



■キーワード

アゾベンゼン色素 動的光ホログラム 構造光

光応答性高分子
ホログラフィーおよび光学応用に適した光応答性高分子

■研究の概要

アゾベンゼン発色団を含む光応答性高分子は、偏光光照射下における trans-cis 光異性化により、可逆的な屈折率変調を示す。これらの材料は、媒体に化学的または機械的な変化を起こさず書き換え可能なホログラフィーを可能にする。本研究では、回折効率、応答速度、長期安定性の向上を目的として、アゾ-カルバゾール共重合体を設計しました。側鎖型および自由アゾベンゼン分子の相乗的相互作用により、熱的に安定で光学的に透明なフィルムが得られ、複数回の書き込み・消去サイクルに耐えることが示されました。これらの結果は、更新可能なホログラフィックディスプレイや光情報記憶への応用に有望であることを示しています。

■研究・技術のプロセス／研究事例

■光応答性高分子のメカニズム

アゾベンゼン系高分子の光応答挙動は、Weigert 効果によって支配されており、これは trans-cis 光異性化の繰り返しによって引き起こされる光誘起分子配向に基づきます (図1)。

(1) 直線偏光を照射すると、アゾベンゼン発色団は trans-cis-trans の可逆的な異性化を繰り返す。

(2) この過程により、発色団は書き込み光の電場方向に対して垂直方向へ徐々に配向し、偏光方向に沿った吸収が低下する。

(3) その結果、干渉縞に対応した複屈折 (Δn) 分布が形成され、屈折率格子が生成される。

(4) 加熱すると、発色団は等方状態へと緩和し、ホログラムの消去および再書き込みが可能となる。さらに、ドナー-アクセプター型アゾベンゼン分子の設計と高分子マトリクスの最適化により、書き込み波長の違いを利用した多色ホログラム記録が実現できます (図2)。

■光応答性高分子の応用 1

アゾ-カルバゾール共重合体は、高速なホログラム記録と高い光学透明性を併せ持ち、記録されたホログラムを長時間安定に保持できます。さらに、加熱によってホログラムを消去し、何度でも書き換えが可能であり、性能の劣化がほとんど見られません (図3)。これらの特長から、繰り返し使用できるホログラフィック表示や光情報記録材料として有望です。

■光応答性高分子の応用 2

アゾ-カルバゾール共重合体フィルムは、偏光と奥行き情報を同時に利用した3次元ホログラフィーを可能にします。直交する偏光を用いて異なる奥行き位置のホログラムを順次記録することで、読み出し光の偏光を切り替えるだけで、それぞれの像を選択的に再生できます。また、直線偏光を用いると、複数の像を同時に表示でき、立体感のある真の3Dホログラム表示が実現できます。

1. K. Kinashi, et al., Macromol. Chem. Phys., 1800456 (2018).
2. K. Kinashi, et al., NPG Asia Mater., 8, e311 (2016).
3. K. Kinashi et al., NJC, 47, 5751 (2023).
4. S. K. Singh, K. Kinashi et al., Optics Express, 32, 22602 (2024).

■セールスポイント

アゾベンゼン系光応答性高分子は、光による分子配向変化を利用することで、書き換え可能・多色・大面積のホログラム記録を実現できます。

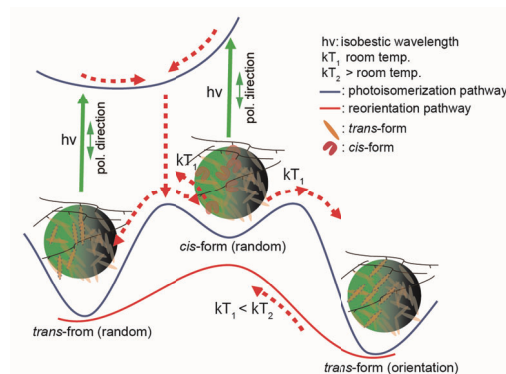


図1. 光応答性高分子における屈折率格子形成機構の模式図

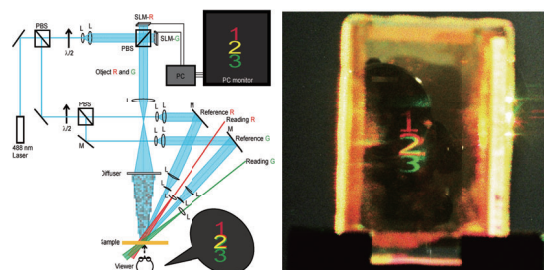


図2. 多色ホログラムの記録・再生システムおよび再生された多色ホログラムの写真

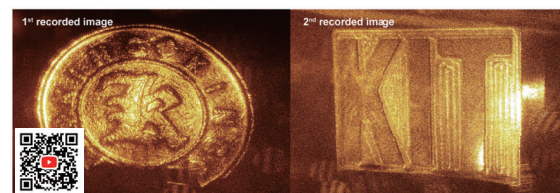
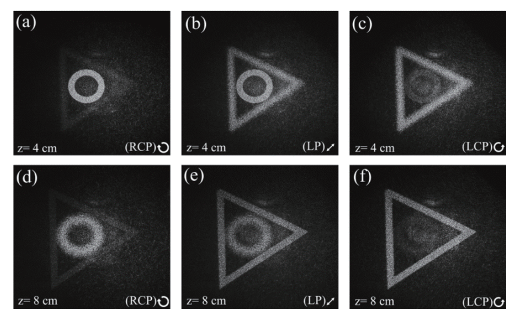


図3. 物体光（コインおよびKITアルミニウム板）と参照光を用いて記録後20秒後に取得した第1および第2ホログラム像

図4. 読み出し光の偏光状態を変化させ、試料面から(a)-(c) $z = 4$ cm、(d)-(f) $z = 8$ cmの位置でCCDにより取得した偏光多重ホログラムの再生像