

## 自己変形型のための光歪素子特性計測

### Characteristic Measurement of Photostrictive Element for Self Transformation Die

○相澤大輔\*, 小林義和\*\*, 白井健二\*\*

○Daisuke Aizawa\*, Yoshikazu Kobayashi \*\*, Kenji Shirai \*\*

\*日本大学大学院, \*\*日本大学

\*Graduate School, Nihon University, \*\*Nihon University

キーワード : 光歪特性 (Photostrictive characteristic), 光硬化性樹脂 (Photopolymerizing), 計測 (Measuring)

連絡先 : 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地

日本大学 工学部 情報工学科 生産システム工学研究室 相澤大輔,

TEL: (024)956-8824, Fax: (024)956-8863, E-mail:d17601@cc.ce.nihon-u.ac.jp

## 1. 緒言

医療, 情報および精密機械分野などの微小部品の需要の増加に伴い, 様々なマイクロ生産技術が進展し, マイクロ, ナノメートルの微小部品を作成できるようになってきた. しかしながら現状の生産技術においては, そこで使用されている装置に高価なものが多く, 結果として製品も高価なものになってしまっている.

本研究においては光歪特性素材と, 大量で安価に高精度の部品を供給できる金型を応用したマイクロ成形システムの開発を目的としている.

## 2. 自己変形型の利点

型構造を応用したマイクロ成形における

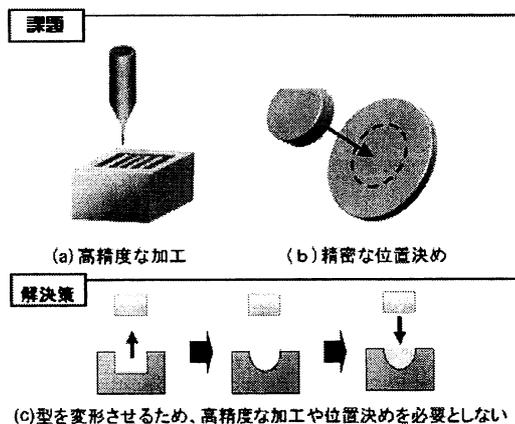


図 1 課題と解決策

課題と解決策を図 1 に示す. この図に示す様に, 課題としては以下のものがある.

1) 微細な成形形状を型として加工するため, 高精度な加工機が必要である.

2)成形形状を分割し、積層成形をする場合、合わせ面の正確な位置決めが必要である。

そこで紫外線の照射により光歪特性を示すPLZT（ジルコン酸チタン酸鉛ラタン）セラミックスを型として使用することにした。このPLZTセラミックスは光照射により形状変形するため、型の加工は不要となる。また、一つの型を変形させ使用するため、型は常に同位置にあり、合わせ面の位置決めも不要となる。

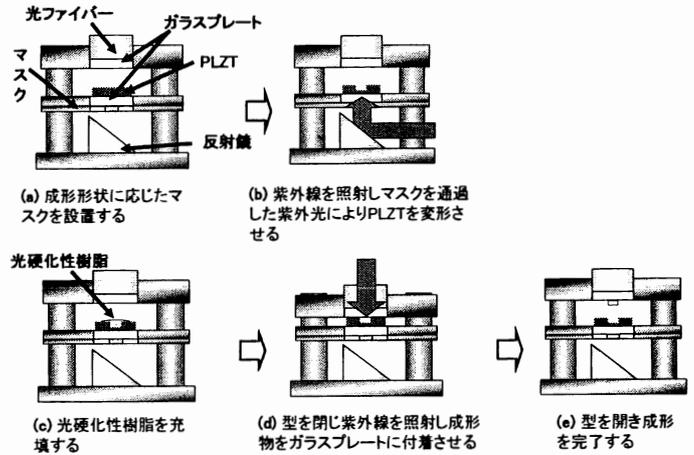


図2 成形原理

### 3. 光歪特性の概要

PLZTセラミックスは波長約365nmの紫外線を照射することにより、光起電力効果により分極方向に内部起電流が発生する。この効果により発生した電荷が電極に蓄えられ、逆圧電効果歪を発生する。この光起電力効果と逆圧電効果歪の重畳作用として、紫外線を照射することによりPLZTセラミックスが自己変形する光歪効果を生じる<sup>1)</sup>。

### 4. 成形原理

図2に成形原理を示す。これは成形形状に対応したマスクを配置し、光を透過するガラスプレート上に光歪特性素材であるPLZTセラミックスを設置するものである。そして成形形状に応じたマスクを通し、紫外線を照射しPLZTセラミックス表面を変形させる。次に変形した型に樹脂を充填し、スクレーパーによって表面を平坦化し、上部より紫外線を照射することにより、樹脂を硬化させ成形する。3次元形状を成形する場合には、形状に応じたマスクを複数枚用意し、同様の工程を繰り返し、成形物を積層させる。

### 5. 計測装置の概要

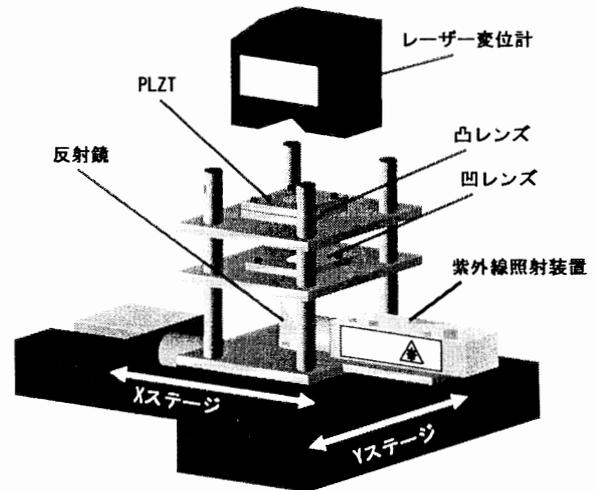


図3 計測装置の外観

マイクロ成形システムを開発するため、まずPLZTセラミックスの特性を調査し、変位量計測装置とその制御ソフトウェアを開発した。

図3に計測装置の概観を示す。計測装置は上部に試料の表面形状を計測するためのレーザー変位計が固定されており、X-Yステージを使用し試料を移動させることにより、試料表面を3次元的に計測する。また、PLZTを変形させるための紫外線照射装置と、照射された紫外線を反射させるための反射鏡、光

を平行にするための凹凸レンズにより構成されている。

この装置は、PC 上の制御用プログラムにより制御されており、自動的に計測できる。計測機能としては、紫外線の照射時間における PLZT セラミックスの伸びを計測する変位置計測機能、表面形状を X-Y 軸共に 10 $\mu\text{m}$  間隔で計測する表面形状計測機能の二つがある。また、これらの計測結果を即時にグラフ表示し、視覚的に計測結果を確認することが可能である。

## 6. PLZT セラミックス計測実験

### 6.1 PLZT セラミックス変位置計測実験

図 4 に紫外線照射時間における PLZT セラミックスの変位置計測結果を示す。PLZT セラミックス底面に紫外線を照射し、PLZT セラミックス上面の中心点を 5 秒間隔で 750 秒計測した。その結果、照射開始から約 300 秒後に形状変形の飽和を示し、約 0.8 $\mu\text{m}$  の変位を確認した。

### 6.2 PLZT セラミックス部分変位実験

次に、PLZT セラミックスを型として使用するため、部分的に形状を変形させる実験を行った。実験条件としては、直径 200 $\mu\text{m}$  の穴の開いたマスクを使用し、紫外線の照射範囲を PLZT セラミックスの中心点から直径 200 $\mu\text{m}$  に限定した。また、紫外線照射の範囲内と外との 2 点における変位置及び変位応答時間を計測した。計測結果を図 5 に示す。PLZT セラミックスの表面は一樣な伸びを示し、部分的な変位を確認できなかった。しかしながら紫外線照射の範囲の内と外においては、変位応答時間に差異があった。

### 6.3 PLZT セラミックス形状維持実験

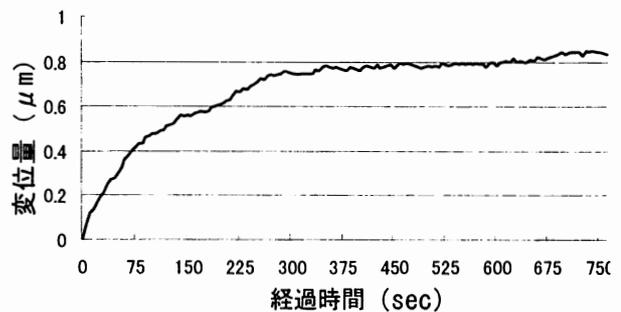


図 4 変位置計測結果

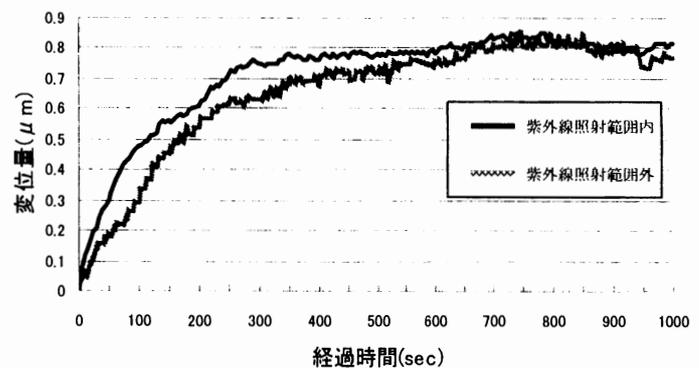


図 5 2点における変位置計測結果

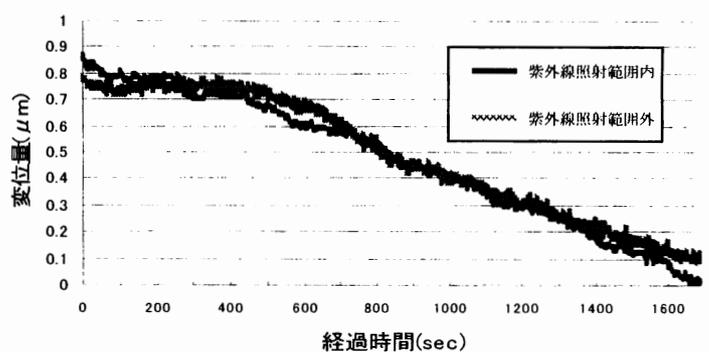


図 6 紫外線照射後の変位

PLZT セラミックスを型として使用するには、変位後の表面形状を維持する必要がある。そこで、どの程度、紫外線照射後において PLZT セラミックスの形状が維持されるかを確認するための実験を行った。実験条件としては、上記の実験同様、直径 200 $\mu\text{m}$  の穴の開いたマスクを使用し、部分的に PLZT セラミックスへ紫外線を照射した。また、紫外線

照射範囲の内と外の 2 点における紫外線照射後の変位量を計測した。計測結果を図 6 に示す。PLZT セラミックスは電極に電荷が蓄えられることにより、歪を発生する。そのため、PLZT セラミックスと計測装置の間に絶縁体を用い、電荷が逃げないように計測を行っている。しかしながら、計測結果より紫外線の照射を止めると同時に、PLZT セラミックスは徐々に元の形状へと戻っていく事がわかった。

この事から、PLZT セラミックスの変位形状を維持するためには紫外線の照射を持続しなければならない。したがって、変位応答時間差を利用することにより一時的に一枚の PLZT セラミックスを部分変形させる事は可能であるものの、形状を維持するため、持続して紫外線の照射が必要であり、型として使用することは困難である。

## 7. 結言

### 7.1 結論

自己変形型に用いる PLZT セラミックスの特性検証を目的として、計測実験を行い以下の結論を得た。

- (1) PLZT セラミックスの変位量は  $0.8\mu\text{m}$  であり、紫外線の照射範囲の内と外において変位応答時間に差異がある。
- (2) PLZT セラミックスの変位形状を維持するためには、持続した紫外線の照射が必要である。

### 7.2 今後の課題

- (1) 紫外線の照度、光量による PLZT セラミックスの応答性の違いを確認する。
- (2) 複数枚の PLZT セラミックスを用い、自己変形が可能な型を考案する。

## 参考文献

- 1) Sada,t., Inoue, M. and Uchino, K.; J.Ceram. Soc. Japan, Vol.95, pp. 545-550 (1987)
- 2) D.Aizawa, Y.Kobayashi, K.Shirai : Development of Micro-Part Molding System using Die Enabling Shape Transformation Control -Characteristics Verification of Photostrictive Element PLZT Ceramics using New Measuring Device- , euspen 2007, Volume II , pp469-472(2007)