



Title	Effects of Polymerization Temperature and Helical Pitch on the Electro-Optic Characteristics of Polymer/Cholesteric Liquid Crystal Nanocomposites
Author(s)	金, 會慶
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/59617">https://doi.org/10.18910/59617</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name (金 會 慶 / Hoekyung Kim)	
Title	<b>Effects of Polymerization Temperature and Helical Pitch on the Electro-Optic Characteristics of Polymer/Cholesteric Liquid Crystal Nanocomposites</b> ( 高分子/コレステリック液晶ナノ複合材料の電気光学特性に及ぼす重合温度および螺旋周期の効果に関する研究 )
<p>Abstract of Thesis</p> <p>In this dissertation, a study on the electro-optic characteristics of polymer/cholesteric liquid crystal (ChLC) nanocomposites is reported to reduce the driving voltage and understand the physics of polymer/ChLC nanocomposites. A low-temperature polymerization process can manipulate the electro-optic switching mode; the result is that a low driving voltage is attained in low-monomer-concentration polymer/ChLC nanocomposite while maintaining a fast response time. The study on the helical pitch dependence of the electro-optic characteristics in polymer/ChLC nanocomposites should help understand the response mechanism of such polymer/ChLC nanocomposites. The details are described in the following chapters.</p> <p><b>Chapter 1: Introduction</b></p> <p>An introduction to the properties of LCs, ChLCs, and the polymer/ChLC nanocomposites is given. The research purpose and overview of the dissertation is also described.</p> <p><b>Chapter 2: Deformation-free switching of polymer-stabilized cholesteric liquid crystals by low-temperature polymerization</b></p> <p>The 'deformation-free' switching mode in polymer/ChLC nanocomposites usually occurs when the polymer concentration ranges from a few to several tens of wt% values. In this chapter, a qualitative change in the electro-optic response of polymer/ChLC nanocomposites with a monomer concentration of 6.6 wt% is demonstrated by reducing the polymerization temperature. The LC domains are formed by phase separation between the polymer and non-photopolymerizable LC molecules during the polymerization process. Because the domain size depends on the polymerization rate during polymerization-induced phase separation, smaller LC domains can be achieved by controlling the degree of phase separation via a change in the polymerization temperature. Suppressed phase separation leading to the formation of smaller LC domains is accomplished by reducing the polymerization temperature. The driving force leading to the formation of smaller domain sizes is believed to be the increased viscosity at lower temperatures. The low-monomer-concentration polymer/ChLC nanocomposites can achieve a lower driving voltage without any deterioration in the fast response. The electro-optic characteristics and polymer morphologies of low-monomer-concentration polymer/ChLC nanocomposites with different polymerization temperatures are investigated.</p> <p><b>Chapter 3: Helical pitch dependence of the electro-optic characteristics in polymer/cholesteric liquid crystal nanocomposites having ultra-small liquid crystal domains</b></p> <p>Studies on the helical pitch (<math>p</math>) dependence of the electro-optic characteristics in low-monomer-concentration polymer/ChLC composites are reported. Depending on the polymerization temperature, low-monomer-concentration polymer/ChLC composites show two response modes: a 'polymer-stabilized' response and a 'deformation-free' response. Despite the difference in the electro-optic response modes, the threshold electric field of the polymer/ChLC composites increases as the helical pitch decreases for both response modes. However,</p>	

the threshold electric field shows differing dependencies on the helical pitch according to the electro-optic response modes. The 'polymer-stabilized' ChLC roughly shows a  $p^{0.57}$  dependence on the pitch, which is a consequence of the response being dominated by the Helfrich deformation. The 'deformation-free' polymer/ChLC, on the other hand, shows a smaller dependence on the pitch of approximately  $p^{0.33}$ . The decrease in the pitch dependence is described as a consequence of the nano-confined LC molecules undergoing a Fredericks-type reorientation instead of a helix deformation.

#### **Chapter 4: Helical pitch dependence of the electro-optic characteristics in polymer/cholesteric liquid crystal composites having large-size liquid crystal domains**

The helical pitch dependence of the threshold electric field in high-monomer-concentration polymer/ChLC composites having pitch-length scale LC domains is investigated. In contrast to the previous chapter, the threshold electric field shows little dependence on the helical pitch. This difference in the behavior of the helical pitch dependence in the thresholds is thought to originate from the difference in the dynamics of the LC molecules in each of the domains. The dynamics of the LC molecules in each of the domains is determined by the ratio of domain size to pitch length, since the domain sizes are statistically distributed. The portion of LC domains showing the helix deformation in the polymer/ChLC composite increases with an increase in the ratio of domain size to pitch length. For short pitch samples, the decrease in thresholds due to the change in the dynamics of the LC molecules within the domains cancels out the increase in thresholds caused from the increased twist in the Fredericks-type reorientation.

#### **Chapter 5: Conclusions**

The results obtained from chapter 2 to chapter 4 are summarized and the main conclusions of the dissertation are drawn.

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 金 會 慶 )			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	尾崎雅則
	副 査	教 授	伊藤利道
	副 査	准教授	藤井彰彦
	副 査	教 授	森 勇介
	副 査	教 授	片山光浩
	副 査	教 授	片山竜二
	副 査	教 授	近藤正彦
	副 査	教 授	森 伸也
	副 査	教 授	八木哲也

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、光重合性液晶モノマーと非重合性液晶とから作製する高分子／コレステリック液晶ナノ複合材料の低駆動閾値化と高速応答性とを両立させる目的で、重合条件および螺旋周期の電気光学特性に及ぼす効果を詳細に検討したものであり、以下の5章より構成されている。

第1章では、研究の背景を述べるとともに、本論文の目的と意義を明らかにし、本論文の構成を述べている。さらに、コレステリック液晶とその電気光学効果ならびに高分子／液晶ナノ複合材料について概観し、本研究での議論の基礎を明確にしている。

第2章では、高分子／コレステリック液晶ナノ複合材料作製時の重合温度が電気光学効果に及ぼす効果について検討し、低温で光重合を行うことにより、低閾値高速電気光学効果が実現できることを明らかにしている。光重合性モノマーと光官能基を持たない非重合性液晶との混合液晶に紫外線照射を行い重合することにより、高分子内にナノサイズで液晶が分散した高分子／コレステリック液晶ナノ複合体が作製できる。しかしながら、低閾値化のためにモノマー濃度を低下させると、電界により螺旋構造が崩壊し高速電気光学効果が実現できない。ところが、本研究では、 $-20^{\circ}\text{C}$ の低温で光重合を行うことにより、数%の低モノマー濃度においても電界印加により螺旋構造が崩壊しない複合材料を実現できることを見出している。さらに、その機構として、低温重合によるモノマーの粘度低下が、低モノマー濃度でのナノ複合体形成に寄与しているとして説明している。

第3章では、第2章で検討した、低温重合により作製した低モノマー高分子／コレステリック液晶複合材料の電気光学特性に及ぼすコレステリック螺旋周期の効果を検討している。低いモノマー濃度で作製する高分子／コレステリック液晶複合材料は、重合温度に依存して、「高分子安定型」と「無変歪型」の二つの電気光学応答モードを示す。用いるコレステリック液晶の螺旋周期  $p$  の減少に伴って、応答閾値電界  $E_{th}$  はこれらのモードの違いに依らず上昇するが、本研究では、「高分子安定型」では、閾値電界が  $E_{th} \sim p^{0.57}$  の螺旋周期依存性を示し Helfrich 変形の寄与が支配的で有り、他方、「無変歪型」では、閾値電界の螺旋周期依存性は  $E_{th} \sim p^{0.33}$  と比較的小さく、ナノ空隙内の液晶分子の Fredericks 型の再配向挙動に依るものであるとして考察している。

第4章では、比較的高いモノマー濃度で作製した高分子／コレステリック液晶ナノ複合材料の電気光学特性に及ぼす螺旋周期の効果を検討している。18wt%程度のモノマー濃度において作製した高分子／コレステリック液晶ナノ複合材料では、応答閾値電界が螺旋周期にほとんど依存しないことを見出している。このことを、サイズ分布をもつ液晶ドメイン内の液晶分子の電界応答機構が、螺旋歪みに基づく Helfrich 型と分子再配列に基づく Fredericks 型のバランスに依っていることで説明している。

第5章では、第2章から第4章までで得られた研究成果を総括し、本論文の結論としている。

以上のように、本論文は、従来の液晶材料に比べて高速応答性が期待できる高分子／コレステリック液晶ナノ複合

材料を実用化する上で課題とされてきた閾値電界の低減を、低温で光重合を行うことにより達成するとともに、螺旋周期の閾値電界に及ぼす効果を考察することにより電気光学応答の機構解明を行っている。このことは、液晶を用いた高速電気光学材料の新たな可能性を示唆するものであり、電気電子情報工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。