

光ビームの広がり角による液晶分子の配向制御

1210171 矢野 由己 (光制御・ネットワーク研究室)
(指導教員 小林 弘和 准教授)

1. 研究背景・目的

現在、表示ディスプレイの材料として欠かせなくなった液晶は、電場によって分子の配向を制御することが可能であるため古くから様々な光学デバイスへと応用が試みられてきた。しかし、多数のピクセルを有する液晶ディスプレイなどを考えると、微小な電極を複数用意する必要があり、より複雑な構造となるため、空間的な配向制御の自由度が低いという問題がある。

近年、光波を用いた液晶分子の配向制御法が注目されている。電磁波の一種である光波は、進行方向と垂直に振動する電場を有する。液晶分子は自然状態では棒状の分子がゆるやかな規則性をもって並んでおり、分子同士は互いに同じ方向を向こうとする性質があるため、ここに光波による電場を与えて配向を制御することが可能である。液晶分子は、光波の光強度や進行方向、偏光方向によって液晶の配向制御が可能であることから空間的な配向制御の高機能化が期待されている。

本研究では、自由度の高い液晶配向制御の実現のため、特に光波の進行方向や光ビームの広がり角を用いた液晶配向制御を検討する。図1に示すように、光ビームが広がり角 θ を持つ場合、ビーム断面の場所毎に伝搬方向 \vec{k} が異なるため、電場 \vec{E} の向きも場所毎に異なり、ビーム断面内で配向制御が可能となる。

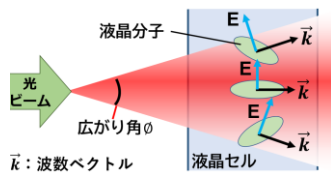


図1. 液晶分子の配向原理

2. 実験構成

本研究ではまず、図2に示す実験系を用いてビーム径を固定し、広がり角を変えさせる実験を行った。レンズの焦点位置に液晶または CCD カメラを固定し、レンズ2を前後に移動させることで、ビーム径を固定したまま広がり角を変化させることができる。また、広がり角を測定するために CCD カメラを前後に移動させながらビーム径の変化を観測した。次に図3の実験系を用いて実際に液晶にビーム光を照射させ、ある閾値を境にして光強度による液晶分子の再配向が生じる光フレデリクス転移現象が起こるかを、液晶の後方に CCD カメラを設置し観測した。

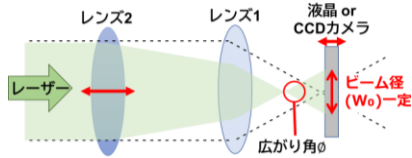


図2. 実験構成 1

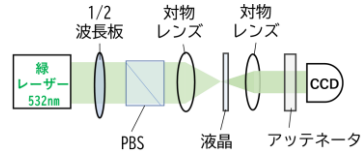


図3. 実験構成 2

3. 結果

図2の実験系を用いて、レンズ2の位置を動かし、レンズ1の焦点位置の強度分布を確認した結果を図4(a)に示す。縦軸が正規化を行った強度、横軸がビーム断面の位置である。それぞれ最大値から $1/e^2$ の位置をビーム径とした。レンズ2を

レンズ1から離していくと、ビーム径の大きさも少しずつ大きくなっていくものの25%の範囲でほぼ同一のビーム径となった。ビーム径が変化する原因として、複数枚レンズを通過しているため、ある個所でビーム光がレンズの中央に入射していないことが考えられる。

次に、図2においてレンズ1の焦点位置から前後に CCD カメラを動かし、光ビームの広がり角を観測した。図4(b)に示すグラフは、実験から得られたデータをもとに縦軸をビーム径の大きさ w 、横軸を CCD カメラの移動距離 z として関係をグラフにプロットしたものである。グラフのデータの傾きから光ビームの広がり角を求めると、 1.339° であった。光波の広がり角の理論値を求めると 8.453° であった。大きく広がり角に差が出た原因として、使用しているビーム径の強度分布が綺麗なガウス分布になっていなかったことが考えられる。

最後に、図3の実験系で図4(c)に示す、干渉リングのような光フレデリクス転移現象が観測できた。Aは閾値を超える前のビーム光の範囲で、Bが閾値を超えた瞬間のビーム光、Cが閾値を超えてフレデリクス転移現象が見える範囲である。計18個の観測データを最大値から ± 10 pixelで抜き出し、つなげ合わせると3.2mmのビーム光が閾値の38.9mWを超えた瞬間に急速にビーム光が中心に集光され、Cのような光の見え方になる。フレデリクス転移現象が見えるビーム光強度の閾値の理論値は37.877mWでほとんど一致していた。

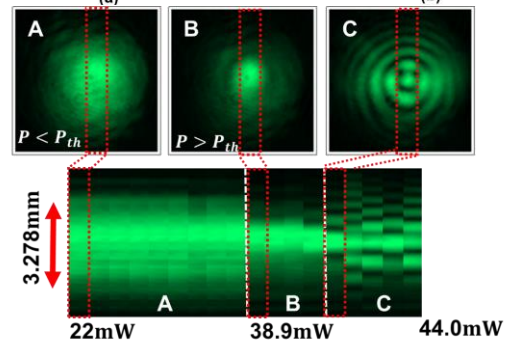
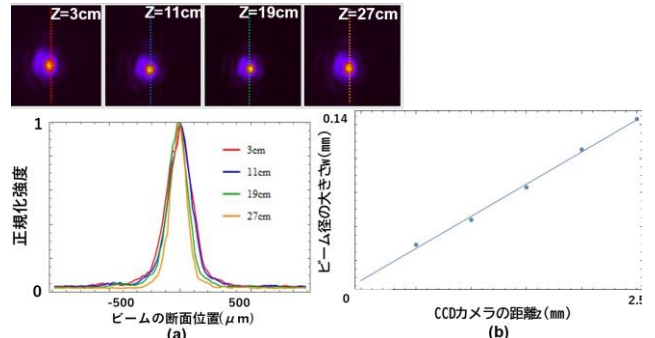


図4. 実験結果

4 まとめ

従来の配向制御法とは異なる光波の広がり角を用いて液晶分子の配向制御の実用化を検討した。光波のビーム径のみを固定し広がり角を変化させる実験では、ある程度ビーム径の固定が可能であった。光波の広がり角確認実験では、CCD カメラを移動させ、ビーム光を複数観測することでグラフの傾きから広がり角を算出した。光フレデリクス転移現象の確認実験では、閾値の実験値と理論値が正確に得ることができ、38.9mWで光フレデリクス転移現象が見られることが分かった。液晶の配向制御は行うことができなかったが、これらの実験結果から、光波による液晶配向の実用性が期待できる。