

令和 2 年 5 月 10 日現在

機関番号：32657
 研究種目：基盤研究(C) (一般)
 研究期間：2017～2019
 課題番号：17K05021
 研究課題名(和文) 厚膜レジストパターンの断面形状制御を利用したマイクロレンズアレイ製作技術の研究

 研究課題名(英文) Research on fabrication technology of micro-lens arrays utilizing cross section profile control of thick resist patterns

 研究代表者
 堀内 敏行(Horiuchi, Toshiyuki)

 東京電機大学・工学部・研究員

 研究者番号：00297582
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：石英基板上の厚膜レジストに対し、50 μm ラインアンドスペース(L&S)パターンをぼかし露光し、蒲鉾型に密接したパターンを形成してレンチキュラーレンズアレイに応用する研究を行った。りんごの絵の上に50 μm L&Sレチクルを重ね、その上に前記レンチキュラーレンズアレイを置いた結果、視点により、りんごの絵と黒一色画面が切り替わった。次に、ドットパターンをぼかし露光して凹面レジストパターンを形成し、エポキシ樹脂を流し込んでマイクロ凸レンズアレイを作る研究を行った。ピッチ 47.4 μm で約2mm角の範囲に密接して製作でき、平行光束を入れると、レンズ形状から推測した位置付近に光スポットアレイを形成できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的には、従来半導体集積回路やマイクロ電気機械システム(MEMS)等のnm～ μm 寸法の超微細パターンを超平坦なウエハ上に塗布したnm～sub μm 厚さの薄膜レジストを用いて形成する技術として使われていた光リソグラフィを、デフォーカス投影露光という特徴的な方策を中心とする大パターン用厚膜レジストリソグラフィに転用し、10～100 μm 寸法のレンズアレイ形成に適用できることを示したことに大きな意義がある。社会的には、実証した短ピッチレンチキュラーレンズは2画像切り替えや立体写真の高精細化に利用でき、凸レンズアレイは計測用や樹脂硬化用に光スポットを多点同時形成に応用できる点で有意義である。

研究成果の概要(英文)：Novel fabrication method of lenticular lens arrays using projection lithography was researched. Gently curved semicylindrical resist patterns were successfully formed on thin quartz plates by printing 50 μm line-and-space patterns under largely defocused conditions. When an apple picture, a 50 μm line-and-space film reticle, and a lenticular lens plate were piled and contacted in this order, the apple and all black scenes were well switched by changing the view points. In addition, new fabrication method of convex micro-lens array was researched. At first, concave patterns were formed by printing hole patterns on a thick resist film using projection lithography under largely defocused conditions. Next, epoxy resin was poured into the concave patterns. As a result, epoxy convex lenses were densely formed in a matrix with a pitch of 47.4 μm in 2-mm fields. When a parallel light flux was applied, light spots were formed at the focal position supposed by the measured lens shape.

研究分野：光リソグラフィ

キーワード：光リソグラフィ マイクロレンズアレイ レンチキュラーレンズ 投影露光 デフォーカス 厚膜レジスト 側壁制御 大パターン

1. 研究開始当初の背景

リソグラフィは感光性樹脂膜を所望の形状に感光させ、現像を経て微細パターンを得る技術である。研究代表者は、半導体集積回路や MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)用の膜厚 $1\mu\text{m}$ 以下の薄膜レジストではなく $10\sim 400\mu\text{m}$ の厚膜レジストを利用して投影露光により大パターンを転写し、その際、側壁形状を制御することにより、レジストへの1回のリソグラフィのみで、様々な三次元形状を作る技術を長年研究して来た。研究の過程で、適切なデフォーカスで投影露光すると、ラインアンドスペース(L&S)パターンが解像せずに隣どうしがくっ付き蒲鉾型のパターンが密接して並ぶ条件があることが分かった。そして、そのパターンを静止画の切替えや立体写真に利用されているレンチキュラーレンズアレイの高精細化に応用できると考えた。一方、吸収の大きい厚膜ポジ型レジストを用いてデフォーカス量を調整すると、直径 $10\sim 40\mu\text{m}$ の球面状の窪みを曲率半径や側壁傾角を制御して形成できた。そのため、透明樹脂を直接流し込めば、金型を用いずにマイクロ凸レンズアレイができると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、低開口数の投影露光装置を大きくデフォーカスした条件で用いて厚膜レジストへの投影露光リソグラフィにより曲面パターンを作る技術を応用し、ピッチ $50\sim 100\mu\text{m}$ のレンチキュラーレンズアレイや、直径 $20\sim 40\mu\text{m}$ の凸レンズアレイを製作できるようにすることである。

3. 研究の方法

レンチキュラーレンズアレイの製作には、フィールドサイズ 15mm 角の等倍投影露光装置、凸レンズアレイの製作には、フィールドサイズ 2mm 角の $1/19$ 縮小投影露光装置を用いた。どちらも自作した装置であり、投影レンズとしてマクロ撮影用のカメラレンズを用いている。そして、F ナンバを変えれば、開口数 NA を $0.01\sim 0.1$ に変更できる。デフォーカスを与えると、原図パターンがぼやけた光強度分布がウエハ面に形成される。レジスト毎に透過率が異なるため、幾つかの厚膜レジストを用いて、大きいデフォーカスを与えて形成すれば、様々な曲面断面のパターンが得られる。露光条件を適切に変化させれば、曲率をある程度制御できるので、所望のレンズ形状を得ることができる。

レンチキュラーレンズパターンについては、投影露光の露光量とデフォーカス量をパラメータとして、露光条件とパターン断面形状との関係を明らかにした。そして、透明性の高いレジストで透明石英基板上に形成したパターンをレンチキュラーレンズとして使い、レンズの基本機能を確認した。

凸レンズアレイについては、レジストの凹パターンに流し込んで転写したエポキシ樹脂凸レンズの形状、寸法を測定し、円弧と直線で近似できることを明らかにした。また、平行光束を入れて光スポット群を作り、要素レンズ毎に集光作用が生じることを確認した。そして、測定したレンズ形状から光線追跡で推測した位置と実際に光スポット群ができる位置との関係を調べた。

4. 研究成果

まず、石英基板上の厚膜レジストに対し、 $50\mu\text{m}$ ラインアンドスペース(L&S)パターンをぼかし露光し、蒲鉾型に密接したパターンを形成してレンチキュラーレンズアレイに応用する研究を行った。りんごの絵の上に $50\mu\text{m}$ L&S レチクルを重ね、その上に前記レンチキュラーレンズアレイを置いた結果、視点を変えると、りんごの絵と黒一色画面が切り替わった。^{1,2)} 次に、ドットパターンをぼかし露光して凹面レジストパターンを形成し、エポキシ樹脂を流し込んでマイクロ凸レンズアレイを作る研究を行った。ピッチ $47.4\mu\text{m}$ で約 2mm 角の範囲に密接して製作でき、平行光束を入れると、レンズ形状から推測した位置付近に光スポットアレイを形成できた。³⁾

後半の期間に別の製法として、ドットアレイパターンをマスキング材としてステンレス板をウェットエッチングし、アンダーカットを利用して凸レンズ状の突起アレイを作って、レンズアレイの金型とできないかを検討した。表面が粗くなってしまったため、レンズアレイの金型としては不十分と思われたが、突起が撥水葉の表面形状と類似しており、実際に撥水性が上がることが分かった。⁴⁾ また、液晶プロジェクタや光ファイバアレイを用いてグレースケール露光によりレンズ形状の厚膜レジストパターンを形成することも検討した。液晶露光した上層パターンをマスキング材として下層の厚膜レジストパターンを形成する新しい露光技術を創出した。⁵⁾

さらに、本研究の基盤技術として培った厚膜レジストのプロセス、デフォーカス露光、ステンレスのエッチング技術などは、マイクロレンズの製作以外に、医療用ステントなどを作るための小径ステンレス管の高精細加工技術⁶⁾、垂直壁2液混合マイクロミキサの検討⁷⁾などにも利用することができた。代表的成果を以下に詳しく示す。

(1) レンチキュラーレンズアレイに関する研究^{1,2)}

レンチキュラーレンズパターンは大きくデフォーカスした約 1:1 の投影露光により形成した。レチクルとしては $50\mu\text{m}$ のライン&スペースパターンを有するフィルムレチクルを用いた。投影露光装置のフィールドサイズは 15mm 角である。レジストとしてはネガ型の SU-8 を使い、膜厚約 $120\mu\text{m}$ に塗布した。露光光源は水銀ランプ(Inflidge, UV-CURE120)、投影レンズはマクロ撮影用カメラレンズ(Sigma, AF50 mm F2.8 EX DG MACRO)である。デフォーカスにより、遮光部も露光されるため、図 1 に示すように、 $100\mu\text{m}$ ピッチのレンチキュラーレンズパターンが得られる。最初にシリコンウエハ上にパターンを形成し、切断して走査型電子顕微鏡(SEM) (JSM-5510, JEOL)によりパターンの断面形状を調べた。ウエハのデフォーカス量を $+3000\mu\text{m}$ として、露光時間を変化させたときのパターン断面形状の変化の概略を図 2 に示す。

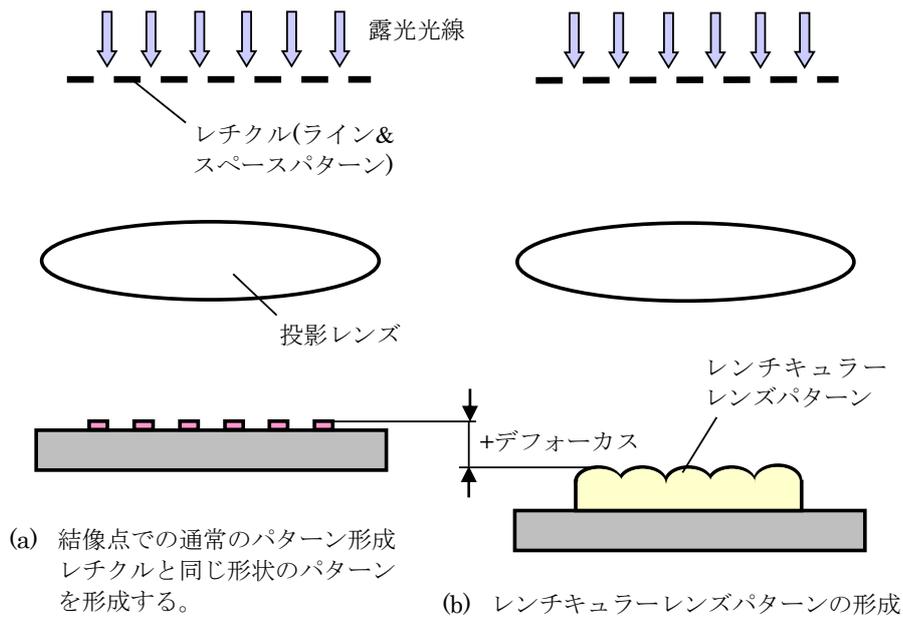


図1 デフォーカス投影露光によるレンチキュラーレンズパターンの形成

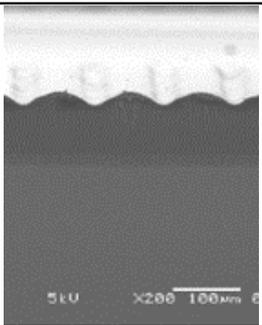
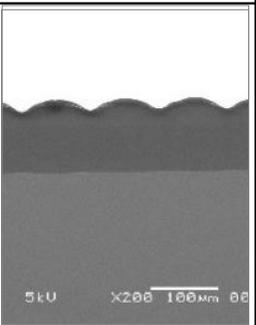
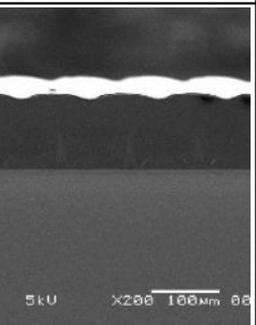
露光時間 (s)	55	60	65
パターン断面形状			

図2 レンチキュラーレンズパターンの断面形状

次に、厚さ $240\mu\text{m}$ の石英板上にレンチキュラーレンズパターンを形成し、 $100\mu\text{m}$ ピッチでもレンチキュラーレンズの特徴機能である 2 画面切り替えが可能かどうかを調べた。レンチキュラーレンズを用いて行った。りんごの絵の上に $50\mu\text{m}$ L&S レチクル、その上に $5\text{mm}\times 4\text{mm}$ 大のレンチキュラーレンズアレイを重ねて密着させた。その結果、見る位置、すなわち視点を変えると、図3に示すように、画面が「りんごの絵」と「オールブラック」の2画面に切り替わった。レンチキュラーレンズを最上層とするセットをL&Sのライン方向を回転軸として傾斜させると約6度毎に2画面が切り替わることが分かった。

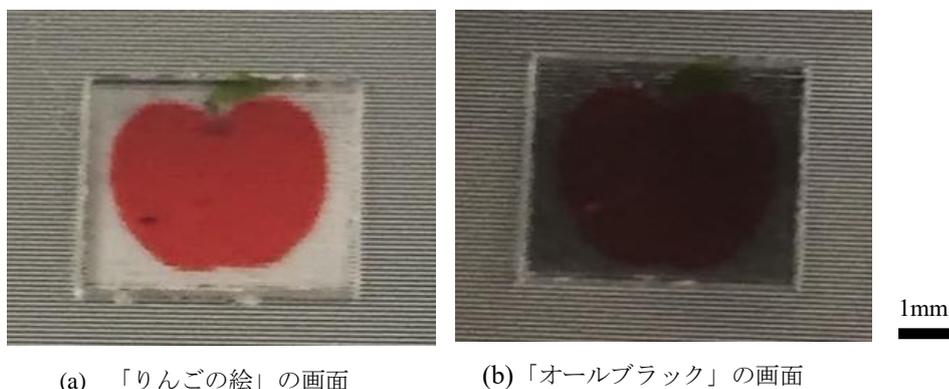


図3 レンチキュラーレンズを用いて切り替えた2画面

図を 50 μm 以下の解像度で描いたり印刷したりできる描画機が必要であるが、現状のピッチ 254 μm よりかなり小さいピッチのレンチキュラーレンズアレイを製作でき、画像の解像度や画面内の図形の斜め部分のエッジの滑らかさを改善できることを示せた。

(2) マイクロ凸レンズアレイに関する研究³⁾

焦点をずらした投影露光によりレジストの表面に凹曲面のパターンアレイを密に形成し、それを雌型に樹脂を射出成形してマイクロ凸レンズを製作する方法を検討した。要素レンズの大きさとしては、当初、複眼の研究にも興味を持っていたため、トンボ、蝉などの昆虫の複眼を実測して得られた直径 30~50 μm を目標とした。

この方法で得られるマイクロ凸レンズの形状はレジストの凹面パターンの形状で決まる。凹面パターンの形成には、過去に自作した 1/19 縮小投影露光装置を使用した。露光光源は特殊紫外線ランプ(住田光学ガラス, LS-140UV)であり、投影レンズはマクロ撮影用のカメラレンズ(CANON, NewFD28/2.8)である。薄膜レジストに 1:1 の L&S パターンを転写したときの解像限界は約 3.5 μm 、露光フィールドサイズは約 2mm 角の装置である。本研究では、レジストの吸収を適切にして球面に近い断面形状を得るため、中心波長 405nm、半値全幅 10nm のバンドパスフィルタを入れ、レジストとしてノボラック系ポジ型の厚膜レジスト PMER PLA900 を用い、膜厚は約 12 μm とした。レチクルとして対面幅 500 μm の正六角形穴アレイを 400 μm の間隙で最密配置した図 4 に示すレチクルを用いたとき、レンズ雌型として好都合なレジストパターンは、デフォーカス量+150 μm 付近で得られた。図 5 にレーザー顕微鏡(キーエンス, VK-8510)で観察したレジストパターン形状を示す。

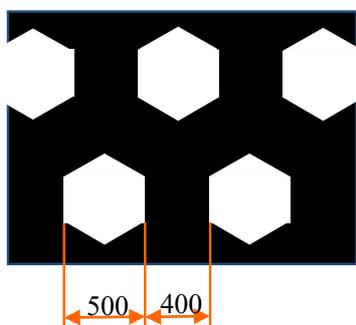


図 4 マイクロレンズアレイ雌型の作製に用いたレチクルパターン(単位: μm)

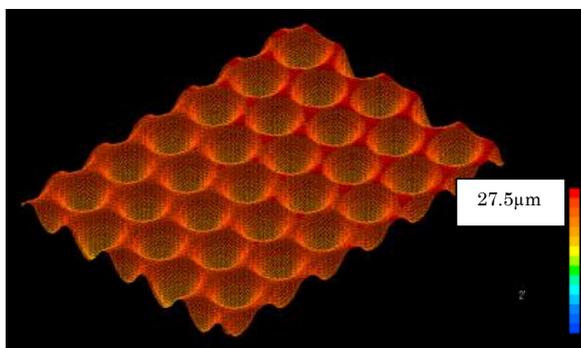


図 5 転写した凹面レジストパターンの形状

凹面レジストパターンを雌型として、市販のエポキシ樹脂を図 6 に示すような構造の治具に注入し、目標としたマイクロ凸レンズアレイを製作した。得られたレンズアレイをレーザー顕微鏡により観察した結果を図 7 に示す。滑らかな形状のほぼ密接したマイクロ凸レンズアレイが得られた。

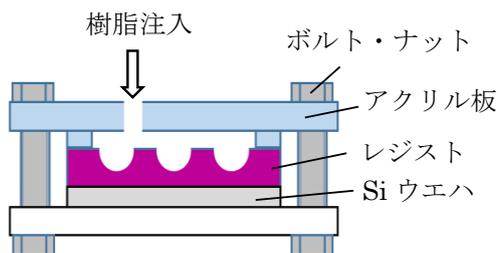


図 6 マイクロレンズ作製に用いた樹脂注入治具

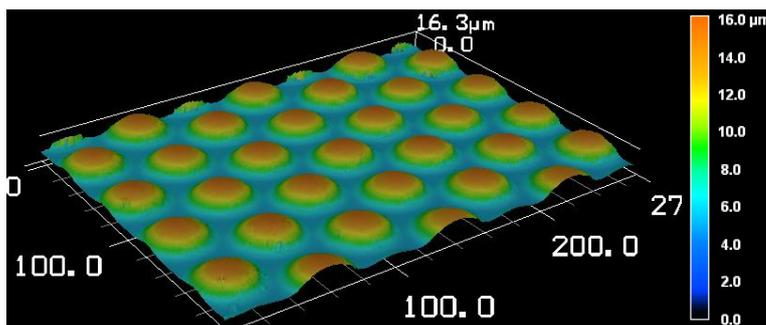


図 7 マイクロレンズアレイの形状

次に、レンズとして作用するかどうかを確かめた。白色発光ダイオードを光源として、途中にピンホールを置き、ほぼ平行な光束をレンズアレイに照射し、集光状態を顕微鏡により観察した。結果を図 8 に示す。集光点において、直径約 3 μm の光スポットが得られた。このレンズアレイは計測や樹脂の硬化などで多点に同時に光スポットを当てる用途に十分適用可能と考える。また、複眼の研究用途にも使える解像性が期待できることが分かった。

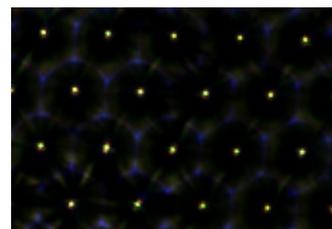


図 8 マイクロレンズアレイに平行光束を入れたときに得られた光スポットアレイ

(3) ステンレス鋼板にレンズ状突起を形成したときの撥水性向上⁴⁾

ステンレス鋼は防錆、防蝕が必要な手すり、ドアノブ、モニュメントなどに重用されている。雨に曝される製品は、雨後、びしょ濡れ状態にならないことが期待されることから、防錆、防蝕性能に加えて撥水性が要求される。これに対し、ステンレス鋼板上に形成した20~100 μm サイズの低くて緩やかなレンズ状の突起が、オキザリス・デッベイという撥水植物の乾いた枯葉の表面構造に大きさ、高さが似ていることが分かった。そのため、レンズ状突起付きステンレス板の撥水性を調べた。レンズ状の低突起アレイは、屈折率分布型レンズアレイを投影レンズとして走査投影露光を行うリソグラフィとウェットエッチングにより形成した。この走査投影露光装置を用いたのは、解像度は15 μm 程度であるが、最大50mm角という大きいフィールドサイズを有するためである。

50mm角で板厚500 μm の汎用ステンレス鋼SUS304板材表面をコンパウンドによって研磨した後、直径20 μm のポジ型レジストドットパターンをピッチ35 μm で最密充填配置したドットアレイを30mm \times 20mmの範囲に形成した。そして、そのレジストパターンをマスキング材として、ステンレス板を塩化第二鉄水溶液中でウェットエッチングした。アンダーカットにより、図9に例を示すようなレンズ状の突起が形成された。レジスト剥離後、純水2 μl を滴下すると、突起高さ6~7 μm で平均接触角は図10に示すように95°以上となり、局部的には100°以上の接触角も得られた。接触角は、突起のない面に対し、20°前後向上した。

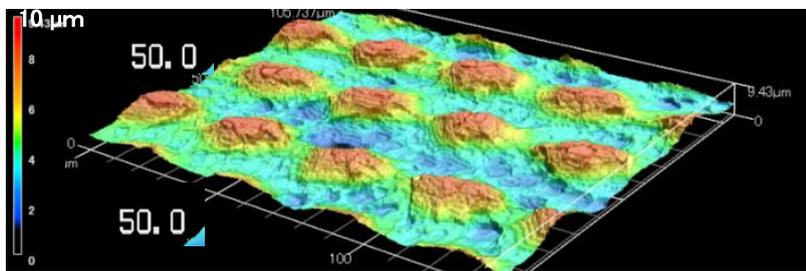


図9 ステンレス鋼上に形成したレンズ状の突起



図10 水滴の形状

<引用文献>

- ① Toshiyuki Horiuchi, Maiko Kurata, Satoshi Miyazawa, Yuta Morizane, Effectiveness of fine-pitch lenticular lens arrays fabricated using projection lithography for improving resolution and clearness in switching of two pictures, Proceedings of SPIE, Vol. 10675, 2018, 106750Q, 1-7, DOI 10.1117/12.2305690.
- ② Hiroshi Kobayashi, Yuta Morizane, and Toshiyuki Horiuchi, Printing of Lenticular Lens Patterns Using Defocused Projection Lithography, Journal of Photopolymer Science and Technology, Vol. 31, 2018, 45-50, DOI 10.2494/photopolymer31.45
- ③ Toshiyuki Horiuchi, Noa Kobayashi, Ryunosuke Sasaki, Evaluation of resist molds formed for fabricating micro-lens arrays and practicability of replicated epoxy resin lenses, Proceedings of SPIE, Vol. 10587, 2018, 1M-1 ~ 1M-8, DOI 10.1117/12.2307043
- ④ Toshiyuki Horiuchi, Yoshie Imon, Kazuya Sumimoto, Akira Yanagida, Hiroshi Kobayashi, Improvement of Hydrophobic Property of Stainless-Steel Plates by Forming Lens-like Protrusions similar to Oxalis Leaf Surfaces, Key Engineering Materials, Vol. 813, pp. 19-24 (2019). Doi 10.4028/www.scientific.net/KEM.813.19
- ⑤ Toshiyuki Horiuchi, Hayato Okiyama, Ryuta Sato, and Hiroshi Kobayashi, Two-layer resist process for printing thick patterns by exploiting a maskless projection exposure system using a liquid-crystal display panel, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 59, SIIA01, 2020. Doi 10.35848/1347-4065/ab7438
- ⑥ Toshiyuki Horiuchi, Kaiki Ito, Jun-ya Iwasaki, and Hiroshi Kobayashi, Novel Fabrication Method of Minute Cylindrical Structures Such as Stents Using Lithography, Etching, and Chemical Polishing, Proceedings of the 13th Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2020), Vol. 1, BIODEVICES, 169-175, 2020, ISBN: 978-989-758-398-8.
- ⑦ Toshiyuki Horiuchi, Yuta Morizane, Measurement of Diffusion Coefficients by Observing Mixing of Two Liquids Simultaneously Injected in a Micro-Mixer, IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials, Vol. 138, 2018, 173-179 DOI 10.1541/ieejfms.138.173

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Toshiyuki Horiuchi, Maiko Kurata, Satoshi Miyazawa, Yuta Morizane	4. 巻 10675
2. 論文標題 Effectiveness of fine-pitch lenticular lens arrays fabricated using projection lithography for improving resolution and clearness in switching of two pictures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 106750Q, 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2305690	査読の有無 無
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 Toshiyuki Horiuchi, Yuta Morizane	4. 巻 138
2. 論文標題 Measurement of Diffusion Coefficients by Observing Mixing of Two Liquids Simultaneously Injected in a Micro-Mixer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 173-179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.138.173	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 Hiroshi Kobayashi, Yuta Morizane, and Toshiyuki Horiuchi	4. 巻 31
2. 論文標題 Printing of Lenticular Lens Patterns Using Defocused Projection Lithography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 45-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer31.45	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 Toshiyuki Horiuchi, Noa Kobayashi, Ryunosuke Sasaki	4. 巻 10587
2. 論文標題 Evaluation of resist molds formed for fabricating micro-lens arrays and practicability of replicated epoxy resin lenses	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 1M-1, 1M-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2307043	査読の有無 無
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 Horiuchi Toshiyuki, Kazama Yuta, Yoshida Hiroya, Yanagida Akira, Kobayashi Hiroshi	4. 巻 58
2. 論文標題 Application of projection lithography using a gradient-index lens array and wet etching to texturing for control of the hydrophobic properties of stainless-steel plates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SDDA01 ~ SDDA01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0543	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 Horiuchi Toshiyuki, Imon Yoshie, Sumimoto Kazuya, Yanagida Akira, Kobayashi Hiroshi	4. 巻 813
2. 論文標題 Improvement of Hydrophobic Property of Stainless-Steel Plates by Forming Lens-Like Protrusions Similar to Oxalis Leaf Surfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Key Engineering Materials	6. 最初と最後の頁 19 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/KEM.813.19	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 Horiuchi Toshiyuki, Kurata Maiko, Miyazawa Satoshi, Yanagida Akira, Kobayashi Hiroshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Performances of Fine-Pitch Lenticular Lens Arrays Fabricated Using Semi-Cylindrical Resist Patterns	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 67 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer.32.67	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 Toshiyuki Horiuchi, Kaiki Ito, Yuhta Suzuki, Akira Yanagida, Hiroshi Kobayashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Fabrication of a Stent-Like Complicated Structure Using Synchronized Scan Rotation Lithography and Wet Chemical Etching	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of ASPEN2019, 8th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 A12 ~ A12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Horiuchi Toshiyuki, Okiyama Hayato, Sato Ryuta, Kobayashi Hiroshi	4. 巻 59
2. 論文標題 Two-layer resist process for printing thick patterns by exploiting a maskless projection exposure system using a liquid-crystal-display panel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 S11A01 ~ S11A01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab7438	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 Toshiyuki Horiuch, Kaiki Ito, Jun-ya Iwasaki, Hiroshi Kobayashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Novel Fabrication Method of Minute Cylindrical Structures Such as Stents Using Lithography, Etching, and Chemical Polishing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 13th Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2020)	6. 最初と最後の頁 169 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Toshiyuki Horiuchi, Maiko Kurata, Satoshi Miyazawa, Yuta Morizane
2. 発表標題 Effectiveness of fine-pitch lenticular lens arrays fabricated using projection lithography for improving resolution and clearness in switching of two pictures
3. 学会等名 SPIE Photonics Europe, Strasbourg, France (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀内敏行, 小林野歩, 笹木龍之介
2. 発表標題 凹面レジストパターン形成リソグラフィを用いて製作したマイクロレンズアレイの評価
3. 学会等名 応用物理学会 次世代リソグラフィ技術研究会 次世代リソグラフィワークショップ予稿集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiyuki Horiuchi, Noa Kobayashi, Yuta Morizane, Ryunosuke Sasaki, Maiko Kurata, Satoshi Miyazawa, Kouta Shimizu, Hiroshi Kobayashi, Akira Yanagida
2. 発表標題 Applications of photopolymer resists to direct fabrication of three-dimensional micro-structures
3. 学会等名 Polymer World Congress 2018, Stockholm, Sweden (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiyuki Horiuchi, Yuta Kazama, Hiroya Yoshida, Akira Yanagida, Hiroshi Kobayashi
2. 発表標題 Application of Projection Exposure Using a Gradient Index Lens Array and Wet Etching to Texturing and Hydrophobic-Property Control of Stainless-Steel Plates
3. 学会等名 MNC 2018, 31st International Microprocesses and Nanotechnology Conference, Sapporo, Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀内敏行, 笹木龍之介, 小林野歩
2. 発表標題 マイクロレンズアレイ製作用凹面レジストパターンの曲率半径の測定
3. 学会等名 電気学会計測研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toshiyuki Horiuchi, Noa Kobayashi, Ryunosuke Sasaki
2. 発表標題 Evaluation of resist molds formed for fabricating micro-lens arrays and practicability of replicated epoxy resin lenses
3. 学会等名 SPIE Advanced Lithography, 2018, San Jose, California, United States (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiyuki Horiuchi, Maiko Kurata, Satoshi Miyazawa, Yuta Morizane
2. 発表標題 Effectiveness of fine-pitch lenticular lens arrays fabricated using projection lithography for improving resolution and clearness in switching of two pictures
3. 学会等名 SPIE Photonics Europe 2018, Strasbourg, France (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Horiuchi Toshiyuki, Imon Yoshie, Sumimoto Kazuya, Yanagida Akira, Kobayashi Hiroshi
2. 発表標題 Improvement of Hydrophobic Property of Stainless Steel Plates by Forming Lens-Like Protrusions similar to Oxalis Leaf Surfaces
3. 学会等名 33rd Conference on Surface Modification Technologies, 2019 Naples, Italy (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀内敏行, 沖山隼人, 佐藤龍太, 小林宏史
2. 発表標題 液晶投影露光により短波長厚膜レジストパターンを形成する二層レジストプロセス
3. 学会等名 電気学会 光応用・視覚研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀内敏行, 風間裕太, 吉田寛弥, 井門芳恵, 住本和弥, 柳田明, 小林宏史
2. 発表標題 屈折率分布型レンズアレイによる大面積均一投影露光
3. 学会等名 令和元年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀内敏行, 伊藤海樹, 小林宏史
2. 発表標題 小径ステンレス管表面への網目パターンの均一形成
3. 学会等名 2019年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀内敏行, 井門芳恵, 住本和弥, 柳田明, 小林宏史
2. 発表標題 レンズ状突起の形成によるステンレス鋼板の撥水性向上
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 Toshiyuki Horiuchi, Hayato Okiyama, Ryuta Sato, Hiroshi Kobayashi
2. 発表標題 Two-Layer Resist Process to Print Thick Patterns by Exploiting Matrix Projection Exposure Using a Liquid-Crystal Display Panel
3. 学会等名 MNC 2019, 32nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference, Hiroshima, Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Horiuchi, K. Ito, Y. Suzuki, A. Yanagida, H. Kobayashi
2. 発表標題 Fabrication of a stent-like complicated structure using synchronized scan rotation lithography and wet chemical etching
3. 学会等名 8th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology, 2019, Matsue, Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiyuki Horiuchi, Kaiki Ito, Jun-ya Iwasaki, Hiroshi Kobayashi
2. 発表標題 Novel Fabrication Method of Minute Cylindrical Structures Such as Stents Using Lithography, Etching, and Chemical Polishing
3. 学会等名 13th Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, 2020, Valletta, Malta (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀内敏行, 渡辺 潤, 岩崎順哉, 小林宏史
2. 発表標題 一列アレイを積層した正方形断面光ファイバマトリックスの露光特性
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----