

超薄膜界面での液晶ダイレクタのダイナミクスに関する研究

Study on the nematic director dynamic at the interface of thin polyimide layers

杉村 明彦
Akehiko SUGIMURA

液晶は、光情報表示・変換素子への応用に向けた研究・開発に加えて、分子レベルでの大容量情報の記憶・処理・伝搬機能性に関する新たな基礎研究も進められている。液晶ダイレクタの動的挙動と表面アンカリング機構の解明は、液晶光電素子への応用に限定されず、ナノメトリック極限領域での液晶界面物性や、高分子液晶の相変化を含む物理化学現象を明らかにするための重要な研究課題の一つであり、幅広く国の内外での活発な研究活動が行われている。特に弱い表面アンカリング条件下での低分子および高分子液晶のダイナミクスは、従来の研究に見いだせない新たな物理化学現象の発現を含むものとして期待されている。

本研究では、分野別研究者らにより既に報告された液晶ダイレクターの一般化トルクバランス方程式に基づき、超薄膜界面での液晶ダイレクタのダイナミクスを明らかにするだけでなく、超薄膜界面での表面アンカリング問題を明確にすることを目的として研究を行った。具体的には、超薄膜基板上でのアンカリング強度を、新たに提案した電界重複印加重水素化核磁気共鳴法を用いて実験的に研究を進めた。さらに、界面での液晶ダイレクタ表面変位を考慮した、より一般化されたトルクバランス方程式から導かれるダイレクタ分布を、核磁気共鳴法と計算機シミュレーションとの組み合わせにより数値解析することにより、微視的な液晶分子のダイナミクスを理論的・実験的に調べた。

まず、超薄膜界面での表面アンカリングエネルギー密度の測定に関しては、一般化表面アンカリング理論より導かれる飽和閾値電圧に基づく、新たな測定法を提案し（発表論文1）種々の配向膜上でのアンカリング密度を明らかにした（国際会議発表1）。表面アンカリングにより拘束された液晶バルク内でのダイレクタ分布は、一般化表面アンカリング理論に基づくトルクバランス方程式と、バルクへの電圧印加に伴う電界の摂動を考慮して、数値解析により明らかにした（国際会議発表2）。さらに、新たに提案した電界重複印加による重水素化核磁気共鳴法を用いてダイレクタ分布の静的（国際会議発表3）及び動的（国際会議発表4）変化を実験的に調べた。

本研究のまとめとして、超薄膜基板上でのアンカリング強度に依存したバルク内でのダイレクタ分布の数値解析法の提案に基づき、種々のアンカリング条件下での、スーパーツイストネマチック効果を用いた光スイッチング機能変化を明確にした（発表論文2）。ここでは、従来実験的に観測されている光メモリ効果を、理論的に明らかにすると共に、良

く制御された弱いアンカリング条件下では、高速光スイッチングが可能であることを示した。

本研究課題は、現在も継続して問題解決に取り組んでいるが、現段階での研究成果は、下記の通りである。

1. 発表論文

- (1) 論文名：Determination of unified surface - anchoring energy of a nematic liquid crystal on a polymer substrate
掲載誌名：Applied Physics Letters, vol.72, p.329(1998)。
- (2) 論文名：Unified surface anchoring energy of a nematic liquid crystal slab: surface - induced optical switching and director distribution
掲載誌名：Thin Solid Films, vol.331, p.25(1998)。

2. 国際会議発表

国際会議名：The 17th International Liquid Crystals Conference

開催場所：Strasbourg, France

開催機関：平成10年7月19日～24日

- (1)発表題目：Unified Surface Anchoring for Cyano - and Fluorinated - Nematic Liquid Crystals on Polymer Alignment Layers
発表日：平成10年7月23日
- (2)発表題目：Simulation of the Director Distribution in a Thin Nematic Liquid Crystal Slab Subject to Electric and Surface Fields
発表日：平成10年7月22日
- (3)発表題目：A Deuterium NMR Investigation of the Director Distribution in a Nematic Slab with Strong Surface Anchoring Condition
発表日：平成10年7月22日
- (4)発表題目：A Deuterium NMR Investigation of the Director Dynamics in a Nematic Slab Subject to Magnetic and Pulsed Electric Fields
発表日：平成10年7月22日

3. 学会発表

- (1) 会議名：第45回応用物理学関係連合講演会
発表題目：電界重複印加DNMRを用いたネマティック液晶ダイレクタ分布
発表場所：東京工科大学
発表日：平成10年3月29日
- (2) 会議名：第45回応用物理学関係連合講演会
発表題目：DNMRを用いたネマティック液晶ダイレクタダイナミクスの測定
発表場所：東京工科大学
発表日：平成10年3月29日
- (3) 会議名：The British Liquid Crystal Conference

- 発表題目：A Deuterium NMR Investigation of the director dynamics
in a nematic subject to magnetic and pulsed electric fields
発表場所：University of Leeds, U.K.
発表日：平成10年4月7日
- (4) 会議名：日本学術振興会情報科学用有機材料第142委員会
開催場所：弘済会館
発表日：平成10年6月4日
発表題目：ポリマー界面における表面アンカリングと液晶分子構造
- (5) 会議名：第9回有機配列制御膜の界面電子現象および知能的機能調査専門委員会
開催場所：大阪中央電気クラブ
発表日：平成10年8月17日
発表題目：Director Distribution in a Thin Nematic Liquid Crystal Slab
Subject to Magnetic, Electric and Surface Fields
- (6) 会議名：1998年日本液晶学会討論会
開催場所：千里ライフサイエンスセンター
発表日：平成10年10月13日
発表題目：表面アンカリングエネルギーの液晶／配向膜分子構造依存性
- (7) 会議名：1998年日本液晶学会討論会
開催場所：千里ライフサイエンスセンター
発表日：平成10年10月15日
発表題目：ネマチックセル内ダイレクタ分布と表面アンカリング効果