

令和 5 年 5 月 20 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K18995

研究課題名（和文）原子ステップ型超平坦ポリマー基板上でのナノ構造構築とフレキシブル量子機能素子創製

研究課題名（英文）Construction of nano-structured functional thin films on flexible nanoimprinted polymer substrates with atomically patterned surfaces

研究代表者

吉本 護（Yoshimoto, Mamoru）

東京工業大学・物質理工学院・教授

研究者番号：20174998

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,700,000円

研究成果の概要（和文）：原子レベル熱ナノインプリント法により、ポリイミドなどのポリマー基板表面をナノ周期型超平坦表面にした後、ZnOやGa2O3などのワイドギャップ酸化物や導電性ポリマー膜を堆積して新規なフレキシブル電子素子創製のための基盤要素技術の確立をめざした。約0.3nm高さの原子ステップ超平坦サファイアモールドを用いたポリマー基板転写に成功した。超平坦ポリマー上でのPLD室温成膜により、高性能超平坦ZnO薄膜の堆積や非晶質アルミナ/配向ZnO緩衝層付きのポリマー上でのレーザーアニールによる配向性 α -Ga2O3結晶膜の室温合成に成功した。またポリマー上の原子ステップ型超平坦導電性有機薄膜の作製に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の量子機能電子素子やナノ構造を制御した光電子機能薄膜の構築にはシリコンなどの無機系基板が広く用いられてきたが、本成果により、独自に作製された原子ステップ型超平坦ポリマー基板は、次世代超機能フレキシブル電子デバイス薄膜の堆積用基板として極めて有望であることが実証された。また、高分子科学の観点からみて注目すべきは、高分子材料のようにミクロンオーダーの巨大分子鎖が複雑に絡み合う表面においても、モノマー分子サイズ（約0.5 nm）よりも小さな原子スケール（約0.3nm）の段差パターンが転写されたことである。

研究成果の概要（英文）：The aim of this project was to establish a fundamental and elemental technology for the creation of novel flexible electronic devices by depositing wide-gap oxides such as ZnO and Ga2O3 and conductive polymer films on the nanopatterned surface of polymer substrates such as polyimides by applying the atomic-level thermal nanoimprinting method for formation of a nano-periodic ultra-flat surface. We succeeded in nanopattern-transferring for polymer substrates using an atomic step ultra-flat sapphire mold with a height of about 0.3 nm. Room-temperature growth of high-performance ultra-smooth ZnO films on ultra-smooth polymers by PLD and room-temperature synthesis of oriented α -Ga2O3 crystal films by laser annealing on polymers with amorphous alumina/oriented ZnO double buffer layers were successfully achieved. Atom-stepped ultra-flat conductive organic thin films on polymers were also successfully prepared.

研究分野：薄膜電子材料工学

キーワード：原子レベルナノインプリント ワイドギャップ半導体 超平坦ポリマー基板 導電性有機薄膜 酸化物薄膜 ポリイミド 原子ステップ構造 フレキシブル電子素子

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

Si や GaAs、超伝導体などの量子機能電子デバイスの作製やナノ構造を制御した光電子機能薄膜の構築には、シリコンやサファイア（単結晶アルミナ）などの柔軟性に乏しい無機系単結晶基板や酸化物ガラス基板が広く用いられてきた。これは熱安定性に加えて、表面平坦性の制御が容易であり、単原子層レベルの原子ステップを持つ超平坦基板が、1000°C程度の高温度アニールで自己組織化現象に起因して得られ易いことも一因となっている。図1は、市販の鏡面研磨サファイア R面単結晶基板を、大気中 1000°Cで熱処理後の表面 AFM 像（左）と断面構造模式図（右）である¹⁾。

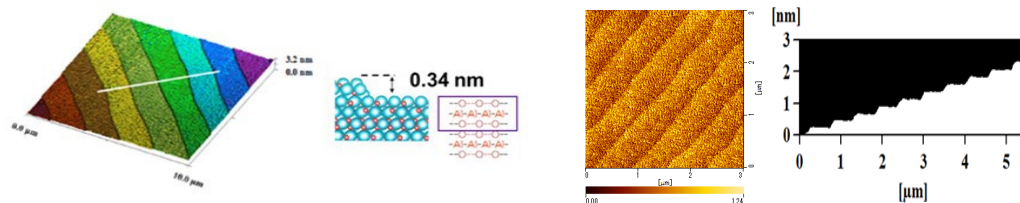


図1 原子ステップ型サファイア R面基板 AFM 表面像(左)と 原子ステップ (0.34nm 高さ) 断面構造模式図(右) 図2 原子ステップ型ポリイミドポリマー基板 AFM 像 (3 x 3 μm²) (左)とステップ断面形状 (約 0.3nm 高) (右)

本研究では電子機器でのフレキシブルポリマー基板として利用されているポリイミド基板、ポリメチルメタクリレート (PMMA) 基板、シクロオレフィンポリマー (COP) 基板を使った。これまでナノパターン鋳型（モールド）を使う型押し成形の一種である熱ナノインプリント手法により、図1の原子ステップサファイア基板をモールドにして、酸化物ガラスや図2に示すように原子ステップ型ポリイミド基板などの作製に成功してきた。²⁻⁷⁾ ポリマー基板上での原子レベル階段形状と超平坦表面を世界に先駆けて実現し、世界で類をみないオンリーワンのアプローチを遂行して、これまでにポリマー基板上での酸化物や金属などの1次元から2次元さらに3次元ナノ構造の作製を報告してきた。⁸⁻¹⁰⁾

2. 研究の目的

本研究は、高耐熱ポリイミド樹脂などのフレキシブル市販ポリマーシートを使い、独自開発した表面加工技術により、単原子レベル（約 0.3nm 高さ）の周期的ステップ構造からなる、Si 基板並みの超平坦表面を持つポリマー基板を作製した上で、原子ステップエッジなどを利用して、ZnO、In₂O₃、Ga₂O₃などの半導性酸化物や導電性有機物を堆積して、量子効果を示すようなナノワイヤー（量子細線）・ナノドット（量子ドット）構造をポリマー基板上に構築するための基盤要素技術を確認することをめざす。さらにこれらを使って今後のフレキシブル量子機能素子の創製の可能性を検討することを目標としている。

3. 研究の方法

1) ポリマー基板への単原子層ステップナノパターン転写と超平坦ポリマー基板の作製：ポリマー基板材料として、市販のポリイミドシート、シクロオレフィンポリマー (COP)、およびアクリル (PMMA) シート基板などを使い、図3に示すようにナノパターン鋳型をポリマー基板上に押し付け、既存の真空対応熱ナノインプリント装置 (Scivax 社製) にセットし、ポリマーのガラス転移温度 (100°C~200°C) 付近で加熱しながら、一軸圧縮応力 (< 数 MPa) を数分間印加した後、冷却・除圧する。

2) ポリマー基板上での薄膜堆積：原子レベルでナノインプリント加工された単原子層ステップ超平坦有機系基板の上に無機酸化物系、および有機系の薄膜を堆積する。ポリマー基板上への薄膜構築プロセスの一つとしては、図4に示すような KrF エキシマレーザー (248nm) を使ったパルスレーザー堆積法 (PLD) を主に利用する。酸化物や金属材料を原料ターゲットとして、室温 (20°C) ~200°C 付近でナノパターンポリマー基板上に薄膜を堆積する。あるいは、図5に示すスピコート法により、回転するポリマー基板上に導電性有機物 (PEDOT:PSS) を含む溶液を滴下して薄膜を堆積する。

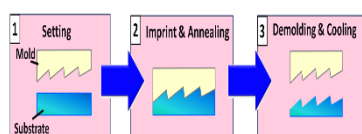


図3 原子レベルパターン転写のためのナノインプリントプロセスの概略図

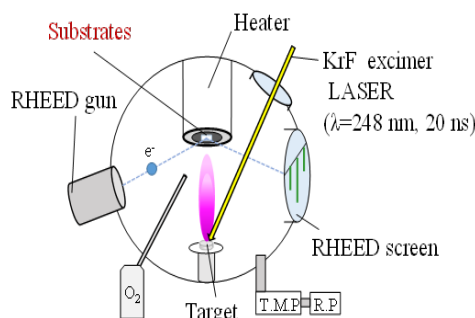


図4 パルスレーザー堆積法 (PLD)

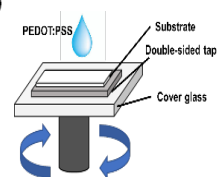


図5 スピコート法による導電性有機薄膜の堆積

4. 研究成果

4-1. 原子ステップ型超平坦ポリマー基板上における ZnO 薄膜の結晶成長

ZnO などの酸化物半導体を用いたデバイスでは、結晶構造に基づく特性や高機能化のため結晶性や配向度の向上が重要である。こうした結晶性酸化物薄膜をポリマー基板上に作製することでフレキシブルデバイスのさらなる発展が期待される。低耐熱性と粗い表面を持つポリマー基板上での結晶配向成長には、低温での結晶核形成と成長方位の制御技術が必要である。そのためポリマー基板表面の物理および化学的制御を用いた酸化物薄膜の結晶成長への効果が期待される。本研究では、ポリマー基板上での高結晶配向 ZnO 薄膜の作製を目的として、シクロオレフィンポリマー (COP) 基板表面への物理および化学的な修飾が ZnO 薄膜の結晶成長に与える効果について検討した。

まず COP 基板の表面に対して、サファイアをモールドとした熱ナノインプリント法(180°C、2.0 MPa、5 min、103 Pa)により、高さ約 0.3 nm の原子ステップ形状を転写した。次に、原子ステップ化表面修飾後および未処理 COP 基板上に ZnO 薄膜を PLD 法により室温で作製した。図 6 に未処理および表面修飾 COP 基板上に成長させた ZnO 薄膜の AFM 像を示す。未処理基板上では、COP 基板の表面形状を反映した凹凸を有する粗い表面である一方、ナノインプリント加工で原子ステップ型超平坦表面の COP 基板上の ZnO 薄膜は、COP 基板のナノインプリントによるモールド形状を反映した平坦な表面であり、RMS 粗さも未処理の約 2.2 nm から 0.6 nm に減少した。

次に、 β -Ga₂O₃ パルク単結晶から数 μ m 厚みのへき開剥離した β -Ga₂O₃ 極薄シートを COP 基板上に圧着させ、 β -Ga₂O₃ バッファー上に ZnO 薄膜を室温 PLD 成長させるとエピタキシャル ZnO 薄膜が得られ、配向度も明確に改善された(図 7)。 β -Ga₂O₃ 単結晶バッファー上に室温成長した COP 基板上 ZnO 薄膜の抵抗率は本研究で作製された種々のポリマー基板上の ZnO 薄膜で最も低い値 ($2 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$) を示した。

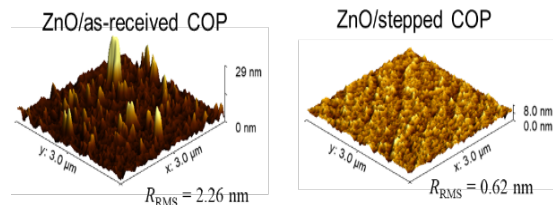


図 6 未処理 (左) および原子ステップ COP 上 ZnO 薄膜 (右) の表面 AFM 像 ($3 \times 3 \mu\text{m}^2$)

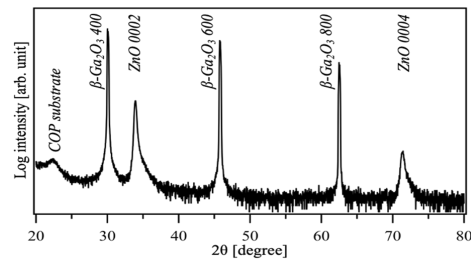


図 7 COP 上 β -Ga₂O₃ パルク単結晶へき開シート緩衝層上に堆積した ZnO 薄膜の XRD パターン

4-2. 原子ステップ形状を有する超平坦 PEDOT:PSS 導電性ポリマー薄膜の作製と導電特性

図 8 の化学構造を有する導電性ポリマー PEDOT:PSS は、透明性、導電性、水分散性に優れ、印刷技術やウェットプロセスによるパターン形成などが可能なことから、プリンタブルかつフレキシブルなエレクトロニクス材料として注目を集めている。これら機能性ポリマーを用いた微細かつ高集積なデバイス形成においては、異種材料との積層や複合化も考慮し、表面・界面平坦性や原子・ナノレベルのパターニングが重要となる。PEDOT:PSS は熱可塑性を示さず、また数十 nm 以上の三次構造が凝集した高次構造をとる。その薄膜へのシングルナノスケール以下の表面パターンニングに関する知見は、フレキシブル電子デバイス形成に有用であるが報告はほとんどない。ここではスピコート法でポリイミドシート上に堆積した PEDOT:PSS 導電性ポリマー薄膜表面への熱ナノインプリント加工による原子レベルパターン転写を検討した。

ポリイミド (PI) 基板表面をエキシマランプを用いた真空紫外光照射(大気中、10 秒間)により親水化した後、PEDOT:PSS 水分散液を PI 基板上に 100 mL 滴下後、6000 rpm、60 秒の条件でスピコートした。これを 170°C で 60 分間乾燥させて PEDOT:PSS 薄膜を作製した。続いて PEDOT:PSS 薄膜表面へ、原子ステップ高さが約 0.3 nm、テラス幅約 600 nm の R 面サファイアモールドを用いた熱ナノインプリントを行った。真空中において 260°C、15 MPa 加圧で、保持時間を 10 分から 60 分間に变化させてナノインプリントした時の薄膜表面の AFM 像と断面プロファイル (下) を図 9 に示す。40 分間の保持で、0.29 nm 高さの原子ステップ形状が明瞭に観察され、図 10 の断面プロファイルに示すように、ポリイミド基板上に原子ステップを有する PEDOT:PSS 導電性ポリマー薄膜の作製に初めて成功した。

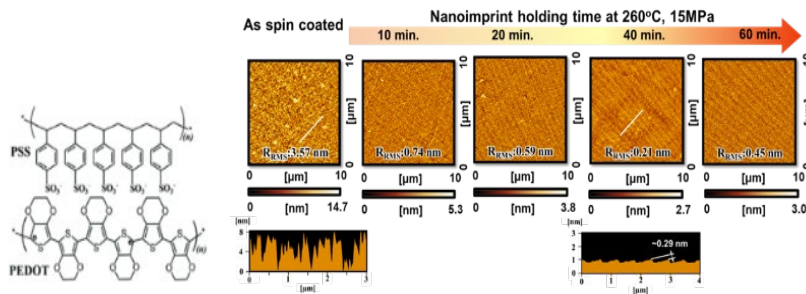


図 8 導電性ポリマー PEDOT:PSS の分子構造

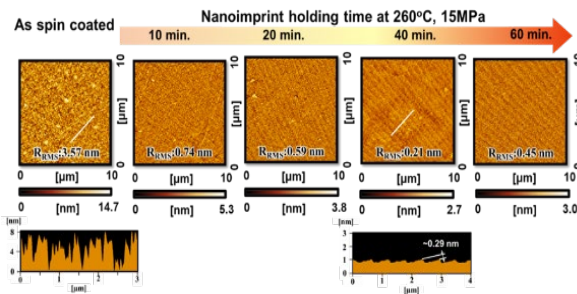


図 9 ポリイミド基板上 PEDOT:PSS 薄膜への原子ステップ転写ナノインプリント保持時間の影響

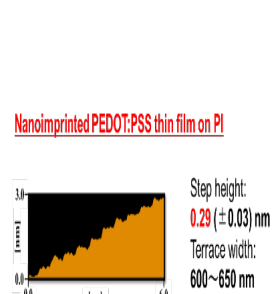


図 10 PEDOT:PSS 薄膜における 0.29nm 高さの原子ステップ断面

4-3. エキシマレーザーアニールによるポリマー基板上 β -Ga₂O₃ 配向膜の固相結晶化成長

β -Ga₂O₃ は、SiC や GaN よりも広い約 4.9 eV のワイドバンドギャップ半導体であり、パワーデバイスや深紫外光検出器などへの応用が期待されている。これまでに β -Ga₂O₃ 薄膜は、硬くて耐熱性のある単結晶基板上において、約 470°C 以上の高温成膜や熱処理により合成されてきた。配向結晶性の β -Ga₂O₃ 薄膜を、安価で軽量、かつ変形が容易な熱可塑性ポリマー基板上に製膜することは、新たな機能を持つフレキシブル電子デバイス創製に寄与する。図 11 に示すように、紫外パルスエキシマレーザーアニール(ELA)による薄膜の固相結晶化では、①非晶質基板上でも容易に c 軸配向する ZnO を COP ポリマー基板上シード層として導入し、さらに②ELA 時のポリマー基板の熱損傷抑制のため、非晶質アルミナ(a-AlO_x)熱バリア層を導入する、という 2 種類の酸化物緩衝層を COP ポリマー基板上に積層することを検討した。

図 12 に COP 基板上の種々の酸化物緩衝層 (ZnO/AlO_x 膜) と ELA 時のレーザーパルス数を変化させて固相結晶化させた時の Ga₂O₃ 薄膜の XRD パターンを示す。GaO_x(100nm)/ZnO(50nm)/AlO_x(1 μm)//COP 基板の ELA : 300 パルスレーザー照射後の XRD パターンで、 β -Ga₂O₃ (-201) 配向結晶に由来するピークが明瞭に観測された。また、図 13 は GaO_x(100nm)/ZnO(50nm)/AlO_x(1 μm)//COP 基板の ELA : 300 パルスレーザー照射後の断面 TEM 像を示す。電子線回折像と高分解能原子像から β -Ga₂O₃ (-201) 配向結晶相が確認された。

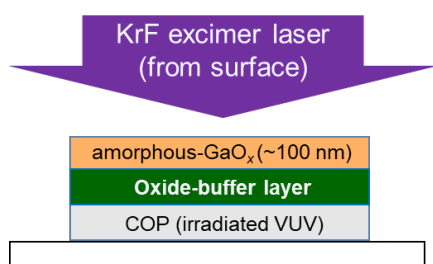


図 11 COP 基板上酸化物緩衝層上に堆積した非晶質 Ga₂O₃ 薄膜のエキシマレーザーアニール固相結晶化の概略図

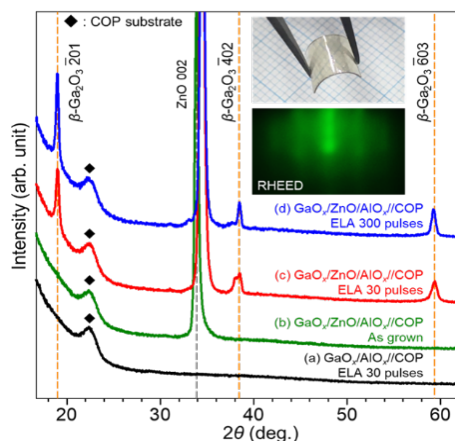


図 12 COP 基板上の種々の緩衝層とレーザーパルス照射後の XRD パターン(挿入図: 試料(d)の外観写真と RHEED 像)

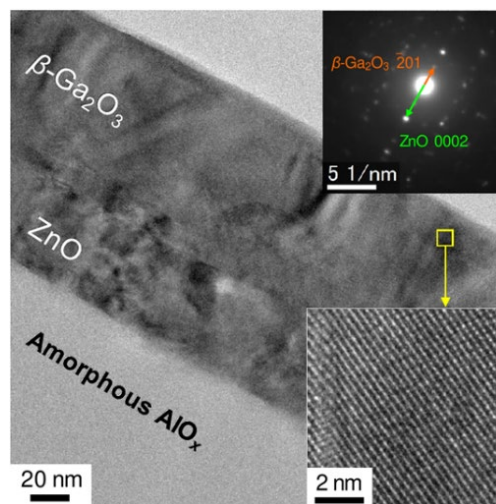


図 13 GaO_x(100nm)/ZnO(50nm)/AlO_x(1 μm)//COP 基板の ELA : 300 パルスレーザー照射後の断面 TEM 像 (挿入図: 電子線回折像 (SAED) と高分解能原子像)

<引用文献>

- 1) M. Yoshimoto et al., Appl. Phys. Lett., vol. 67, 2615-2617 (1995).
- 2) S. Akiba et al., Appl Surf. Sci., vol. 253, 4512-4514 (2007).
- 3) Y. Akita et al., Jpn. J. Appl. Phys., vol. 46(15), L342-L344 (2007).
- 4) Y. Akita et al., Materials Science and Engineering B, vol. 161, 151-154 (2009).
- 5) Y. Akita et al., Appl. Phys. Express, vol. 4, 035201-1 - 035201-3 (2011).
- 6) M. Yoshimoto, Applied Physics A vol. 121, 321-326 (2015).
- 7) O. Suga et al., Jpn. J. Appl. Phys. vol. 54, 098001(1)-(3) (2015).
- 8) K. Shimada et al., Jpn. J. Appl. Phys., vol. 55, 098002-1-3 (2016).
- 9) G. Tan et al., Nanotechnology, vol. 27 295603-1-3 (2016).
- 10) G. Tan et al., Polymer Journal, vol. 48, 225-227 (2016).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 9件）

| | |
|---|--------------------------|
| 1. 著者名 Ryoya Kai, Tomoaki Oga, Kazuki Watanabe, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 62 |
| 2. 論文標題 Fabrication of highly-oriented α -Ga ₂ O ₃ thin film on ZnO/AlO _x -buffered cyclo-olefin polymer substrate by excimer laser annealing at room temperature | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys. | 6. 最初と最後の頁 048003-1-5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/accc63 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Tomoaki Oga, Satoru Kaneko, Yutaka Majima, Hisashi Miyazaki, Akifumi Matsuda and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 131 |
| 2. 論文標題 Room-temperature fabrication of epitaxial ZnO thin films on polymer substrates coated with a seed layer of exfoliated α -Ga ₂ O ₃ single-crystal thin sheets by pulsed laser deposition | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan | 6. 最初と最後の頁 130-134 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.22152 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Okkyun Seo, Jaemyung Kim, Jiayi Tang, L.S.R. Kumara, Koji Kimoto, Kazushi Miki, Akifumi Matsuda, Mamoru Yoshimoto, and Osami Sakata | 4. 巻 945 |
| 2. 論文標題 Control of atomic ordering of LiNiO ₂ thin films on a sapphire substrate from rock-salt to layered structure using uniaxial compression | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 J. Alloys Compd. | 6. 最初と最後の頁 169177 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2023.169177 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 Tomoaki Oga, Ryoya Kai, Naho Kaneko, Hisashi Miyazaki, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 603 |
| 2. 論文標題 Crystallinity improvement of room-temperature PLD-deposited ZnO thin films on cyclo-olefin polymer substrates subject to surface-pretreatment with vacuum-UV-light irradiation | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 J. Cryst. Growth | 6. 最初と最後の頁 127012 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcrysgro.2022.127012 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Goon Tan, Hiroaki Fukuta, K. Kanishka H. De Silva, Akifumi Matsuda, Masamichi Yoshimura, Mamoru Yoshimoto, and Kenji Umezawa | 4. 巻 40 |
| 2. 論文標題 Characterization of vacuum ultraviolet-irradiated surface modification of CoO(111) crystal by low-energy atom scattering spectroscopy | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 J. Vac. Sci. Technol. A | 6. 最初と最後の頁 63202 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/6.0001971 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 Satoru Kaneko, Takashi Tokumasu, Manabu Yasui, Masahito Kurouchi, Satomi Tanaka, Chihiro Kato, Shigeo Yasuhara, Tamio Endo, Akifumi Matsuda, Mamoru Yoshimoto, Musa Can, Sumanta Kumar Sahoo, Kripasindhu Sardar, Jyh-Ming Ting, and Masahiro Yoshimura | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Carbon clusters on substrate surface for graphene growth- theoretical and experimental approach | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 15809 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-20078-x | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Yanna Chen, Osami Sakata, Hiroyuki Morita, Akifumi Matsuda, Fanhao Jia, Okkyun Seo, Loku Singgappulige Rosantha Kumara, Toshiaki Ina, Eiichi Kobayashi, Jaemyung Kim, Chulho Song, Satoshi Hiroi, Natalia Palina, Yanfang Lou, Wei Ren, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 578 |
| 2. 論文標題 Electronic states of gallium oxide epitaxial thin films and related atomic arrangement | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Appl. Surf. Sci. | 6. 最初と最後の頁 151943-1-10 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-20078-x | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Hiroyuki Morita, Takumi Matsushima, Kisho Nakamura, Kenta Kaneko, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 A39 |
| 2. 論文標題 Solid-phase epitaxial crystallization of α -Ga ₂ O ₃ thin film by KrF excimer laser irradiation from backside of NiO (111)-buffered α -Al ₂ O ₃ (0001) substrate at room temperature | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 J. Vac. Sci. Technol. | 6. 最初と最後の頁 043414-043417 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/6.0000996 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|--------------------------|
| 1. 著者名 Subaru Nakanishi, Yoshiharu Shinozaki, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 P-type amorphous vanadium oxide thin film fabricated by pulsed laser deposition | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys. | 6. 最初と最後の頁 078004-1-3 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab9ef7 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|--------------------------|
| 1. 著者名 Tomoaki Oga, Shiori Yamada, Naho Kaneko, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 Fabrication of ultra-flat c-axis oriented ZnO thin films on atomically stepped cyclo-olefin polymer (COP) substrates by pulsed laser deposition at RT | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys. | 6. 最初と最後の頁 128001-1-3 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/abc65e | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Okkyun Seo, Akhil Tayal, Jaemyung Kim, Chulho Song, Yanna Chen, Satoshi Hiroi, Yoshio Katsuya, Toshiaki Ina, Osami Sakata, Yuki Ikeya, Shiori Takano, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Tuning of structural, optical band gap, and electrical properties of room-temperature-grown epitaxial thin films through the Fe ₂ O ₃ :NiO ratio | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 4309-1-4309-9 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-41049-9 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Akifumi Matsuda, Yasuhisa Nozawa, Satoru Kaneko, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 480 |
| 2. 論文標題 Solid-phase epitaxy and pressure-induced topotaxy of the V ₂ O ₅ and V ₂ O ₃ thin films on sapphire using annealing under uniaxial compression | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Applied Surface Science | 6. 最初と最後の頁 956-961 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2019.01.189 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Yusuke Tachibana, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 128 |
| 2. 論文標題 Effect of MgO powder addition to alkali and alkaline-earth borosilicate glass paste on the acid durability and peel adhesion characteristics of Ag conductors formed with the glass paste | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 J. Ceram. Soc. Jpn | 6. 最初と最後の頁 142-148 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.19157 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|----------------------|
| 1. 著者名 S. Kaneko, T. Tokumasu, M. Yasuii, Musa, A. Matsuda, and M. Yoshimoto | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 Construction of a lattice constant in an epitaxial magnesium oxide film deposited on a silicon substrate | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys. | 6. 最初と最後の頁 06-1-4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/aaec11 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Akifumi Matsuda, Yasuhisa Nozawa, Satoru Kaneko, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 480 |
| 2. 論文標題 Solid-phase epitaxy and pressure-induced topotaxy of the V ₀₂ and V ₂₀₃ thin films on sapphire using annealing under uniaxial compression | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Applied Surface Science | 6. 最初と最後の頁 956-961 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2019.01.189 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Okkyun Seo, Akhil Tayal, Jaemyung Kim, Chulho Song, Yanna Chen, Satoshi Hiroi, Yoshio Katsuya, Toshiaki Ina, Osami Sakata, Yuki Ikeya, Shiori Takano, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Tuning of structural, optical band gap, and electrical properties of room-temperature-grown epitaxial thin films through the Fe ₂₀₃ :NiO ratio | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 4309-1-4309-9 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-41049-9 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計48件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 13件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 梅本琉花・前田優斗・大賀友瑛・金子智・吉本護・松田晃史 |
| 2. 発表標題 熱ナノインプリントによるポリ乳酸シート表面の原子ステップ平坦化 |
| 3. 学会等名 2023年応用物理学会春年会（上智大学） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大澤樹・庄司拓貴・金子健太・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 新規熱電材料創製に向けた不純物添加非晶質酸化バナジウム系薄膜のUV光照射等による構造・電気特性制御 |
| 3. 学会等名 2023年応用物理学会春年会（上智大学） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 島田侑果・前田優斗・大賀友瑛・金子智・吉本護・松田晃史 |
| 2. 発表標題 ナノインプリント法およびパルスレーザー堆積を用いたポリマー表面上への金属ナノ粒子周期パターン形成 |
| 3. 学会等名 2023年応用物理学会春年会（上智大学） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 沼田拓実・甲斐稜也・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 p/n半導性制御のための不純物ドーピング-Ga ₂ O ₃ 薄膜の室温固相結晶化に向けたエキシマレーザーアニールプロセスの検討 |
| 3. 学会等名 2023年応用物理学会春年会（上智大学） |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 甲斐稜也・沼田拓実・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 ポリマー基板上へのワイドギャップ -Ga203配向性結晶薄膜のレーザーアニール室温合成 |
| 3. 学会等名 2023年日本セラミックス協会春年会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuto Maeda, Naho Kaneko, Tomoaki Oga, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Nanoimprint Formation of the Atomically Ultra-Smooth Surface of the PEDOT: PSS Conducting Polymer Thin Film for Flexible Optoelectronic Devices |
| 3. 学会等名 2022 MRS Fall Meeting & Exhibit (Boston, USA) (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Ryoya Kai, Tomoaki Oga, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Room-Temperature Fabrication of Highly-Oriented -Ga203 Thin Film on ZnO/AlO _x -Buffered Cyclo-Olefin Polymer Substrate via Excimer Laser Annealing of Amorphous Thin Film |
| 3. 学会等名 2022 MRS Fall Meeting & Exhibit (Boston, USA) (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tomoaki Oga, Ryoya Kai, Hisashi Miyazaki, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Lowering in Resistivity and Ultra-Flattening of AZO Thin Films on Cyclo-Olefin Polymer Substrates via Substrate-Surface Modification for Flexible Optoelectronics |
| 3. 学会等名 2022 MRS Fall Meeting & Exhibit (Boston, USA) (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Satoru Kaneko, Manabu Yasui, Masahito Kurouchi, Chihiro Kato, Satomi Tanaka, Takashi Tokumasu, Shigeo Yasuhara, Tamio Endo, Musa Can, Ruei-Sung Yu, Kripasindhu Sardar, Sumanta Sahoo, Masahiro Yoshimura, Akifumi Matsuda, Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Designing Carbon Cluster for Graphene Growth by Molecular Dynamics-Selection of Substrate Material, Crystal Orientation |
| 3. 学会等名 2022 MRS Fall Meeting & Exhibit (Boston, USA) (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yuto Maeda, Naho Kaneko, Tomoaki Oga, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Formation of the atomically stepped surface of the spin-coated PEDOT:PSS conducting polymer thin film by thermal nanoimprinting |
| 3. 学会等名 The 22nd International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology (NNT 2022) (Toyama, Jpn) (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tomoaki Oga, Hisashi Miyazaki, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Influence of atomic-scale thermal-nanoimprint patterning and surface modification of the polymer substrate on growth of functional oxide thin films |
| 3. 学会等名 The 22nd International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology (NNT 2022) (Toyama, Jpn) (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大賀友瑛・宮崎尚・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 シクロオレフィンポリマー基板への表面修飾がAZO薄膜の電気特性に与える影響 |
| 3. 学会等名 2022年応用物理学会秋年会 (東北大学) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 甲斐稜也・沼田拓実・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 室温でのエキシマレーザーアニールにより作製した酸化物緩衝層付きポリマー基板上の $\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 配向膜の構造及び光学特性の評価 |
| 3. 学会等名 2022年応用物理学会秋年会（東北大学） |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 前田優斗・梅本琉花・島田侑果・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 原子ステップ形状を有する超平坦PEDOT:PSS導電性ポリマー薄膜の作製と表面特性制御 |
| 3. 学会等名 2022年応用物理学会秋年会（東北大学） |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 梅本琉花・前田優斗・大賀友瑛・金子智・吉本護・松田晃史 |
| 2. 発表標題 熱ナノインプリントによるポリ乳酸シート表面の形状制御と超平坦化 |
| 3. 学会等名 2022年応用物理学会秋年会（東北大学） |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大澤樹・庄司拓貴・金子健太・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 PLD合成したアモルファス酸化バナジウム系薄膜の紫外光照射及び一軸圧縮熱処理による電気特性制御 |
| 3. 学会等名 2022年応用物理学会秋年会（東北大学） |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 島田侑果・前田優斗・大賀友瑛・金子智・吉本護・松田晃史 |
| 2. 発表標題 ナノインプリント法を用いたポリマー基板表面の薄膜周期パターン形成 |
| 3. 学会等名 2022年応用物理学会秋年会（東北大学） |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 沼田拓実・甲斐稜也・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 室温でのエキシマレーザーアニーリングによる不純物ドーピング-Ga ₂ O ₃ 薄膜の固相エピタキシャル成長と特性評価 |
| 3. 学会等名 2022年応用物理学会秋年会（東北大学） |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大賀友瑛・宮崎尚・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 シクロオレフィンポリマー基板上ZnO薄膜の低温PLD結晶成長に与える物理・化学的な基板表面修飾の効果 |
| 3. 学会等名 2022年日本セラミックス協会秋季シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ryoya Kai, Kazuki Watanabe, Kenta Kaneko, Tomoaki Oga, Satoru Kaneko, Mamoru Yoshimoto, Akifumi Matsuda |
| 2. 発表標題 Rapid oriented crystallization of Ga ₂ O ₃ thin films on flexible polymer substrates by excimer laser annealing |
| 3. 学会等名 The 5th International Conference for Young Researchers on Advanced Materials (ICYRAM 2022) (Kyushu, Jpn) (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tomoaki Oga, Ryoya Kai, Naho Kaneko, Kenta Kaneko, Satoru Kaneko, Hisashi Miyazaki, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Fabrication of Highly-Oriented Wide-Bandgap Oxide Thin Films on the Surface-Modified Polymer Substrates by Room-Temperature UV Laser/Light Processes |
| 3. 学会等名 2022 MRS Spring Meeting & Exhibit (Honolulu, USA) (国際学会) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 甲斐稜也・渡邊一樹・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 エキシマレーザーアニーリングを用いたポリマー基板上におけるGa ₂ O ₃ 薄膜の固相結晶化 |
| 3. 学会等名 2021年第82回 応用物理学会 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 前田優斗・金子奈帆・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 熱ナノインプリントパターンを有するポリマー基板上でのPEDOT:PSS薄膜の液相堆積 |
| 3. 学会等名 2021年第82回 応用物理学会 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大賀友瑛・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 表面修飾したシクロオレフィンポリマー基板上におけるZnO薄膜の高配向成長と特性評価 |
| 3. 学会等名 2021年第82回 応用物理学会 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 金子奈帆・前田優斗・大賀友瑛・林智広・Mondarte Evan Angelo・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 ナノパターンポリマー基板上におけるリン酸Ca系薄膜の初期成長過程 |
| 3. 学会等名 2021年第82回 応用物理学会 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大賀友瑛・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 真空紫外光照射したシクロオレフィンポリマー基板上における酸化物薄膜の室温結晶成長 |
| 3. 学会等名 日本セラミックス協会 2021年第34回秋季シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tomoaki Oga, Naho Kaneko, Kenta Kaneko, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Room-Temperature Growth of Ultra-Flat Transparent Conducting ZnO Thin Films on the Morphologically and Chemically Surface-Modified Polymer Substrates for Flexible Optoelectronics Devices |
| 3. 学会等名 2021 MRS Spring/Fall Meeting (USA, online) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Naho Kaneko, Yuto Maeda, Tomoaki Oga, Kazuki Watanabe, Kenta Kaneko, Tomohiro Hayashi, Evan Angelo Mondarte, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Nano-Scale Growth Study of Calcium Phosphate Thin Films on the Nanopatterned and Chemically-Modified Polymer Sheets for Flexible Apatite-Based Biodevices |
| 3. 学会等名 2021 MRS Spring/Fall Meeting (USA, online) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tomoaki Oga, Naho Kaneko, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Room-temperature highly-oriented growth of ZnO thin films on surface modified cyclic olefin polymer substrates |
| 3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) (Yokohama, online) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Naho Kaneko, Yuto Maeda, Tomoaki Oga, Tomohiro Hayashi, Evan Angelo Quimada Mondarte, Satoru Kaneko, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Nano-scale observation of calcium phosphate thin film growth on the nanopatterned and modified polymer surface |
| 3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) (Yokohama, online) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大賀友瑛・宮崎尚・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 へき開した -Ga_{203} (100)をシード層としたポリマー基板上での機能性酸化物薄膜のエピタキシャル成長 |
| 3. 学会等名 日本セラミックス協会 2022年年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大賀友瑛・宮崎尚・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 -Ga_{203} 単結晶へき開シード層を用いたポリマー基板上ZnO薄膜のエピタキシャル成長 |
| 3. 学会等名 2022年第69回 応用物理学会 春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 甲斐稜也・渡邊一樹・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 紫外レーザーアニールによるポリマー基板上 -Ga ₂ O ₃ 高配向膜の作製 |
| 3. 学会等名 2022年第69回 応用物理学会 春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 前田優斗・金子奈帆・大賀友瑛・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 熱ナノインプリントによるポリマー上PEDOT:PSS薄膜への原子ステップ形状転写 |
| 3. 学会等名 2022年第69回 応用物理学会 春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大賀友瑛・大島淳史・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 環状オレフィンポリマー基板表面への172nm真空紫外光照射が及ぼすZnO薄膜配向成長への影響 |
| 3. 学会等名 第81回 応用物理学会 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 大島淳史・大賀友瑛・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 導電性ポリマー被覆PETフィルムのナノインプリント平坦化と電気特性評価 |
| 3. 学会等名 第81回 応用物理学会 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大賀友瑛・金子奈帆・大島淳史・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 シクロオレフィンポリマー基板の真空紫外光処理によるZnO薄膜結晶成長への影響 |
| 3. 学会等名 MRM Forum 2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 金子奈帆・大賀友瑛・大島淳史・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 ソフト化学プロセスを用いたナノパターン高分子基板上的のリン酸Ca系薄膜の成長 |
| 3. 学会等名 MRM Forum 2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大賀友瑛・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 環状オレフィンポリマー基板への種々の表面修飾が及ぼすZnO薄膜の配向結晶成長への影響 |
| 3. 学会等名 第68回 応用物理学会 春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 金子奈帆・大賀友瑛・大島淳史・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 熱ナノインプリントによるナノパターンを有するポリマー基板上へのリン酸Ca系薄膜の堆積 |
| 3. 学会等名 第68回 応用物理学会 春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大賀友瑛・大島淳史・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 エキシマ光プロセスを用いた超平坦ポリマー基板上でのZnO薄膜の低温合成 と結晶配向化 |
| 3. 学会等名 第80回 応用物理学会 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大島淳史・大賀友瑛・金子奈帆・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 導電性ポリマー基板への原子・ナノレベル周期パターン転写と特性評価 |
| 3. 学会等名 第80回 応用物理学会 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 金子奈帆・大賀友瑛・大島淳史・金子智・松田晃史・吉本護 |
| 2. 発表標題 ポリマーに転写した原子レベルナノパターンの光・熱による形状制御 |
| 3. 学会等名 第80回 応用物理学会 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 T. Oga, K. Iwasa, S. Yamada, H. Morita, S. Kaneko, A. Matsuda, M. Yoshimoto |
| 2. 発表標題 Fabrication of UV-sensitive semiconductor thin films on ultra-flat polymer sheets with 0.3 nm-high atomic step-and-terrace surface |
| 3. 学会等名 2019 MRS Spring Meeting & Exhibit |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大賀, 岩佐, 山田, 金子, 松田, 吉本 |
| 2. 発表標題 酸化物半導体薄膜の成長および特性に及ぼすポリマー基板表面における原子レベルパターンの影響 |
| 3. 学会等名 第66回 応用物理学会(2019) 春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 松田, 吉本 |
| 2. 発表標題 Atomic-scale flattened/patterned flexible substrates for nanomaterials formation |
| 3. 学会等名 The 4th International Conference for Young Researchers on Advanced Materials (ICYRAM 2018) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岩佐, 大賀, 土嶺, 金子, 松田, 吉本 |
| 2. 発表標題 周期的ナノパターン表面を有するポリマー基板上への酸化物半導体薄膜の作製と電気特性評価 |
| 3. 学会等名 第79回 応用物理学会(2018) 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山田, 岩佐, 大賀, 金子, 松田, 吉本 |
| 2. 発表標題 0.3 nm高さの直線状原子ステップを有するPMMA及びポリイミドシートにおける光化学反応および成膜による表面特性の制御 |
| 3. 学会等名 第79回 応用物理学会(2018) 秋季学術講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 応用物理学会・ナノインプリント技術研究会(編)(分担執筆：第1編)) | 4. 発行年 2019年 |
| 2. 出版社 オーム社 | 5. 総ページ数 802 |
| 3. 書名 ナノインプリント技術ハンドブック | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| 東京工業大学物質理工学院 吉本・松田研究室 http://www.yoshimoto.iem.titech.ac.jp/ |
|--|

6. 研究組織

| 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|