

# 集光効率の高いマイクロレンズアレイの作製プロセスの開拓

Micro Electro Mechanical Systems (以下、MEMS) と呼ばれる、微細構造体を加工する技術を利用したマイクロレンズアレイの作製方法についてご紹介します。都産技研では、基材とレンズが異なる2種類の樹脂材料で構成されているフレキシブルなマイクロレンズアレイ\*1を使って、レンズ集光特性の調整にも柔軟に対応できる作製方法を開発しました。直径が数マイクロメートルと極めて微小なレンズ径も作製することが可能です。

\*1 マイクロレンズアレイ (Micro Lens Array) マイクロメートル単位の大さのレンズが連続して配置された光学レンズのこと。

\*2 FDTD 法 (Finite-difference time-domain method) 数値計算の手法の一つ。「時間領域差分法」「有限差分時間領域法」ともいう。

\*3 PDMS (ポリジメチルシロキサン、Polydimethylsiloxane) 世界で最も普及するシリコーンの一種。コンタクトレンズや医療機器、化粧品、工業用の防水剤、潤滑油、耐熱タイルなどに幅広く使用される。

\*4 PMMA (ポリメタクリル酸メチル樹脂、Polymethyl methacrylate) 透明性の高い非晶質の合成樹脂 (アクリル樹脂) の一つで、PMMAを使った透明固体材はアクリルガラスとも呼ばれる。

## 透明ポリマーを利用したマイクロレンズの研究

光ファイバーや、反射防止フィルムといった透明ポリマーを利用した光学製品は広く社会に普及し、私たちの身近な生活に役立てられています。透明ポリマーを利用するメリットには、次のことが挙げられます。

- (I) 熱可塑性や光硬化性などの特性を利用することで、任意の形状へ容易に成型できること。
- (II) 芳香環などの有機分子や、金属ナノ粒子などの無機ナノ材料を透明ポリマーに導入することで、幅広く屈折率の制御が可能になること。

特に、近年ではIoT技術が普及したことで、小型の光センサデバイスの需要が急速に拡大しています。多くの光センサやイメージング用素子には、光を効率的に検出するためのマイクロレンズアレイが組み込まれています。マイクロレンズアレイの形状や材料の屈折率は、光センサが組み込まれているデバイスごとに最適となるよう設計されていますが、高精度・

高感度な光センサ製品では、より高い集光効率が求められています。そのような需要拡大の背景から、透明ポリマー材料を利用したマイクロレンズの研究に取り組んできました。

## より高い集光効率を得られるマイクロレンズアレイの検証

一般的なマイクロレンズアレイは、図1(a)のような構造をしており、図1(c)にあるように金型を利用して透明ポリマー材料を成型する方法で製造されています。一方で、図1(b)のように基材部分とレンズ部分が異なる屈折率をもった材料で構成されているマイクロレンズの構造は、単一の材料でつくられているマイクロレンズよりも高い集光効率を得られることがわかっています。今回、Finite-difference time-domain法(以下、FDTD法\*2)を使用した電磁界シミュレーションを行い、フィルム基材としてPolydimethylsiloxane (以下、PDMS\*3)、レンズ部分の材料としてPolymethyl methacrylate (以下、PMMA\*4)を用いたマイクロレンズアレイモデル(レンズ直径:3マイクロメートル)の集光特性を検証しました。また、レンズ部分の材料であるPMMAの屈折率には、有機分子を配合することで調整された複数の値をパラメータに適用し、比較しました。この結果から、図2(a)~(d)にあるように、同じ直径を持ったレンズでも、材料の屈折率が異なることで集光効率や焦点位置を制御できることを確認しました。

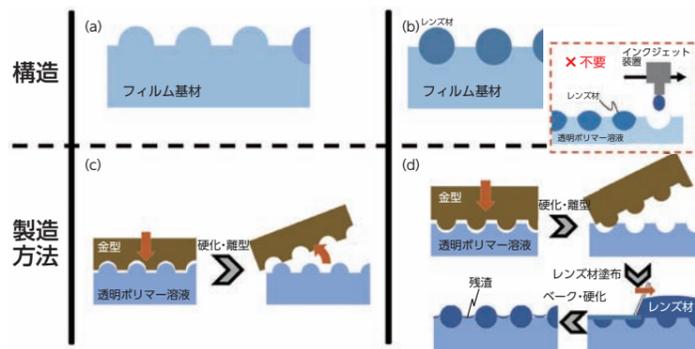


図1 マイクロレンズアレイの構造と製造方法

(a) 単一材料で構成する場合の構造 (b) 異なる材料で構成する場合 (c) 金型による透明ポリマー材の成型方法 (d) 今回検証した製造プロセス

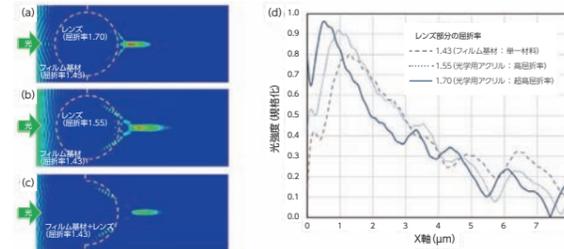


図2 FDTD法による集光分布のシミュレーション結果

(a) レンズ屈折率1.70 (b) レンズ屈折率1.55 (c) レンズ屈折率1.43 (=フィルム基材の屈折率) (d) レンズ軸の光強度分布

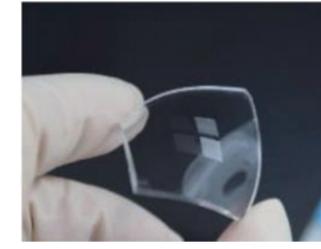


図3 試作したフレキシブルマイクロレンズアレイ

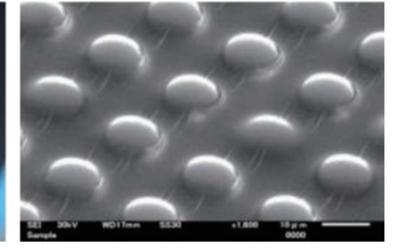


図4 SEMによる拡大観察写真

## 量産化に期待が持てる製造プロセスを新規開拓

基材とレンズ部分が異なる材料で構成されているマイクロレンズアレイ構造は、従来はディスペンサーロボットやインクジェット装置など、精密な位置決めを必要とする装置を使用して製造されていました。これらの製造工程を簡便化するために、都産技研では図1(d)のようなマイクロレンズアレイを成型する製造プロセスの検証を行いました。

- ・レンズ形状の金型に基材となるポリマー材料を流し込み、フィルム状になるように硬化したのち剥離。
- ・凹形状が表面に成型処理されたフィルム基材に、屈折率を調整したレンズ材料となるポリマー溶液を薄層コーティング。
- ・ベーキングにより溶媒を蒸発させ、レンズ部分のポリマー材料を硬化。
- ・エアブローにより表面に付着したポリマー残渣を除去。

フィルム基材としてPDMS、レンズ材料として有機光学色素が配合されたPMMAを使用した製造プロセスを検証したところ、レンズ材として使用する透明ポリマー溶液の濃度や、ベーキング温度が特定の条件を示した際に、表面張力の作用によって図3および図4のような球面レンズの構造が成形されることがわかりました。

今回の製造プロセス検証で試作したマイクロレンズアレイを図5の集光特性評価装置を使って評価した結果、図6にあるように、焦点位置において細いビーム径が確認され、高い集光機能を有していることがわかりました。基板にはフレキシブル性があり、湾曲面への貼り合わせ用途にも適応可能であるため、幅

広い製品への応用が可能です。そのほかのメリットとしてはインクジェット装置などを使用していた従来の製造工程が簡略化(レンズ材料の滴下装置が不要)されたことに加え、一括製造(大面積化)といった量産化プロセスへの応用にも期待がもてます。

## 今後の展開

本研究は、特許出願、学会などでの発表を経て、より厳密な成形条件の絞り込み、耐久性の表面処理による改善および評価、大面積化へ向けたプロセス条件の調整といった課題の解決に取り組んでいます。今後は共同研究や、事業化へ向けての検討を進めていきます。

そのほか、電気電子技術グループでは半導体微細加工技術を応用し、電極配線の微細パターンニング、マイクロ流路といったマイクロデバイスの開発にも取り組んでいます。各種リソグラフィ装置、成膜装置、エッチング装置などによる単一工程ごとの試作検証や機器利用も可能です。興味をお持ちの方は、お気軽に電気電子技術グループまでご相談ください。



図5 マイクロレンズアレイの集光特性評価装置

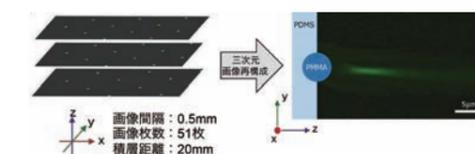


図6 集光特性の測定結果



電気電子技術グループ  
副主任研究員  
みやした ゆいと  
宮下 惟人

お問い合わせ

電気電子技術グループ  
(本部)  
TEL 03-5530-2560