

修士学位論文要約（平成29年3月）

配向高分子中に析出する液晶の凝集形態制御に関する研究

佐々木 大介

指導教員：藤掛 英夫， 研究指導教員：石鍋 隆宏

Study on Morphological Control of Liquid Crystal Aggregates Segregated in Molecular-aligned Polymers

Daisuke SASAKI

Supervisor: Hideo FUJIKAKE, Research Advisor: Takahiro ISHINABE

As a next generation displays, the substrate-free liquid crystal displays (composed of liquid crystal droplets encapsulated in polymer) has been studied for a long time in order to overcome the limitation of flexibility. In previous reports for substrate-free displays, however, molecular alignment of liquid crystal (LC) and polymer was not controlled. This issue leads to low contrast ratio of the substrate-free displays. In this study, I investigated the optimal fabrication condition of molecular-aligned LC/polymer composite films. As the results, I clarified that the fluidity of the LC/monomer mixture and the curing rate of the monomer are important parameters for formation of molecular-aligned LC/polymer.

1. はじめに

次世代のディスプレイとして、薄くて軽く、自由に曲げることが可能という利点を有するフレキシブル液晶ディスプレイの実現が期待されている。フレキシブル液晶ディスプレイは、従来の液晶ディスプレイに用いられていたガラス基板に代わり、柔軟なプラスチック基板を用いる方式が提案されてきた。しかしながら、2枚のプラスチック基板の間に液晶を挟む構造であることから、提案方式は折り畳むような変形に対応できない。このような柔軟化を制約する問題に対し、基板を必要としないディスプレイ構造（基板レス液晶ディスプレイ）が報告されている¹⁾。その中で、高分子膜にコレステリック液晶小滴を封じた構造が提案されているが、選択反射を用いる表示方式であるため、高いコントラスト比を得ることが困難であった。本研究では、液晶と高分子の分子配向を制御して、偏光を伴う動作モードにより高コントラスト表示が可能なデバイス構造を提案する(図1参照)。その実現に必要なとされる液晶と高分子の分子配向および析出形態を任意に制御する基盤技術の確立を本研究の目的とした。

2. 光重合相分離法を用いたデバイスの作製

本研究では液晶とモノマーの混合液に対し、紫外光を照射することにより相分離が誘起される光重合相分離法を採用した。光重合相分離法では、分子配向を制御した混合液の紫外線露光部における液状高分子の析出、析出した高分子もしくは液晶成分の凝集、さらなる重合の進展による高分子の硬化というような過程を順に経て液晶/高分子複合構造が形成される。液晶の凝集形態制御の自由度を高めるには、これらの過程を制御することが必要である。また本手法では、パターンマスク越しに紫外光を照射することにより、任意の形態に高分子を析出させることが期待できる。

本実験では、ネマチック液晶（JNC社 TD-1013LA）に単官能液晶性モノマー（DIC社 化合物C）を50wt%の比率で混ぜて混合液を作製し、90°ねじれのラビング配向処理を施したガラスセル（セルギャップ：10 μm）に注入した。使用したモノマーは、ネマチック液晶に対して高い相溶性を示すとともに、重合が進んだ状態でも液体状態を保持しやすい特質があることを確認している。この混合液セルに対して、直交格子形状の光学マスクをセル上部に密着させて、紫外線のパターン露光を行った。相分離形態を制御するパラメータとして、本研究では紫外線の強度および、デバイス作製時の温度について検討を行った。紫外線強度は重合の度合いを左右し、温度は混合液の粘度および液晶や高分子の凝集を制御するパラメータである。使用した光学マスクのピッチは120 μm（線幅は20 μm）であり、開口率は30.6%である。



図1 配向制御型基板レス液晶ディスプレイの構造

3. 基板レス液晶ディスプレイの実現に向けた液晶/高分子複合膜の作製と評価

モノマー重合後の高分子と液晶の析出形態を偏光顕微鏡で観察した結果を図2に示す。作製したデバイスは、直交偏光板下での観察により、作製条件の違いによらず高分子と液晶小滴の分子が連続して90°ねじれ配向を維持していることを確認している。

図2(a)-(c)より、デバイス作製時の温度の上昇に伴い、任意(直交格子状のパターンマスクの配置)の形態に液晶滴が配置される傾向が見られる。デバイス作製時の温度は、混合液の流動(分子運動)を制御するパラメータである。図2(c)の結果は、温度の上昇により、混合液の流動性が高まり、マスクされた領域への液晶の凝集が促されたためであると考えられる。

また、図2(c)および(d)を比較すると、低い紫外線強度で作製した場合において、任意の形態に液晶滴が単独配置されていることが分かる。一方、高い紫外線強度で作製したデバイスは、液晶滴の析出サイズや析出箇所を制御することができなかった。紫外線強度は、高分子の硬化速度を制御するパラメータである。高い紫外線強度でデバイスを作製した場合、液晶が凝集する前に高分子の硬化が進んでしまうことから、図2(d)のように任意の形態に液晶滴を配置することができなかったと考えられる。したがって、紫外線強度および重合時の温度を最適化することにより、液晶滴の析出形態制御に成功した。

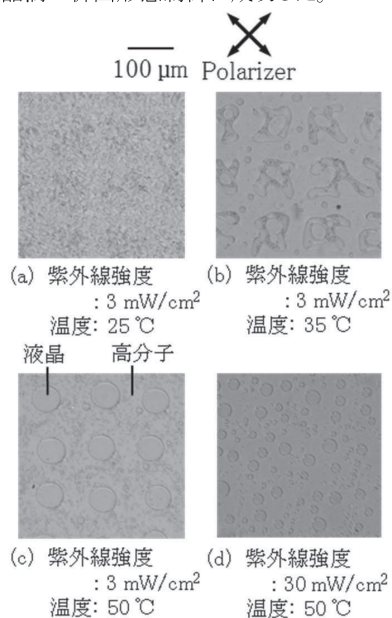


図2 作製したデバイスの偏光顕微鏡画像
(マスクピッチ: 120 μm)

作製したデバイス(3 mW/cm², 50 °C, 120 μm ピッチ)における電圧印加時の偏光顕微鏡画像を図3に、

電圧-透過率特性を図4に示す。電圧印加時の偏光顕微鏡画像より、液晶の析出領域において、液晶のねじれ配向に基づく光変調が確認された。また、作製したデバイスは電圧印加時の透過率が、液晶のみのデータと比較して上昇していることが分かる。これは液晶滴上下に析出した高分子の旋光性によるものであると考えられ、図1に示すような液晶が高分子によって内包された構造をとっていることが示唆された。

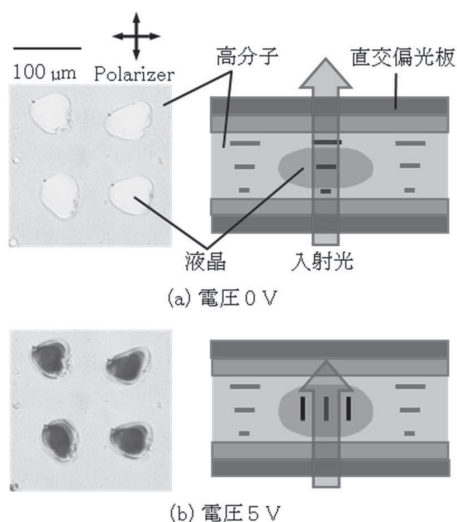


図3 デバイスに電圧を印加したときの偏光顕微鏡画像

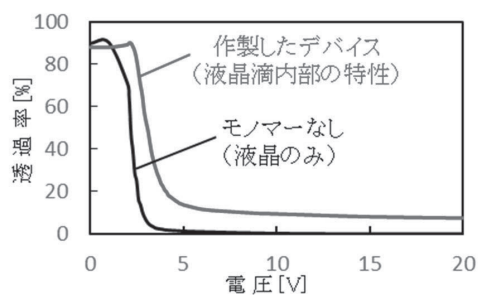


図4 作製したデバイスの電気光学特性

4. まとめ

高コントラスト表示が可能な基板レス LCD の実現に向けて、分子配向が制御された液晶と高分子の相分離形態制御を行った。配向制御型液晶/高分子複合膜の作製については、材料選択および温度、紫外線強度等の紫外線照射条件の制御による高分子の流動性制御が、配向高分子中の液晶の凝集形態制御に有効であることを明らかにした。

文献

- 1) I. Shiyonovskaya, S. Green, A. Khan, G. Magyar, O. Pishnyak, and J.W. Doane, J.SID, **16** (2008) 113.