

Title	分子配向微小構造体／液晶複合系の電気光学特性に関する研究
Author(s)	今村, 弘毅
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/72404
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (今 村 弘 毅)

論文題名

分子配向微小構造体/液晶複合系の電気光学特性に関する研究

論文内容の要旨

本博士論文では、分子配向微小構造体と液晶の複合系を用いて、両者間の弾性結合に基づく電界応答と、それによる光学特性の制御に関する研究成果をまとめている。以下に各章の要約を示す。

第1章では、本博士論文における研究背景および研究目的を述べた。また、本論文の研究対象である液晶と分子配向微小構造体、さらにはそれらの複合系について概説した。

第2章では、ネマティック液晶（ホスト液晶）内に分子配向微小構造体を導入した複合系の電気光学特性を実験および理論の両面から明らかにした。電界無印加時（初期状態）に表面分子の配向（表面配向）がホスト液晶の配向と一致している静止構造体は、電界印加によるホスト液晶の再配向に伴い、表面配向と電界のなす角を減少させる方向に剛体回転した。一方、電界を除去した場合、ホスト液晶の初期配向への回帰に伴い、構造体も初期状態に戻る可逆的な応答を示した。構造体の回転角度は、電界強度の増加に伴い単調増加し、表面配向と電界が平行になる角度で最大となった。ある電界強度における回転角度は、ホスト液晶の自由エネルギーおよび構造体が有する静電エネルギーの和が最小となる角度として、理論的に記述できることを見出した。また、電界に対する動特性の評価を行った結果、構造体の回転応答時間は、構造体サイズの微小化に伴い減少しホスト液晶の応答時間に近づいた。同時に、構造体近傍のホスト液晶の初期配向への戻り時間は、構造体が存在しない場合と比べ高速化した。このときの構造体およびホスト液晶の応答時間が、両者の運動方程式を連立して解くことにより理論的に記述できることを見出した。

第3章では、誘電異方性の符号が印加電界の周波数に依存する二周波駆動液晶内に分子配向微小構造体を導入した複合系において、構造体の回転方向制御を行った。初期状態において、表面配向をホスト液晶の配向と一致させた構造体は、電界印加により、その回転方向および回転角度が電界の強度および周波数で制御可能であるが、その回転方向は必ずしもホスト液晶の再配向方向と一致しないことを見出した。観測されたこの電界応答が、ホスト液晶および構造体の自由エネルギーの和の最小化計算により説明できることを示した。この解析の結果から、ホスト液晶の誘電異方性の絶対値が構造体に比べ十分大きい場合はホスト液晶の自由エネルギーが支配的となり、逆の場合には構造体の自由エネルギーが支配的となって、全体のエネルギーが最小化され構造体の回転が決定されることを明らかにした。さらに、両者の誘電異方性の絶対値が同程度でかつ符号が異なる場合、低電界においてはホスト液晶の自由エネルギーが、高電界では構造体の自由エネルギーがそれぞれ支配的となり、ある電界強度を境に回転方向が反転することが明らかとなった。

第4章では、内部の分子が螺旋状に配列した分子配向微小構造体（螺旋構造体）を、ねじれネマティック液晶素子内に導入することにより、構造体の回転角度、Bragg反射バンドおよび偏向角を連続的かつ可逆的に制御できることを実験および理論の両面から明らかにした。初期状態において、構造体底面が素子基板に対して平行であり、かつ構造体底面の表面配向を素子中央部のホスト液晶の分子配向方向に一致させて、螺旋構造体を配置した場合を考える。このとき、ホスト液晶のFrederiks転移のしきい値以上の電圧を印加することにより、構造体はその底面を素子基板に垂直に向ける方向に回転し、その回転角度は電圧増加に伴って単調に増加した。得られた回転角度の電界強度依存性は、ホスト液晶および螺旋構造体の自由エネルギーを考慮して理論的に記述できることを見出した。また、構造体内部の螺旋周期に起因した反射バンドは構造体の剛体回転に伴い短波長側にシフトし、同時に、反射光の偏向角が単調に増加することを見出し、印加電圧約0.9 Vで64°の偏向角が得られることを確認した。さらに、動特性の評価を行った結果、ねじれネマティック液晶素子に導入した螺旋構造体の回転運動の応答時間は数秒程度であり、プラナー配向ネマティック液晶素子を用いた場合と比べ、戻り時間が改善されることを明らかにした。

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、本博士論文における結論を述べた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (今村 弘毅)			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	教 授	尾崎 雅則
	副 査	教 授	片山 竜二
	副 査	教 授	森 伸也
	副 査	教 授	森 勇介
	副 査	教 授	片山 光浩
	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、内部で分子の配列が揃った分子配向微小構造体を液晶中に導入した分子配向微小構造体／液晶複合系における、構造体と周囲液晶配向場との間に誘起される弾性結合に基づく電気光学特性に関する研究成果をまとめたものであり、以下の5章から構成されている。

第1章では、液晶と異種物質との複合系および分子配向構造体について概説し、本研究の目的および本論文の概要を述べている。

第2章では、分子配向微小構造体／ネマティック液晶複合系の電気光学特性を実験および理論の両面から明らかにしている。ネマチック液晶（ホスト液晶）内に分子配向微小構造体を導入した分子配向微小構造体／ネマティック液晶複合系において、電界印加によるホスト液晶の再配向に伴い構造体が剛体回転することを示している。さらに、電界を除去した場合、ホスト液晶の初期配向状態への回帰に伴い、構造体も初期状態に戻る可逆的な応答を示すことを確認している。電界印加時の構造体の回転角度は、電界強度の増加に伴い単調増加し、ホスト液晶の自由エネルギーおよび構造体が有する電界起因のエネルギーを考慮して理論的に記述できることを見出している。また、電界印加時の動特性の評価を行い、構造体の回転応答時間は構造体サイズの微小化に伴い減少しホスト液晶の応答時間に近づき、同時に、構造体近傍のホスト液晶の再配列時間（戻り時間）は構造体が存在しない場合と比べて高速化することを明らかにしている。これらの構造体およびホスト液晶の過渡応答特性が、それら両者の運動方程式を連立して解くことにより理論的に記述できることを見出している。

第3章では、誘電異方性の符号が印加電界の周波数に依存する二周波駆動液晶内に分子配向微小構造体を導入した複合系において、構造体の回転制御の検討を行っている。電界印加時の構造体の回転方向および回転角度は電界の強度及び周波数で制御可能であるが、その回転方向は必ずしもホスト液晶の再配向方向と一致しないことを見出している。また、この電界応答をホスト液晶および構造体の自由エネルギーの観点から理論的に考察し、ホスト液晶の誘電異方性の絶対値が構造体に比べ十分大きい場合はホスト液晶の自由エネルギーが支配的となり、逆の場合には構造体の自由エネルギーが支配的となって、構造体の回転挙動が決定されることを明らかにしている。さらに、両者の誘電異方性の絶対値が同程度でかつ符号が異なる場合、低電界においてはホスト液晶の自由エネルギーが、高電界では構造体の電界起因のエネルギーがそれぞれ支配的となり、ある電界強度を境に回転方向が反転することを見出している。

第4章では、内部の分子が螺旋状に配列した分子配向微小構造体（螺旋構造体）とねじれネマティック液晶素子との複合系を提案し、その動作特性とメカニズムを実験および理論の両面から明らかにしている。ねじれネマティック

液晶素子内に置かれた螺旋構造体に電界を印加した場合、ホスト液晶の Frederiks 転移のしきい値以上の電圧を印加することにより、構造体はその底面を素子基板に垂直に向ける方向に回転し、その回転角度が電圧増加に伴って単調に増加することを明らかにし、回転角度の電界強度依存性をホスト液晶および螺旋構造体の自由エネルギーを考慮して理論的に記述できることを示している。また、構造体内部の螺旋周期に起因した反射バンドは構造体の剛体回転に伴い短波長側にシフトし、同時に、反射光の偏向角が単調に増加することを見出し、印加電圧約 0.9 V で 64° の偏向角が得られることを実証している。さらに、動特性の評価を行った結果、ねじれネマチック液晶素子に導入した螺旋構造体の回転運動の応答時間は数秒程度であり、プラナー配向ネマティック液晶素子を用いた場合と比べ、戻り時間が改善されることを明らかにしている。

第 5 章では、2 章から 4 章で得られた知見を総括し、本博士論文における結論を述べている。

以上のように、本論文は、液晶の特性を活用した新たな光機能素子応用を目的として、光重合性液晶から作製される分子配向微小構造体と液晶場との複合を提案するとともに、二つの異方性材料の相互作用の詳細を実験および数値計算の両面から明らかにしている。このことは、液晶の新規応用展開において極めて重要な知見を与え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。