

| | |
|--------------|---|
| Title | 微小振動ずり応力印加によるスメクチック及びカラムナール液晶の分子配向制御に関する研究 |
| Author(s) | 金, 載錡 |
| Citation | |
| Issue Date | |
| Text Version | ETD |
| URL | https://doi.org/10.18910/26182 |
| DOI | 10.18910/26182 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

〔題名〕微小振動ずり応力印加によるスメクチック及びカラムナー液晶の分子配向制御に関する研究

学位申請者 金 載 錫

現在実用化されている液晶ディスプレイなどの液晶デバイスでは、大面積で一様な液晶の配向、すなわち一様配向を得ることにより、デバイスの機能を実現している。しかし、一様配向が実現できる液晶はネマチック液晶などの粘度が低い液晶に限られている。一様配向制御が困難なスメクチック及びカラムナー液晶などの高次液晶相の配向が実現できれば有益であると考えられる。しかし、粘度が高いためラビング方法や偏光紫外線照射方法など従来の配向方法では配向制御が難しいという問題がある。一方、機械的に平板ずり運動を起こすことによっても液晶が一様配向することが報告されている。しかし、これまでの方法は回転粘度計などを用いて一方向に連続的にずりを加えるものがほとんどであり、大面積かつ均一な一様配向を得ることは困難であった。そこで、本研究では圧電アクチュエータを利用して、微小振動ずり応力を精度よく制御できる新しい実験システムを構築し、スメクチック及びカラムナー液晶の配向制御に関する研究を行った。本論文は、その成果をまとめたものであり、6章より構成されている。

第1章では、本研究を行うに至った背景、研究目的を述べ、高次液晶相の配向制御に向けた取り組みにおける本研究が占める位置づけを述べた。第2章では、本研究において用いた微小ずり応力印加装置の動作特性ならびに、液晶試料の配向特性の評価方法の概要および原理について述べた。第3章では、層構造を有するスメクチック液晶を用い、等方相から液晶相へ相転移する時に微小振動ずり応力を印加し、液晶中に流れを生じさせることで、液晶分子のプラナー配向とホメオトロピック配向を実現した。偏光顕微鏡観察により、スメクチックA相のレイヤー方向は流れ方向に対して平行な方向に配向することや、液晶層厚が小さい場合には基板界面の状態が配向に影響を及ぼすことを明らかにした。また、ずり速度やずり距離を変化させて実験を行い、従来のずり手法と比べて2/3の遅いずり速度、また10分以内の時間でもプラナー配向が得られることを明らかとし、本配向手法の有用性を示した。第4章では、微小振動ずり応力により液晶中に流れを生じさせることで、カラムナー液晶であるトリフェニレン誘導体のプラナー配向を実現した。偏光顕微鏡観察及び偏光赤外吸収スペクトルから二色性およびオーダーパラメータを評価し、カラムの配向方向がずり方向に平行であること、また、0.7以上の高いオーダーパラメータが得られていることを明らかとした。更に、本配向手法を液晶層厚の異なる素子に適用することで、4 μm から38 μm の広い液晶層厚の範囲で一様配向が得られることを明らかとした。第5章では、半導体性を示すカラムナー液晶であるフタロシアニン誘導体に微小振動ずり応力を印加し、液晶分子の配向制御によるキャリア輸送特性に及ぼす効果を調べた。偏光顕微鏡観察、複屈折測定及び偏光赤外吸収スペクトル測定により配向特性を評価し、フタロシアニン誘導体ではカラムが基板垂直方向より数度傾いたチルト配向が得られることを明らかとした。Time of flight測定によりキャリア移動度を評価し、ずり応力印加前に 10^{-1} cm^2/Vs であったキャリア移動度がずり応力印加後には、カラムの傾きが誘起されずり応力印加前に存在していたキャリアパスが途切れて 10^{-6} cm^2/Vs に減少することを明らかとした。また、 10^{-6} cm^2/Vs オーダーの移動度は、移動度の温度依存性と活性化エネルギーからイオン伝導に起因する可能性が高いことを示した。第6章では、本研究で得られた知見についてまとめ、本研究の結論とした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 (金 載 錡) | | | |
|---------------|-----|-----|------|
| | (職) | 氏 名 | |
| 論文審査担当者 | 主 査 | 教 授 | 尾崎雅則 |
| | 副 査 | 教 授 | 森 勇介 |
| | 副 査 | 教 授 | 大森 裕 |
| | 副 査 | 教 授 | 伊藤利道 |
| | 副 査 | 教 授 | 片山光浩 |
| | 副 査 | 教 授 | 栖原敏明 |
| | 副 査 | 教 授 | 近藤正彦 |
| | 副 査 | 教 授 | 八木哲也 |

論文審査の結果の要旨

本論文は、微小振動ずり応力印加によるスメクチック及びカラムナー液晶の分子配向制御に関する研究の成果をまとめたものであり、以下の5章より構成されている。

第1章では、本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ている。さらに、本論文で取り上げる液晶とその配向技術ならびに液晶中のキャリア伝搬に関する基礎事項を概説している。

第2章では、本研究で用いた微小振動ずり応力印加装置の動作特性について述べたのち、層構造を有するスメクチック液晶における微小振動ずり応力印加による配向特性についての研究成果を述べている。セル基板表面に水平配向処理を施したスメクチック液晶セルにおいては、降温による等方相→スメクチック相転移時の層構造形成過程ならびに層構造形成後のスメクチック相内のいずれの場合においても、基板面に平行な振動ずり応力を印加した場合に一様水平配向状態が得られることを確認している。一方、表面配向処理を施さないセルでは、同様の振動ずり応力印加により層構造形成時においては水平配向、層構造形成後においてはホメオトロピック配向が得られることを見出している。いずれの場合にも、層構造が振動ずり応力印加方向に平行に形成されることを、光学的位相補償の観察により明らかにしている。さらに、振動ずり応力印加による層構造の一様配向は、 240s^{-1} 以上の速度勾配が必要であることを見出している。

第3章では、板状分子が柱状に積層して配列するカラムナー液晶において、微小振動ずり応力印加による配向特性を調べた結果をまとめている。サンドイッチセル内でホメオトロピック配向を形成するトリフェニレン誘導体を用いて、セル基板表面に平行な微小振動ずり応力印加時の配向状態を調べた結果、振動ずり応力印加方向に沿ってカラム軸が再配向することを、複屈折評価、顕微偏光 FT-IR 測定などの手法を用いて確認している。また、厚さ $4\mu\text{m}$ から $38\mu\text{m}$ のサンドイッチセルを用いた配向状態評価により、セルの厚さ方向全体にわたってカラムの一様配向が得られることを確認している。

第4章では、 $10^{-1}\text{cm}^2/\text{Vs}$ オーダーの電子性キャリア伝導を示すフタロシアニン誘導体カラムナー液晶を用いて、キャリア伝導に及ぼす微小振動ずり応力印加の効果を調べている。ホメオトロピック初期配向状態からセル基板表面に平行なずり応力を印加することにより、カラム軸が十数度傾くことを複屈折測定より明らかにしている。また、その僅かなカラム軸の配向変化により、ホール移動度が $10^{-1}\text{cm}^2/\text{Vs}$ から $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ まで減少することを見出し、キャリア伝導がカラムに沿った一次元的なものであり、僅かな配向乱れによってキャリア輸送が容易に阻害されることを見出している。

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

以上のように、本論文は、ネマチック液晶で一般に用いられるラビング法での一様配向が困難な、層構造およびカラム構造を有する液晶の配列制御において、制御された微小振動ずり応力の印加が有効であることを明らかにしている。それにより、従来のディスプレイ応用以外の様々な液晶の応用の可能性を示唆しており、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。