 122, 244003 (2023), (5)S. Ogawa et al. Formation of Lateral-Type High-Tc Superconductor Josephson Junction by Helium Ion Microscopy, Proc. of 2024 IITC, DOI: [10.1109/IITC61274.2024.10732494](https://doi.org/10.1109/IITC61274.2024.10732494), (6) Y. Morita, S. Ogawa, et al. Nanoscale Direct Patterning in Ultrathin Silicon Nanosheets Utilizing Helium Ion Microscopy, Jpn. J. Appl. Phys., 64(3) SP57 (2025).

イオン照射による低温結晶化技術とその応用

Low-temperature Crystallization Technology Using Ion Irradiation and Applications

金沢工大工 ○池永 訓昭, 作道 訓之

Kanazawa Institute of Technology, °Noriaki Ikenaga, Noriyuki Sakudo

E-mail: n-ikenaga@neptune.kanazawa-it.ac.jp

【はじめに】薄膜状の機能性材料を基板上に成膜する場合、真空蒸着やスパッタリングが用いられることはすでによく知られている。例えば形状記憶合金 (TiNi) の薄膜を合成する場合、スパッタリングによって TiNi 薄膜を成膜し、その後 500°C で熱処理する、あるいは基板を加熱しながら成膜することで結晶化した TiNi 薄膜を得ることで形状記憶特性を有した薄膜が合成できる。このように機能性薄膜の多くは結晶化して初めてその機能性を発現するが、スパッタリングや真空蒸着などで成膜された TiNi 薄膜は通常非結晶であるため前述の熱処理や基板加熱が必須となっている。この場合の基板材料は熱処理温度に耐えることができる材料に限定されるため、樹脂などの高分子材料上への機能性薄膜の合成は困難であった。一方で、ウェアラブルセンサに代表されるように、人体に直接取り付けるセンサデバイスにもフレキシビリティが求められてきている。すなわち、温度センサや感圧センサなどの機能性薄膜を高分子フィルム上に直接合成したデバイスの実現が期待されている。ここでは高分子材料上に結晶化した機能性薄膜を直接合成できる成膜技術として、イオン照射技術とスパッタ成膜技術を複合化した低温結晶化技術を紹介する。また、TiNi 薄膜 (形状記憶合金) の低温結晶化例についても報告する。

【実験内容・結果】本研究ではイオン照射とスパッタリングを複合化した成膜装置を用いて種々のイオン照射条件で Si 基板上に作製した TiNi 薄膜の低温 (室温) 成膜時の結晶構造および形状記憶動作を評価した。イオン照射のためのイオン供給源はチャンバー内に設置したループアンテナ (ワンターン) で生成した誘導結合型プラズマ (ICP: Inductively Coupled Plasma) である。イオン照射は基板に負パルス電圧を印加することでおこなっている。Fig.1 に示す各種イオン照射条件で成膜した TiNi 薄膜の X 線回折パターンからもイオン照射によって結晶化が確認できる。

【おわりに】

種々のイオン照射条件で作製した TiNi 薄膜において、あるイオン照射条件において結晶化および形状記憶動作が確認された。このことからイオン照射によって高分子フィルム上への結晶性薄膜の直接合成の可能性が期待される。

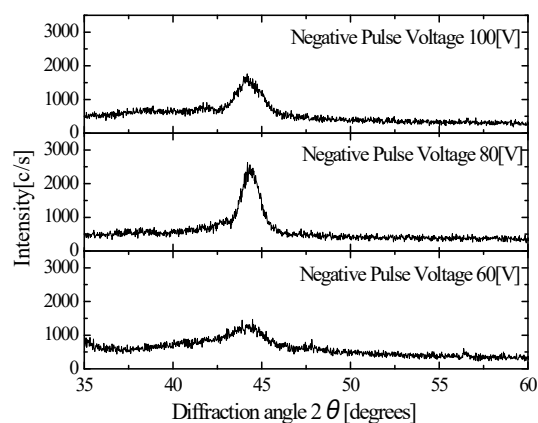


Fig.1 XRD patterns of TiNi thin films prepared under various ion irradiation conditions (Maximum substrate temperature: 85 degrees)

シリコン量子ビット集積化技術開発における電子線リソグラフィの活用

Electron Beam Lithography in the R&D of Silicon Qubit Integration Technology

産総研 加藤 公彦、森 貴洋

AIST, Kimihiko KATO, Takahiro MORI

E-mail: mori-takahiro@aist.go.jp

昨今の量子コンピュータへの期待は論を待たず、また近年ではプロトタイプ機の市販が始まるなど、その研究開発は活況を呈している。基本素子である量子ビットには、超伝導型や冷却原子型など、固体素子に留まらない多数の候補がある。その中でも既存の集積化技術を活用できるシリコン量子ビット素子は、実用に資する規模での大規模集積性という観点で注目を集めている。

シリコン量子ビット素子は、マルチゲートの MOSFET 構造をとることが一般的である。現在一般的な一次元集積構造を考えると、ゲート数は N 素子集積時には $2N+3$ 本となるのが通例で、例えば 10 素子集積のためには 23 本のゲートをソース・ドレイン間に形成する必要がある。その最小特徴サイズは、先端半導体トランジスタと同等の 10-30nm 程度になると考えられる。実際、Intel 社の 12 量子ビット集積チップ Tunnel Falls においては、ゲートピッチが 70nm 程度であることが明らかとなっており、その製造には EUV リソグラフィ技術が用いられている[1]。

研究開発において、EUV リソグラフィ技術を自由に活用できるという恵まれた環境は簡単には得られるものではないため、Intel 社以外の機関では電子線リソグラフィ技術によって素子試作を伴う研究開発が実施されるのが一般的である。例えば imec の場合、300mm 試作ラインに電子線リソグラフィ装置を導入しての研究開発が実施されている。我々産総研も多分に漏れず、シリコン専用の 4 インチラインにおける高加速電子線リソグラフィ装置を用いた研究開発を実施している。

前述のような極めて小さい特徴サイズを持つ稠密なマルチゲート構造を電子線リソグラフィによって描画、集積構造の研究開発を実施する場合、近接効果補正の正当性が重要となる。一般に、近接効果補正においては電子線の前方散乱と後方散乱とを考慮する。しかしながら近年、電子線の高加速化に伴い、それらの中間成分の重要性が指摘されるようになった。現状、中間成分の発因は、レジストの化学変化などの説はあるが、明らかとはなっていない。また、一般的な近接効果補正ソフトウェアでは考慮されないため、実描画への影響も議論が少ない。

我々は、中間成分を考慮した近接効果補正の実施が、シリコン量子ビット集積化技術開発において有用であると考えており、本講演では補正と実描画とを照らし合わせた実験結果を中心に紹介する[2]。シリコン量子ビット集積構造のような微細稠密構造においては、中間成分を考慮することで描画シミュレーションの実験再現度が向上、結果として描画結果の設計再現性を確保できる。これはシリコン量子ビット素子の大規模集積デモンストレーションに向けて、試作実験実施上の鍵を握る技術であると考えている。当日は、産総研が実作した 40 量子ビット素子集積構造についても紹介する。

【謝辞】本研究は文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)JPMXS0118069228 の助成を受け行われた。

[1] J. Clarke, American Physical Society Joint March Meeting and April Meeting 2025, MAR-W14.

[2] K. Kato *et al.*, Nanotechnology **32**, 485301 (2021).

電子線励起プローブを用いた高空間分解能顕微技術とその応用

High Spatial Resolution Microscopy Using an Electron-Beam-Excited Probe and Its Applications

静岡大工¹, 静岡大電研², JST-CREST³ ○益田 有^{1, 3}, 居波 渉^{1, 3}, 川田 善正^{2, 3}

Shizuoka Univ., Faculty of Engineering¹, Shizuoka Univ., Research Institute of Electronics²,
JST-CREST³ ○Yu Masuda^{1, 3}, Wataru Inami^{1, 3}, Yoshimasa Kawata^{2, 3}

E-mail: masuda.yuh@shizuoka.ac.jp

私たちは、集束電子線で励起したカソードルミネッセンスを光源に利用する超解像顕微鏡; 電子線励起アシスト光学顕微鏡^[1] (Electron-beam excitation assisted optical microscope; EXA 顕微鏡)を開発している。図1にEXA 顕微鏡の原理を示す。本顕微鏡は電子顕微鏡と光学顕微鏡を組み合わせた顕微鏡で、電子顕微鏡の真空環境と試料の大気圧環境を蛍光薄膜で分離する構成をとる。電子顕微鏡側では蛍光薄膜に収束電子線を照射してカソードルミネッセンスを励起し、光の回折限界よりも小さい数十 nm の微小光源を生成する。

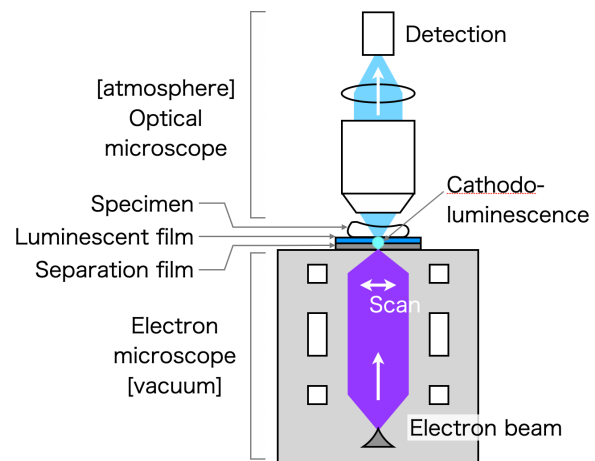


図1 EXA 顕微鏡の原理

この微小光源をプローブとして走査し、試料を透過・散乱した光を検出することで、従来の光学顕微鏡では 200 nm が限界であった空間分解能を 50 nm 以下に向上させた。また、試料は蛍光薄膜上のオープンな大気圧環境に配置しており、生きた生物細胞などのウェットな試料の長時間観察や、試薬注入のようなマニピュレーションも容易である。

本顕微鏡は試料基板や検出器を変更することでマルチモーダルな観察が可能であるという特徴を持つ。例えば、蛍光薄膜を取り除いて真空分離窓のみ残すことで収束電子線を試料に直接照射できるため、試料内の蛍光物質を電子線で直接励起する高空間分解能蛍光顕微鏡^[2]としての利用や、生きた生物試料を電気刺激する極小プローブ^[3]としての応用技術も開発している。他にも、イオン感応膜を持つ半導体センサを蛍光薄膜の代わりに配置することで、試料のイオン濃度分布に応じた電子線誘起電流が測定でき、高空間分解能なイオン濃度分布像が取得できる^[4]。本発表では、EXA 顕微鏡の技術と、それを応用展開した顕微技術について紹介する。

参考文献：[1] Wataru Inami, *et al*, *Optics Express* **18**, 12, pp12897-12902 (2010).

[2] Yasunori Nawa, *et al*, *Optics Express* **20**, 5, pp5629-5635 (2012).

[3] Wataru Inami, *et al*, *Ultramicroscopy* **206**, 112823 (2019).

[4] Satoru Shibano, *et al*, *Physica Status Solidi (a)* **218**, 2100147 (2021).

謝辞：本研究の一部は JST-CREST/JPMJCR2003 のご支援をいただき遂行された。

電子ビームリソグラフィにおける3次元ドーズ量分布と レジスト断面形状制御への応用

Three-dimensional Dose Distribution in Electron Beam Lithography and Its Application to Control of Resist Cross Section Shapes

(株)エリオニクス¹, 東京都立大学² °杉原 達記¹, 金子 新²

ELIONIX INC.¹, Tokyo Metropolitan Univ.², °Tatsuki Sugihara¹, Arata Kaneko²

E-mail: 276-sugihara@elionix.com

1. はじめに

電子ビームリソグラフィ (EBL) は、最小ビーム径 2 nm 程度の電子ビームを走査してレジストを露光し、パターンを形成するリソグラフィ技術の一つである。現代では EBL を含む微細加工の応用先が多様化し、高スループットかつ大面積を加工する要求が増加している。これに対し、EBL で作製したレジストパターンをナノインプリント等の転写プロセスへ応用する研究開発が盛んに行われており、従来とは異なる厚膜レジスト (> 500 nm) への露光や形状に対する要求仕様も異なってきている。そのため EBL で作製するレジストパターンは、線幅やホール径などの 2 次元形状だけでなく、断面形状を含む 3 次元形状の検討が必要である。

そこで本研究では、電子ビームの散乱に影響するとされる各種パラメータ (加速電圧、電流値、ドーズ量、レジストの材料特性等) ならびに現像条件に着目し、それらがレジストパターンの側壁形状に及ぼす影響について調査するとともに、新規的なレジスト断面形状制御手法を確立することを目的とする。

2. 本研究の主要な結果

レジストパターンの側壁形状を制御するため、本研究ではレジスト内の 3 次元ドーズ量分布に着目し、電子ビームの走査位置と回数を変更する新たな露光手法を提案した。提案手法により生成した 3 次元ドーズ量分布によって、図 1 に示すように現像後のレジストパターン側壁の傾斜角度を $90 \pm 5^\circ$ 程度で制御することに成功した。シミュレーションで予測したドーズ量分布と実験結果はほぼ整合し、現像条件をあわせて考慮することで、本手法を活用したレジスト断面形状制御が可能であることを示した。その他、レジスト膜厚と加速電圧によるパターン垂直性への影響やレジストコントラスト γ 、現像液種、現像時間によるレジスト断面形状への影響などについても主要な結果を発表する予定である。

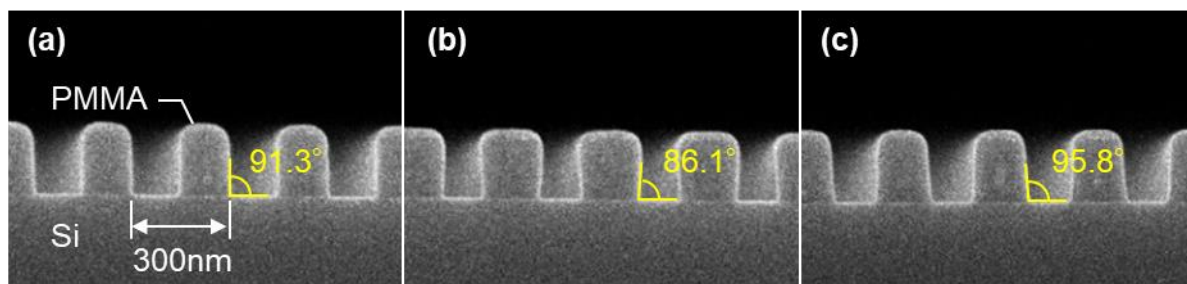


Fig 1. SEM images of resist cross-sectional shapes. PMMA resist was coated 200 nm onto a Si wafer, and pitch 300 nm line patterns were exposed with 3 different 3D dose distributions ((a): Uniform scan, (b): Centralized scan, (c): 3 distributed scan). As a result, the sidewall inclination angle of $90 \pm 5^\circ$ was obtained.

斜入射電子ビーム露光法による微細傾斜回折格子の作製と NIL 転写

Oblique incidence angle electron beam lithography for fabricating slanted diffraction grating and NIL transfer properties

東京理科大学¹ ○(M2)柴崎 尚也¹, 谷口 淳¹

Tokyo University of Science¹, [°]Shibasaki Naoya¹, Jun Taniguchi¹

E-mail: 8124526@ed.tus.ac.jp

1. 緒論

近年 AR グラスなどのヘッドマウントディスプレイは我々の生活に音, 映像, 画像, ナビゲーションシステムなどの情報を与え, より生活を豊かにしている。これらには装着者の目に情報を伝えるため, グラス表面上にスランテッド型回折格子が用いられている[1]. 図1に一般的な加工工程を示す[2].

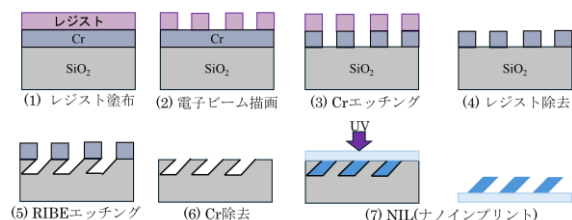


図1 従来の作製方法

この工程は, 電子ビーム露光 (Electron beam Lithography: EBL) 後に斜め方向からドライエッチングを行うなど多くの工程が必要である。そこで本研究では2つの工程をまとめて1回の工程で得られるよう試料を 45° 傾けた状態で EBL を行い, 斜め回折格子モールドを作製し, それを金型として UV-NIL により転写をしたので報告する。

2. 実験方法

ポジ型レジストである ZEP520-A (日本ゼオン(株)製) を 3000 rpm, 120 秒でスピコートを行い, 約 400 nm 厚で成膜した。その後, 80 °C で 5 分間ベイクを行い, 続いて 120 °C で 20 分間ベイクした。次に走査型電子顕微鏡 (SEM: ERA-880FE, ELIONIX (株)製) で EBL を行った。また, EBL の際, 試料は 45° の試料台上に乗せて傾けた状態で描画した。露光後, Post exposure bake (PEB) を 120°C で 10 分間行い, ZED-N50 (日本ゼオン(株)製) で 30 秒間現像し, 2-プロパノールでリンスをした。この描画後のレジスト形状をモールドとして用いるため離型処理を行った。このモールドに対して PAK-01CL を 1 滴落とし, コスモシャイン A4300 (東洋紡(株)製) を被せ UV-NIL を行った。最後に試料に対して帯電防止のためプラチナコーティングを行い, 走査型電子顕微鏡 (SEM: ERA-880FE, ELIONIX (株)製) で観察を行った。

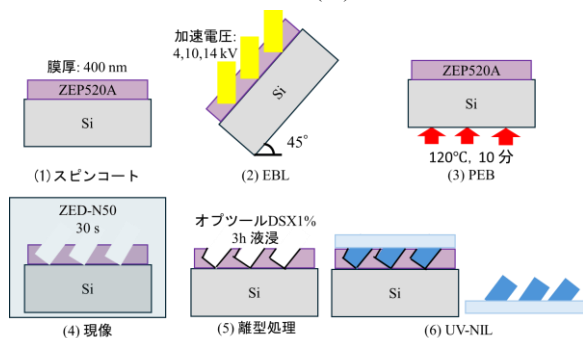


図2 実験方法

3. 実験結果

4 kV, Dose 量 20 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ の試料, 10 kV, Dose 量 30 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ の試料, 14 kV, Dose 量 60 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ で描画したレジストの断面と UV-NIL により転写されたパターンの SEM 像を図3に示す。ここで, 描画形状は線幅 90 nm, 間隔 270 nm で, 線の長さは 90 μm のライン & スペースである。

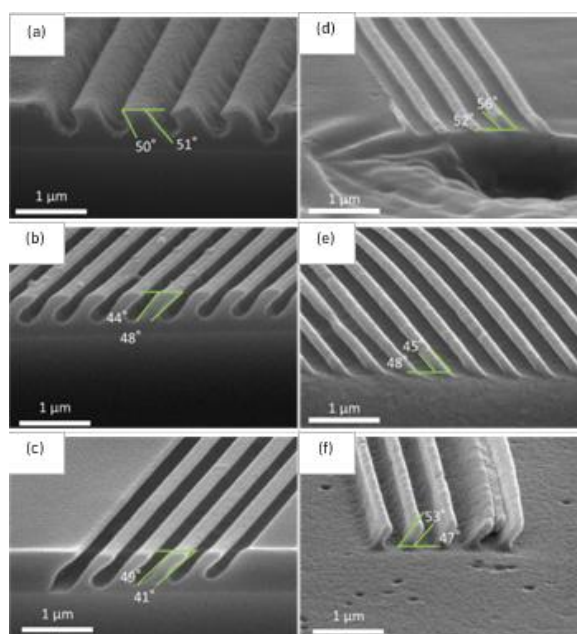


図3 斜めの描画のモールドと転写の SEM 画像
(a)(b)(c) 4, 10, 14 kV 時のレジスト断面 (モールド)
(d)(e)(f) 4, 10, 14 kV 時の転写パターン

作製したモールドは傾けた角度の 45° に近い角度となっていることが図3 (a) (b) (c)からわかる。また, (c)の左端の線幅は基板側が膨れている。これは後方散乱電子の影響と考えている。また, 転写した SEM 写真 (図3 (d) (e) (f)) から 45° 近く傾いていることが分かる。しかし, 加速電圧 4kV のとき, 45° からの大きくずれているので, ここまで低加速電圧で露光を行うと PEB でも前方散乱電子による影響を小さくできないことが分かった。

4. まとめ

EB レジストの ZEP520A を 45° 傾かせた状態で EBL を行うことにより微細傾斜回折格子のモールド作製、およびそれを用いた UV-NIL による転写を行えることがわかった。

参考文献

- [1] Dewen Cheng et al., Light Adv. Manuf. **2**, 1 (2021) 1-20.
- [2] Tapani Levola, Pasi Ilaakkonen, Optical Society of America, **15** (2007) 2067-2074

RIE と NIL による近赤外線反射防止フィルムの作製

Fabrication of near-infrared anti-reflection films by RIE and NIL

東京理科大学^{1, °} (M1) 平田 圭¹, 谷口 淳¹

Tokyo University of Science^{1, °} Kei Hirata¹, Jun Taniguchi¹

E-mail: 8125530@ed.tus.ac.jp

1. 緒論

近年, LiDAR や光ファイバーが注目されているが, どちらも近赤外線を用いている. そのため, これらを用いた技術の改良には近赤外線の制御が必要である. 本研究室では反応性イオンエッチング (RIE) を用いて, モスアイ構造というナノオーダーの突起が並んだ構造を作製し, これをナノインプリントリソグラフィー (NIL) によって転写することで低反射率と高透過率を実現する光学フィルムを作製している[1]. この光学特性は可視光線の領域において検証されてきたが[2], RIE の加工時間を増やしてモスアイ構造の高さを大きくすることで近赤外線の反射防止を確認できたので報告する.

2. 実験方法

まず, 2 cm×2 cm のグラッシーカーボン (GC) 上に電子サイクロトロン共鳴 (ECR) 型イオンシャワー装置 (EIG-210 ER, (株) エリオニクス) によって酸素イオンを照射することで, GC 上にモスアイ構造を作製した. また, エッチングの条件は加速電圧を 400 V, 酸素流量を 4.00 sccm, 加工時間を 180 min, 210 min に設定した. 次に, 加工した GC に対して離型処理を行った. このようにして作製した GC モールドに UV 硬化樹脂 (PAK-01-CL, 東洋合成工業 (株)) を用いて UV-NIL をすることで透明なモスアイ構造フィルムを得た. そして, 加工した GC と作製したフィルムを走査型電子顕微鏡 (SEM) (ERA-8800FE, (株) エリオニクス) で上面と断面を観察した. また, 作製したフィルムについて紫外可視近赤外分光光度計 (SolidSpec-3700, (株) 島津製作所) で透過率と反射率の測定を行った. ただし, 透過率に関しては転写パターンが付いていない場合の PET フィルムも測定した.

3. 実験結果

作製した試料を上面から観察した SEM 像を Figure 1 に示し, 断面から観察した SEM 像を Figure 2 に示した. また, 測定した透過率を Figure 3 に示し, 反射率を Figure 4 に示した.

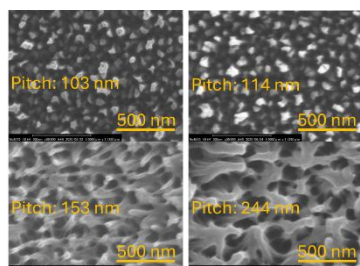


Figure 1. Top view SEM images of the moth-eye structure
Upper: Mold, Lower: Film Left: 180 min Right: 210 min

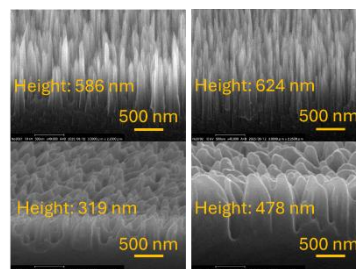


Figure 2. Cross-sectional SEM images of the moth-eye structure
Upper: Mold, Lower: Film Left: 180 min Right: 210 min

Figure 1, 2 より, フィルム上に転写したモスアイ構造は 210 min の場合の方が 180 min よりも元のモールドの高さに対して高さが出ていた.

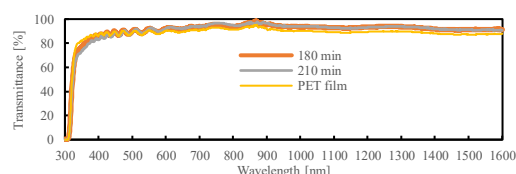


Figure 3. Transmittance of the transferred film

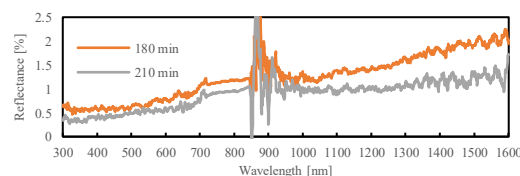


Figure 4. Reflectance of the transferred film

透過率について, Figure 3 より, 可視光線と近赤外線の領域では PET フィルムよりも転写フィルムの透過率の方が高く, 加工時間が 180 min と 210 min の場合での透過率の違いは少なかった. 反射率について, Figure 4 より, 測定範囲内では常に 180 min よりも 210 min の反射率の方が低かった. また, 測定波長が大きくなっていくにつれて, 180 min と 210 min での反射率の差が大きくなっていった.

4. まとめ

RIE で作製したモスアイ構造を NIL で転写して得たフィルムで近赤外線の反射率を 1% 程度に抑えられた.

参考文献

- [1] J. Taniguchi, Y. Kamiya, T. Ohsaki, N. Sakai, *Microelectronic Engineering*, **87** (2010) 859-863.
- [2] T. Yano, H. Sugawara, J. Taniguchi, *Micro and Nano Engineering*, **9** (2020) 100077.