

## IV. 2. 2 (高分子/液晶) 複合膜の表示機能に関する研究

梶山 千里 (九州大学 総長)

### (1) 5年間の総括

(高分子/液晶) 複合膜は、電圧オン・オフにより透明—白濁の可逆的な光スイッチング機能を示し、偏光板や配向処理などが不要であることと単純な素子構造により表示膜の作製が可能であるため、大面積・フレキシブル化が容易な表示材料として期待されている。本グループでは、(高分子/液晶) 複合膜を大面積・フレキシブル表示素子や調光膜として実用化するための基盤技術の確立を図った。以下に各サブテーマ毎に研究成果の概要を述べる。

#### ① ノーマルモード型 (高分子/液晶) 複合膜による大面積・フレキシブル表示素子の開発

(高分子/液晶) 複合膜の最も基本的な機能は、電圧無印加時に不透明、印加時に透明で、各状態が電圧のオン・オフで可逆的にスイッチするノーマルモード光スイッチングである。ノーマルモード型 (高分子/液晶) 複合膜の電気光学特性は、高分子と液晶の相分離の形態に強く依存する。本研究では、高分子の化学構造や相分離条件を種々変化させることで、優れた電気光学特性を示すノーマルモード型 (高分子/液晶) 複合膜材料の探索を行った。

##### ①-1 フェーズ I (H9年11月～H12年3月)

高分子と液晶の相分離を誘起させる方法は種々知られているが、本研究では、モノマーと液晶の混合溶液からモノマーの光重合によって相分離を誘起させる方法を採用した。重合性が比較的良好なことで知られているアクリレート系のモノマーを用いて光重合による製膜法について検討し、優れた電気光学効果を示すモノマー種、組成比、重合条件等を探索した。その結果、モノマーとして分岐アルキル基を置換基として有するモノアクリレートと2つのアクリレート基が直鎖アルキル基で連結したジアクリレートの混合体、液晶として高複屈折を有するフッ素系ネマチック混合液晶を用いることで良好な電気光学特性を示す (高分子/液晶) 複合膜を作製できることが明らかとなった。

大面積・フレキシブル表示膜の作製プロセスとして、一方の基板に複合膜材料を塗布し、その塗膜上に他方の基板を貼り合わせるラミネート技術を検討し、制膜条件の最適化を行った。

##### ①-2 フェーズ II (H12年4月～H14年11月)

光重合性モノマーとしてアクリレート以外のフマレートやビニルエーテルなど、異なる官能基を有するモノマー同士の共重合で反応速度比が大きく異なる物質を用いて (高分子/液晶) 複合膜を作製した。その結果、モノアクリレートとジビニルエーテルの組み合わせにおいて高急峻応答の電気光学特性、すなわち、小さい電圧の変化で大きな光透過率変

化を示す特性が得られた。さらに、一分子中にアクリレート基とビニルエーテル基を有するモノマーを用いて、世界最高クラスの電気光学特性を得た。この結果は、（高分子／液晶）複合膜を単純マトリクス駆動による多ドット表示への適用を可能にする画期的成果である。

大面積・フレキシブル表示膜の作製プロセスとして、溶液塗布→フィルム基板とのラミネート→光重合→巻き取りの各プロセスを製膜温度、光照射強度などを精密に制御した条件下で連続的に行い、メートルサイズの面積・フレキシブル表示膜を作製することができるロール製膜装置を開発した。これによりノーマルモード型（高分子／液晶）複合膜を用いた大面積・フレキシブル表示素子の試作品を完成させた。

## ② （高分子／液晶）複合膜の新規機能探索

（高分子／液晶）複合膜の用途によっては、ノーマルモードとは逆の応答、すなわち電圧無印加時に透明、電圧印加時に不透明のリバースモード光スイッチング、あるいは熱などの電気信号以外の外部刺激によるスイッチング、刺激除去後も不透明状態や透明状態が安定に保持されるメモリー性、などの新規機能が付与された（高分子／液晶）複合膜のニーズが高くなる。本研究では、（高分子／液晶）複合膜の応用分野をさらに拡大させる目的で新規機能の探索を行った。

### ②-1 フェーズⅠ（H9年11月～H12年3月）

誘電異方性が負の液晶の初期配向を界面活性剤や流動効果などにより制御し、繊維状に形成された高分子ネットワークによりその電場応答を不均一にすることによりリバースモードスイッチングが可能であることを示した。また、高分子液晶を含むスメクチック相とキラルネマチック相との急峻な相転移を応用して熱と電場の組み合わせによるメモリー性光スイッチング機能の発現に成功した。この材料に光を熱に変換できる色素化合物を導入することによりレーザー光による書き込み・メモリー、電場による瞬間的な消去が可能な、リライタブルメモリー材料の開発に成功した。

### ②-2 フェーズⅡ（H12年4月～H14年11月）

リバースモード型（高分子／液晶）複合膜の特性をさらに向上させるため、新たに光重合性液晶モノマーを合成し、単官能性および2官能性アクリレートモノマーと組み合わせることにより複合膜を調製した。これにより、駆動電圧の低下、ヒステリシスの抑制、コントラストの向上が可能となった。さらに、キラル化合物の添加により液晶の電圧無印加時の分子配列に螺旋構造を誘起させ、コントラストと視野角特性を向上させ試作品を完成させた。フェーズⅠで開発されたスメクチック相-キラルネマチック相の相転移に伴う分子配列変化の制御技術を応用し、赤外光を高温時には反射し低温時には透過させる熱感応性赤外反射透明フィルムを開発した。液晶性モノマーの導入により温度の昇降変化に対する可逆的な赤外反射スイッチングと反射波長域の広帯域化に成功した。

## (2) 今後の取り組み

### ① ノーマルモード型（高分子／液晶）複合膜による大面積・フレキシブル表示素子の開発

#### ①-1 研究成果

- ・ 単純マトリクス駆動法による多ドット表示が可能なノーマルモード型（高分子／液晶）複合膜の開発に成功した。
- ・ 大面積・フレキシブル表示素子を連続的に製造することが可能なロール製膜装置の開発を行った。

#### ①-2 フェーズⅢへの取り組み

開発された材料はガラス基板に支持された状態では優れた電気光学特性を示すが、フレキシブル基板を用いた場合は特性の劣化が認められた。フェーズⅢではこの問題点を材料研究と製膜プロセス開発の相互連携により解決し、ノーマルモード型（高分子／液晶）複合膜による大面積・フレキシブル表示素子の実用化を目指す。また、ノーマルモード型（高分子／液晶）複合膜の単純マトリクス表示以外の応用についても探索を行う。

### ②（高分子／液晶）複合膜の新規機能探索

#### ②-1 研究成果

- ・ ノーマルモードとは、電圧オン－オフに対して逆の応答を示すリバースモード型材料の開発を行い、調光素子に応用した。
- ・ 熱により光散乱－光透過をスイッチングできる材料を開発し、光書き込み、メモリー、電圧消去が可能なリライタブルメモリー膜に応用した。
- ・ 温度変化に対して可逆的に赤外線を反射－透過できる材料を開発し、熱感応性赤外反射膜に応用した。

#### ②-2 フェーズⅢへの取り組み

他の競合技術や市場動向を注視しながら、さらなる性能の向上を目指し材料の基礎研究を続けて行く予定である。