

# フォトリフラクティブ高分子

リアルタイムホログラフィーおよび情報通信

**■キーワード**

フォトリフラクティブ高分子 動的ホログラム 非線形光学

**■研究の概要**

フォトリフラクティブ(PR)高分子は、光照射によって生じた電荷の生成と移動により、屈折率を可逆的に変化させる材料です。本研究室では、カルバゾールやトリフェニルアミン系高分子などの光伝導性マトリクスと非線形光学色素を組み合わせることで、高い回折効率と高速応答を実現しています。さらに、柔軟なマトリクスを用いることで、低電圧でリアルタイムに動作するホログラム表示が可能となり、フレキシブルで持続可能なフォトニックデバイスへの展開が期待されます。

**■研究・技術のプロセス／研究事例****■フォトリフラクティブ効果のメカニズム**

高分子複合材料におけるフォトリフラクティブ(PR)効果は、外部電場の印加下で4つの相互に結合した光物理過程を通じて進行します(図1)。典型的なPRデバイスは、ITO(インジウムスズ酸化物)透明電極をコーティングしたガラス基板で高分子フィルムを挟んだ構造を有します。印加電圧は電荷輸送を促進し、同時に2本のコヒーレントなレーザー光がフィルム内部で干渉することで、周期的な光強度分布が形成されます(図2)。(1)二光束の干渉により、明部と暗部からなる干渉縞が形成され、光励起領域が形成される。(2)明部で生成された光励起キャリアは、印加電場下でドリフトおよび拡散し、暗部に捕獲されることで、周期的に変調された電荷密度分布を形成される。(3)この電荷分離により、光強度分布と位相のずれた空間電荷電場が形成され、二光束間のエネルギー移動が可能となる。(4)この内部電場によって、非線形光学色素が電気光学(ポッケルス)効果により配向し、屈折率変調が誘起される。その結果、入射光が回折され、ホログラム記録、リアルタイム画像再生、光情報処理の基盤が形成されます。

**■フォトリフラクティブ高分子の応用1**

poly(4-Diphenylamino)benzyl acrylate)(PDAA)を基盤としたPR複合材料は、低い印加電場(25 V  $\mu\text{m}^{-1}$ )でも高い回折効率と高速応答を示します。特に532 nmの波長条件を最適化することで、鮮明で繰り返し更新可能なホログラム表示が実現でき、低電圧で動作します。

**■フォトリフラクティブ高分子の応用2**

PET/PEDOT:PSS電極を用いた全有機型フォトリフラクティブ(PR)デバイスは、高い柔軟性と機械的耐久性を示します。このデバイスは、1万回の曲げ試験後も回折効率(20%以上)と応答時間(約390 ms)を維持しており、ウェアラブルデバイスや曲面型ホログラフィックディスプレイへの応用が期待されます。

1. K. Kinashi, et al., Macromol. Chem. Phys., 214, 1789 (2013).
2. H. N. Giang, K. Kinashi, et al., Polym. J., 46, 59 (2014).
3. K. Kinashi et al., ACS Appl. Electron. Mater., 1, 238 (2019).

**■セールスポイント**

リアルタイムかつフレキシブルなホログラフィックデバイスは、3Dディスプレイや光通信を可能にします。

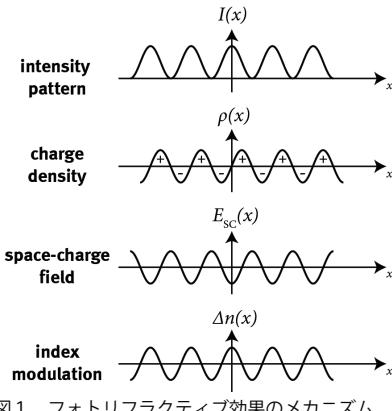


図1. フォトリフラクティブ効果のメカニズム

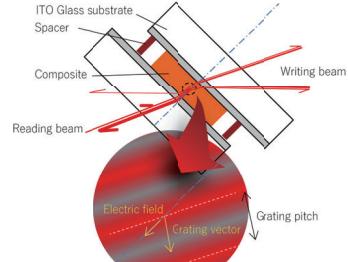


図2. 典型的なフォトリフラクティブ(PR)デバイスの構造および屈折率格子形成の模式図



図3. 電場印加下においてPDAA系フォトリフラクティブ(PR)デバイスを通して観察された、回転する人形物体のリアルタイム動的ホログラム

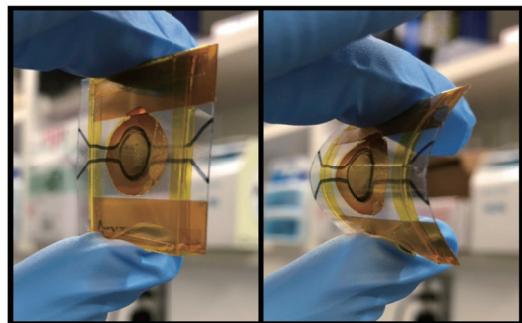


図4. 曲げ試験中のPET/PEDOT:PSS-SAM電極を用いたPRデバイスの写真