

液晶／高分子複合体のナノ構造化と機能開拓

山口, 将生

<https://hdl.handle.net/2324/7363853>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (工学), 課程博士

バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)



氏 名	山口 将生				
論 文 名	液晶／高分子複合体のナノ構造化と機能開拓				
論文調査委員	主査	九州大学	教授	菊池 裕嗣	
	副査	〃	〃	横山 士吉	
	〃	〃	〃	服部 励治	
	〃	〃	准教授	奥村 泰志	

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

液晶／高分子複合体は、高分子分散型液晶（Polymer-Dispersed Liquid Crystal:PDLC）とも呼ばれ、液晶の機能をフレキシブルな固体膜として発現できる機能性材料である。特に液晶がマイクロメートルオーダーで相分離した PDLC は、電場のオフ・オンにより白濁・透明の調光機能を示すスマートウィンドウとして実用化されている。液晶の相分離の大きさを可視光の波長より十分小さくしたナノ構造化 PDLC（以下 Nano-PDLC）は、電場無印加時に光学的に透明かつ等方性で、電場の印加により透明性を維持したまま複屈折を生じるという電気光学 Kerr 効果を示す。Nano-PDLC は位相変調素子やマイクロレンズなど光学デバイス材料としての応用が期待されているが、駆動電圧が高いことが課題となっており高い Kerr 係数を示す材料の実現が望まれていた。本論文では、Nano-PDLC の駆動電圧の課題を克服するために液晶として極性の高い強誘電性液晶を用い、液晶と高分子の相分離構造の制御、電気光学効果 Kerr 係数の向上、および、従来の Nano-PDLC にはない新たな機能の開拓を行うことを目的とし、以下の研究成果を得ている。

- 1) 高い極性を示す強誘電性ネマチック液晶は融点が室温よりもかなり高く実用上問題がある。著者はメソゲン骨格の短い低融点の高極性液晶化合物を合成し、強誘電性ネマチック液晶化合物と混合することで、過冷却状態であるが室温付近でも極性の高いネマチック相を発現できることを見出している。この混合液晶と種々の光重合性モノマーを用いて PDLC の作製条件の最適化を行った結果、透明性の高い Nano-PDLC の作製に成功している。Nano-PDLC の複屈折の電場依存性を解析するために低電場領域での電場強度の 2 乗と複屈折の大きさの関係から求められる Kerr 係数に加え、高電場領域における複屈折変化の飽和挙動にも適用できる拡張 Kerr 係数も導入して解析を行っている。Nano-PDLC の液晶として強誘電性ネマチック液晶化合物を含む高極性混合液晶を用いることで一般的な液晶を用いた場合と比べ、約 200 倍大きい Kerr 係数を示すことを見出している。さらに、セルの基板面に平行に印加した電場を除去した後も複屈折が一定の大きさを示し、その残存複屈折は基板面に垂直方向の電場印加により消去できる可逆的メモリー効果を発見した。この現象は繰り返し耐久性があり、書き換え可能な光学変調デバイスとしての応用が期待される。
- 2) 上記 1) で見出されたメモリー効果の性能をさらに向上させるために、液晶として、近年所属研究室で開発された強誘電性スメクチック液晶を用いている。強誘電性スメクチック液晶は光重合性モノマーへの溶解性が低く、Nano-PDLC の作製が困難であったが、著者は用いた液晶と親和性の高いモノマーを探索し、前駆体組成を最適化することで Nano-PDLC の作製に成

功している。示差走査熱量測定やシンクロトロン小角 X 線散乱測定により、得られた Nano-PDLC の内部で液晶はスメクチック相を示すことを確認している。電場印加—除去後にメモリーされる複屈折の大きさを定量化するためにメモリー保持率を定義し、性能評価の指標としている。その結果、強誘電性スメクチック液晶を用いた Nano-PDLC は、強誘電性ネマチック液晶を用いた場合よりも約 1.4 倍高いメモリー保持率を示すことを見出している。

- 3) 上記 1) で調製されたネマチック液晶は、混合による共融効果で融点は低下するが室温での安定相は結晶であり、室温および室温以下で優れた電気光学効果を安定に維持することは困難である。そこで、著者は、強誘電性は示さないものの十分大きな誘電率をもち、室温以下に融点を示す新規液晶化合物に着目している。この液晶を用いて Nano-PDLC を作製し、室温および室温以下の温度で十分大きな **Kerr** 係数が得られることを見出している。また、上記 1) と同様のメモリー効果を示すことも明らかにし、室温および室温以下でもメモリー性電気光学効果を発現させることに成功している。

以上要するに、本論文は、電気的極性の高い液晶を用いた液晶／高分子複合体の相分離構造のナノ構造化、および、高い電気光学係数や可逆的メモリー効果を発現する機能性液晶材料の開発に関する新規かつ有益な知見を得たものであり、有機材料化学、機能物性化学の分野に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位に値すると認める。