

## 34 レーザ干渉を用いた微細格子形成に基づく高効率デバイスに関する可能性試験

松本哲也, 瀧澤由佳子, 石原マリ, 北川洋一

### 1 目的

光を微小領域に蓄えたり必要なところに効率良く導く等の光制御技術は、光通信、光記録等の様々な分野で活用されており、今後もますます応用が進むと考えられている。このような光制御技術において、光源である光を限られた空間内で高効率に制御、導光するため、微細化と高機能化が可能な光学デバイスの開発が強く求められている。

本研究では、高機能な新規光学デバイスの開発のため、有機材料へのレーザ干渉露光技術を適用した、ナノサイズの液晶ドロプレット(滴下)構造に基づく新規の光学デバイス形成における可能性試験を行う。液晶や高分子等からなる有機複合材料は、光照射に伴う自己組織化作用により、その構造をナノレベルで制御可能である。この材料系と強度や波長を精密に制御可能なレーザプロセスとを融合させることで、数十～数百 nm 程度の格子間隔を有する体積型の高効率回折光学デバイスの形成へと展開することが可能となる。

### 2 光機能材料・デバイスの作製

#### 2.1 2 光束レーザ干渉露光光学系の構築

露光を行う装置の概略を図1に、概観写真を図2に示す。グリーンレーザをビームエキスパンダーで拡大した後、ビームスプリッターBSにより2分割し、ミラーによって2箇所からの露光を行う。グリーンレーザの強度18.91mW に対して、ビームスプリッターでレーザ光を

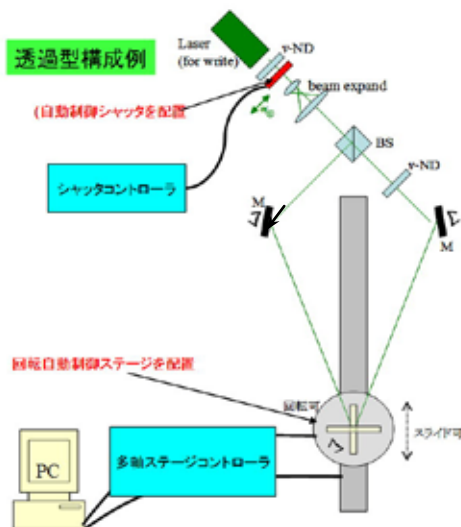


図1 レーザ干渉露光装置の構成

分割した後のそれぞれのビーム強度は 8.96mW、9.49mW であり、ほぼ半分の強度で分割できている。記録材料(液晶を用いた有機複合材料)を置く場所に回転自動制御ステージを設けており、露光を行う際にコンピュータ(PC)で角度制御、時間制御をすることが可能である。また、シャッタコントローラも PC 制御可能である。

#### 2.2 デバイス作製

液晶材料を用いた回折光学素子は、レーザ干渉露光を行うことで格子構造を形成している。レーザによる干渉強度パターンを照射することでこの強度パターンに対応した格子構造を形成し、液晶と高分子が周期的に配列した回折光学素子を作製することができる<sup>1)</sup>。

実際の光機能材料・デバイス作製においては、用いた材料の調整が重要となる。このため、今回使用した高分子・液晶複合材料に対し、液晶材料(メルク製: BL024)の回折光学素子における作製条件の最適値を得るために、複合材料における液晶添加量と回折効率の関係について調べた。添加量として、複合材料の全体の重量に対する添加重量比を 10～60wt%まで変化させ

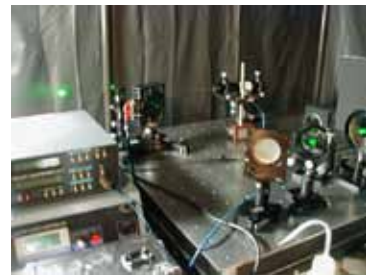


図2 レーザ干渉露光装置の概観

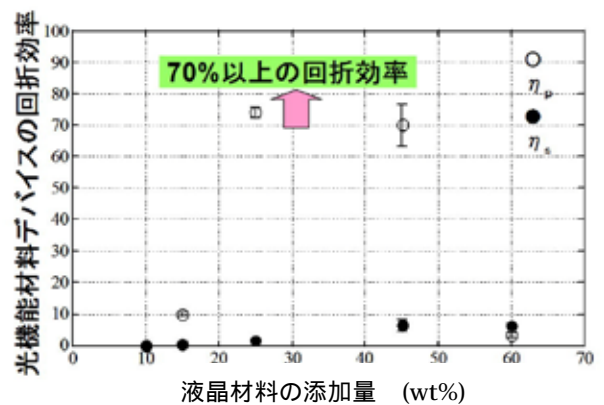


図3 液晶材料の添加量とデバイスの回折効率との関係

た。このようにして作製した素子の回折効率との関係を図3に示す。P 偏光に対する回折効率を  $\eta_p$ 、S 偏光に対する回折効率を  $\eta_s$  として示している。回折効率の大きい P 偏光に対する回折効率を比較すると、ネマティック液晶添加量 20wt%以下では 10%未満と低い値を示しており、添加量 20wt%~45wt%ではそれぞれ 70%以上の高い値を示している。これらのことから、回折効率は液晶添加量に依存していることがわかった。これらの結果から、安定した高い回折効率を得られる液晶の添加量は 25wt%が適当であると考えられ、以下に示す実験ではこの条件を使用した。

### 3 結果と考察

作製したデバイスの分光スペクトル分布について詳細に評価するため、異なるデバイス膜厚で作製した素子の分光光度計による透過率測定を行った。測定結果を図4に示す。実線は入射角 30deg の場合の透過率で、破線は垂直入射の場合である。素子に入射した白色光が回折されれば、透過率が減少すると考えられるので、100%とこの透過率の差分がおおよそ回折効率に対応すると考えられる。この結果より、若干のばらつきはあるものの 400nm~800nm の波長領域で透過率の減少が見られるため、この波長領域において回折が生じているものと思われる。また、10mm と 20mm のデータを比較すると、膜厚が薄い場合の方が透過率の減少の程度が大きくなるように観察される。

さらに、デバイスの回折特性について調べるため、小型の分光装置と光ファイバ検出器により分光特性評価を行った。評価に用いた装置は、Ocean Optics 製 USB4000 (測定波長範囲：200nm~850nm)である。この評価装置を用い、白色ハロゲン光源からの光を作製したデバイスに垂直に入射させ、デバイスから回折される光を 280mm 離れた位置に設置した光ファイバで受光して分光器へ導入し、スペクトルを測定した。

測定結果を図5に示す。この図は光ファイバの角度

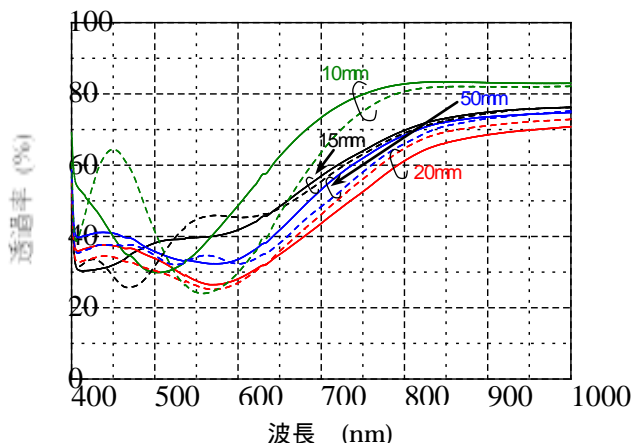


図4 作製したデバイスの分光光度計による透過率特性測定結果

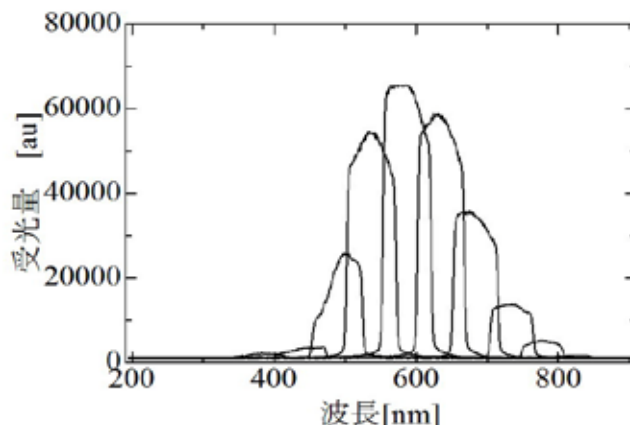


図5 作製したデバイスからの回折光のスペクトル評価結果

を変えながら、各位置において生じた波長の分光スペクトルをまとめたものである。この結果より、400nm 付近から 800nm の近赤外領域まで回折光によって分光されていることが確認できる。両端の波長域で光量が減少しているのは、これらの波長域において、光源から照射した光量自身が少ないことも影響していると考えられる。

### 4 結論

本研究では、グリーンレーザを用いて構築した 2 光束レーザ干渉露光光学系により、光機能材料・デバイスの試作試験を行った。また試作したデバイスに対して、分光光度計による透過率測定と、白色ハロゲン光源を入射した場合の分光特性評価を行った。

その結果、1mm の微細周期構造を有し、回折効率 70%以上の高効率な光学特性を有する光機能材料デバイスの形成が可能になった。このデバイスは偏光依存性が大きいので、偏光と分光を組み合わせた新しい光学特性評価・解析手法へ展開できる可能性を有するものである。格子構造の傾きの設計も可能なことが確認され、今後の計測システムに応用する場合において、小型で組み込み自由度の高いデバイス試作品を得ることができた。

### 参考文献

- 1) A. Ogiwara, M. Minato, S. Horiguchi, H. Ono, H. Imai, H. Kakiuchida and K. Yoshimura, Jpn. J. Appl. Phys. 47, p 6688 (2008).

### 謝辞

本研究は、神戸市立工業高等専門学校萩原昭文教授、株式会社アイデンと共同で実施しました。関係各位に深く感謝します。

(文責 松本哲也)  
(校閲 三浦久典)