

ウェット光学素子の研究

米田研究室 0512067 佐藤 文哉

1.序論

液体を用いた光学素子は、機械駆動部の無いズームレンズ[1]や、インクジェット技術を用いた半導体基板上へのドロップレットレンズなどが研究されているが、高出力レーザー光学応用においても固体光学素子の光学破壊防止のための液体保護層、自己修復効果を用いた破壊しきい値を超えた液体レンズなどさまざまな応用が考案され、実証されてきている。

液体を光学媒質として利用することは、その液体の自由界面をそのまま表面張力を用い利用することや液体と固体の境界面の状態を制御することで、新しい機能を持った光学素子の開発が期待されているからである。しかし、液体は常に流動して、最も安定した状態へ変化するために液体を一定位置に集めること、固定しておくこと(以下ポジショニングと示す)が困難である。

そこで、本研究では、固体表面の撥水・撥油状態の制御を行うことから、不安定である液体のポジショニングの実証を行うことから液体によるレンズアレーの実現を目的としている。

2.原理

本研究ではガラス基板にテフロン 2400、パラックコートをコーティングすることで、ガラス表面を撥水表面にし、その表面にエキシマレーザーであるアルゴンフッ素レーザーを照射することでその表面を親水表面へと改質が可能であること[2]を利用し、マスクを利用しての一部表面改質を行い、親水・疎水パターンニングを行うことから液体のポジショニングを実証し、液体のレンズアレーの実現を目指す。

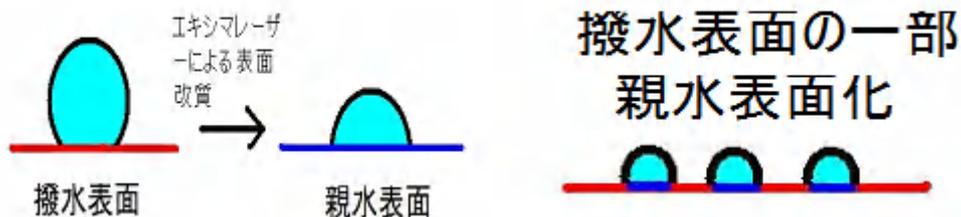


図1 実験の原理

3.実験

3.1 表面改質の特性

表面改質による撥水・撥油状態の変化を測定するためにテフロン 2400、パラックコート
をディップコーティングによって撥水・撥油処理を施した基板に ArF レーザーの露光
を直接照射し、その後基板に液滴を滴下し、その接触角の変化をみることで撥水・撥油
表面の変化の測定をおこなった。

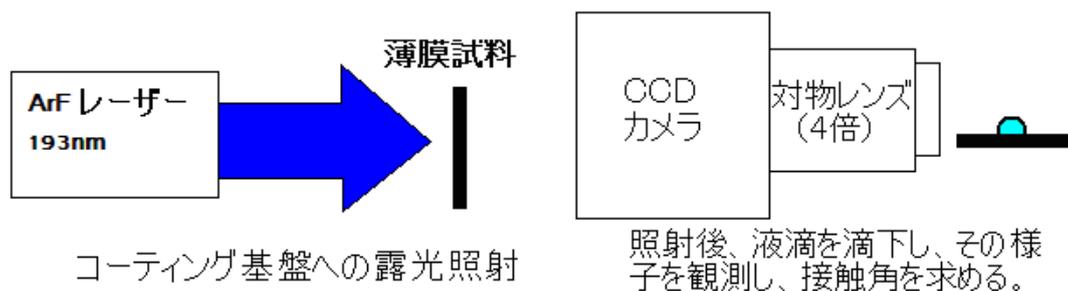


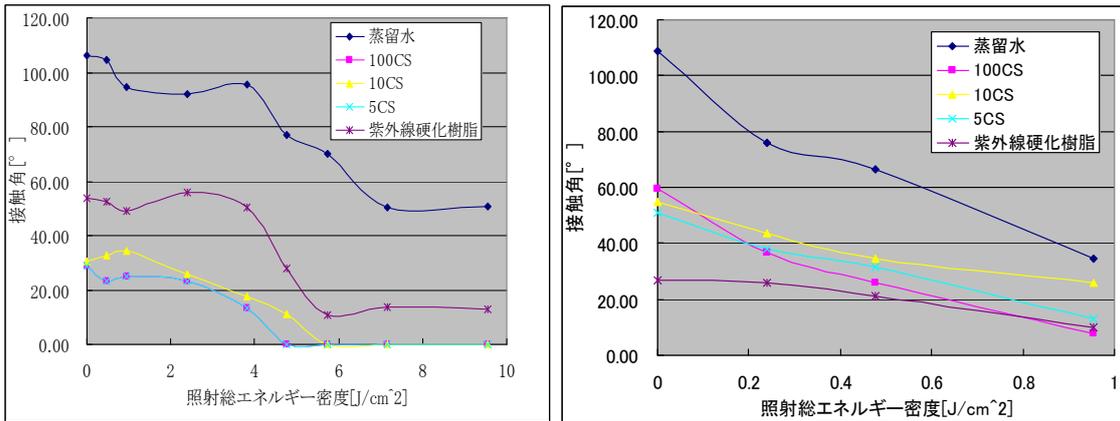
図 2 表面改質特性の測定概要図

滴下する液体については、撥水性の基準液である水、ウェット光学素子として使用が期待されるシリコンオイル 3 種類(粘度による違い)、この他に低粘度のシリコン系紫外線硬化樹脂を滴下することで行った。次頁図 3 に 2 種類のコーティング基板における変化特性とその状態変化の一例として水の照射前後の液滴の様子を次頁図 4 に示しておく。

その変化のグラフよりテフロン基板では照射を始めてから積算照射エネルギーが $4\text{J}/\text{cm}^2$ を境にして蒸留水、紫外線硬化樹脂は接触角が急激に変化しており、水は接触角 50° 程度に飽和し、紫外線硬化樹脂では 12° 程度に飽和していた。またシリコンオイルにおいては $2\text{J}/\text{cm}^2$ から急激に変化し、ほぼ接触角が 0° になり、表面の親水・親油性が高くなった。

パラックコート基板においては、照射直後から変化が起こっており全体的に見ると線形的に変化しているように見え、その傾きを求めると蒸留水においては、 $78.2[^\circ \cdot \text{cm}^2/\text{J}]$ 、シリコンオイルにおいて 100CS、10CS、5CS から順に、 $54.5[^\circ \cdot \text{cm}^2/\text{J}]$ 、 $30.4[^\circ \cdot \text{cm}^2/\text{J}]$ 、 $40.2[^\circ \cdot \text{cm}^2/\text{J}]$ 、紫外線硬化樹脂では $15.8[^\circ \cdot \text{cm}^2/\text{J}]$ となっており、パラックコートにおいても表面改質の変化が現れていることがわかった。

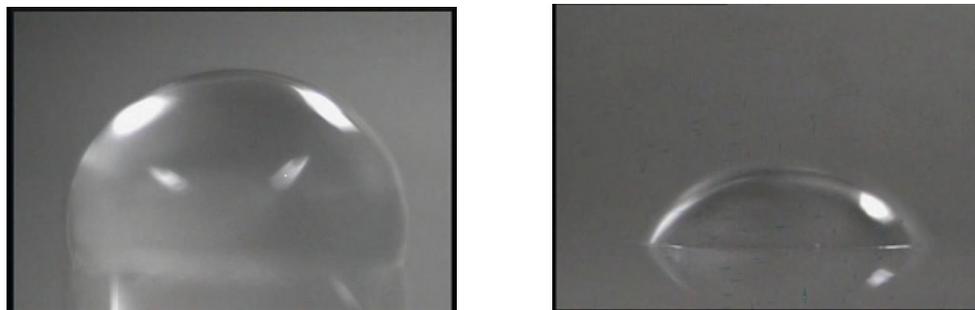
この実験から、両基板の撥水表面が親水表面へと改質されていることがわかり、またその特性を接触角の変化から測定することが出来た。



(a) テフロン 2400 基板

(b) パラックコート基板

図 3 表面改質の特性



(a) 照射前

(b) 照射後

図 4 表面改質前後の液滴の様子(テフロン基板の蒸留水)

3.2 パターニングによる実験

前節 3.1 の実験からエキシマレーザーによる撥水・撥油表面の親水・親油表面への改質が見られたので、次は下図 5 のように基板の前にマスクをおくことで撥水表面の一部を親水表面へと改質させることで親水・疎水パターニングを行った。そのためのマスクは 1mm 径、2mm ピッチであり、チタンホイルを用いて作成した。

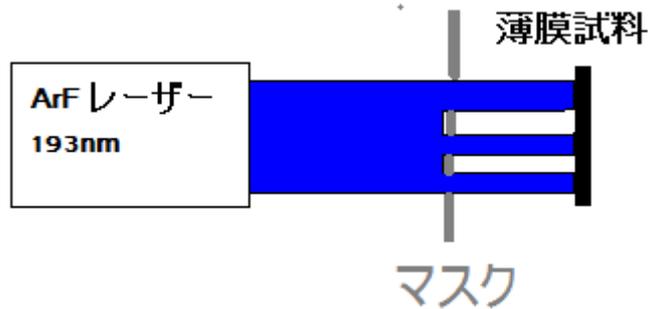
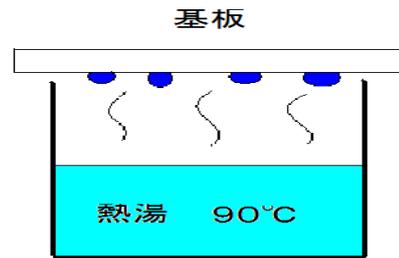
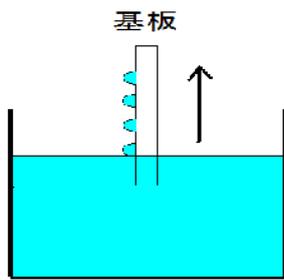


図 5 パターニング実験概要

次に、パターンの確認方法としては本研究では下図 6 に示す 2 種類の方法を用いて行った。



(a)溶液に浸し引き抜くことによるパターン確認

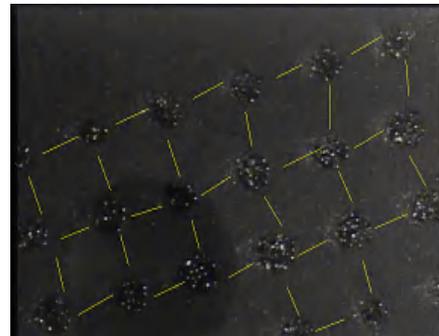
(b)湯気の凝集によるパターン確認

図6 パターン確認方法((b)は水のみに対して行った。)

その結果から、水については両基板から2種類の方法によって下図7に示すパターンが得られたが、シリコンオイル、紫外線硬化樹脂については溶液に浸して、引き抜く方法で行ったが上手くパターンが得られず、この方法では困難であった。



(a)図6(a)の方法によるパターン



(b)図6(b)の方法によるパターン

図7 水について得られたパターン

4.結論

4.1 結論

本研究より、水、シリコンオイル、紫外線硬化樹脂についてのテフロン、パラックコートにおける表面改質の変化の特性を接触角から定量的に測定することができ、その特性から水について1mm径2mmピッチの液体のポジショニングが可能であることが実証できた。

4.2 今後の展望

シリコンオイル、紫外線硬化樹脂についてのパターンの確認方法としてインクジェットによるマイクロドロップ描画を用いることでレンズアレーの実現を目指し、その後、高強度レーザーへの応用を行っていく。

【参考文献】

- [1] S. Kuiper and B. H. W. Hendriks, "Variable-focus liquid lens for miniature cameras", Appl. Phys. Lett. 85, 1128-1130 (2004)
- [2] 豊田浩一・村原正隆 監修“エキシマレーザー最先端応用技術”株式会社 シーエムシー(1986)