

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Characterization of chiral smectic liquid crystal subphases and their photonic applications
Title(English)	Characterization of chiral smectic liquid crystal subphases and their photonic applications
著者(和文)	FengZhengyu
Author(English)	Zhengyu Feng
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10950号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:石川 謙,森 健彦,大内 幸雄,VACHA MARTIN,早水 裕平
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10950号, Conferred date:2018/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Feng Zhengyu	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	石川 謙	准教授	早水 裕平	准教授
	審査員	森 健彦	教授		
		大内 幸雄	教授		
		Martin Vacha	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Characterization of chiral smectic liquid crystal subphases and their photonic applications」と題し、英語で書かれ6章より構成される。

第1章「Introduction」では、導入部分で本論文全体の構成を示し、ディスプレイに使われているネマチック液晶相(N相)より早い応答性を示すキラルスメクチック液晶に関して、新奇な構造や特性を解明し、さらに、早い応答性を生かした光学デバイスへの応用を行うという本研究の目的を示した後、本研究の対象となる液晶相の構造と特性を概説している。基本構造となるキラルスメクチックC(SmC*)相は層構造を持ち、分子長軸が層法線から傾き、傾き方向は層毎にわずかに回転し、数百層で傾き方向が一周するらせん構造をしている。この構造と強誘電性の発現機構について紹介した後、その後に発見され、存在が確立している2層周期構造をもつ反強誘電相(SmC_A*相)、3層周期のフェリ誘電相(SmC_{F11}*相)、4層周期の反強誘電相(SmC_{F12}*相)などのSmC*副次相について、それらの構造と従来の研究をまとめて整理し概説している。

第2章「Experimental method」では、SmC*副次相の構造解明に用いた、電場誘起複屈折、旋光能、選択反射の測定原理の説明を行っている。これらの手法は、SmC*副次相の研究に用いられてきたが、従来の研究では、これらを独立の装置で測定していたため、装置間での温度校正差や試料の劣化などにより、それぞれの測定の温度にずれが生じ、測定結果の解釈に問題があることを指摘し、この問題を解消するために、これら3つの測定を同一試料で逐次実行できる測定系を構築したことを報告している。その上で、構築した系での測定の結果、従来報告されていた選択反射の発散と電場誘起複屈折の特異構造の関係が間違っただけであることを明らかにしている。

第3章「Thresholdless antiferroelectric subphase in a binary mixture」では、SmC*相をとる化合物(MC452)とSmC_A*相をとる化合物(MC881)の混合系に出現する無閾反強誘電状態の構造と機構解明を目的に、2章で構築した測定系による測定に加えて、偏光顕微鏡による組織観察、X線回折、誘電分散測定の結果を合わせて検討し、基底状態はSmC_{F12}*相であるが、電場印加によるSmC*相への転移後のSmC_{F12}*相の緩和時間が非常に長い特異な状態であることを明らかにしている。そして、緩和時間が長くなる機構として、両相間の自由エネルギー差が小さいことに加えて、4層より長い周期構造の存在が関与していることを提唱している。

第4章「Novel chiral smectic subphases in binary FLC and AFLC mixtures」では、セレンを含む2種類の化合物AS657とAS620の混合系で出現するSmC*副次相の構造解明を行っている。詳細な電場誘起複屈折測定により、SmC_A*相とSmC_{F11}*相の相境界に1つの、SmC_{F11}*相とSmC_{F12}*相境界に2つの、新たな副次相の存在を見だし、共鳴X線回折による測定結果と合わせて、それぞれ8層周期、10層周期、7層周期の構造であることを明らかにしている。さらに、電場誘起複屈折の結果より電場印加によるSmC*相への転移過程でも、存在が確立されていないSmC*副次相が存在していることを示唆している。

第5章「Phase modulation mode based on AFLC」では、SmC_A*相(MHPOCBC)を用いた位相変調素子を提案している。この素子は、SmC_A*相のらせん構造が電場により変形して電場に平行または垂直な偏光に対する屈折率が変化する電場誘起転移前駆現象を利用したもので、応答速度は300μ秒以下と、N相を使った素子より1桁程度的高速応答が可能で、1.8V/μmの電場で、波長633nmの光に2πの位相変化を実現出来ることを示している。さらにSmC*相を使った素子のように、電場により液晶分子の配向乱れが生じる欠点もないことを実証している。

第6章「Switchable grating based on AFLC」では、5章と同じくSmC_A*相の電場誘起転移前駆現象を活用した位相型回折格子素子を提案している。この素子は、電場を印加しない状態では、0次光のみ出射するが、電場印加に伴い回折光が生じ、532nmの入射光に対して1.8V/μmの電場で0次光はほぼ

消滅し、効率 37%で±1 次回折光が出射するようになる。応答速度は立ち上がりが 510μ 秒、立ち下がりが 210μ 秒と高速であることを実証している。矩形型変調構造の位相型回折格子では、理想的には 1 次光の効率が最大になる状態で 0 次光は消滅し、また偶数次の回折光も発生しないが、作製した素子では、弱いながら 0 次光と 2 次光が観察された。この原因を説明するために、偏光顕微鏡により測定した電極エッジ部分の複屈折量変化を元に、格子の位相が台形状に変化するモデルを用いたシミュレーションを行い、実測と合致する結果を示している。

これを要するに、本論文は高速応答性からディスプレイを含む光変調素子としての応用が期待される SmC*副次相に関して、新規に構築した測定系を用いて、応用の基礎となる構造の解明を行うとともに、光スイッチなど光通信素子への応用が可能な位相変調素子や、回折格子素子を提唱するもので、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）として十分な価値があると認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。