

学位論文審査結果の概要

氏名	廣瀬 鉄
学位論文審査委員氏名	主査 吉澤 篤
	副査 阿部 敏之
	副査 伊東 俊司
	副査 岡崎 雅明
	副査 鷺坂 将伸
論文題目	次世代ディスプレイに向けたアモルファスブルー相液晶の材料設計 (Material design of amorphous blue phase liquid crystals for next-generation displays)
審査結果の概要（2,000字以内）	
<p>平成29年2月3日に上記の委員により本博士論文の審査を実施した。提出された論文は予備審査での指摘を踏まえ修正されたもので、序章およびそれぞれ独立の4章からなり、ブルー相をディスプレイに応用するための材料開発が記載されている。ブルー相(BP)は液体とキラルネマチック(N*)相の間のごく狭い温度範囲で発現する。分子が二重にねじれたシリンダーを形成し、そのシリンダーのパッキングにより3次元の格子秩序を持つBPIとBPII（まとめてキュービックBPとする）とアモルファス秩序を持つと考えられるBPIIIに分類される。特にBPIIIについては構造が解明されていない。BPは光学的に等方であることから配向処理を必要とせず、また広い視野角が得られるので次世代ディスプレイとして有望視されている。一方、発現温度が狭いことをはじめ、実用化には多くの課題がある。本研究ではブルー相の一つであるアモルファスブルー相(BPIII)の発現温度幅の拡大と電気光学特性を向上させる材料設計指針の確立を目的とした。</p> <p>具体的には以下の内容からなる。(1)室温でBPIIIを発現する低分子液晶材料を開発し、BPIIIが電圧-透過率曲線においてヒステリシスを生ぜず、ミリ秒以下の応答時間でスイッチングし、広い視野角を示すことを実証した。(2)キュービックBPで成功した高分子ネットワークによる温度幅拡大手法がBPIIIにも適用できることを示した。応答特性を損なうことなくBPIIIの温度幅を大幅に拡大できた。(3)キュービックBPとBPIIIについて、高分子安定化が温度幅拡大と電気光学特性に及ぼす影響を調べ、両者を比較した。キュービックBPではBP発現温度領域の特定の温度(限界温度)以下でないと温度幅が拡大しない。一方、BPIIIでは限界温度は存在せず、温度幅拡大は容易に実現した。電気光学特性においても両者に顕著な差があった。キュービックBPでは高分子安定化により駆動電圧は上昇し、電圧-透過率曲線のヒステリシスが大きくなった(コントラストの低下につながる)。安定化条件を変えても、ヒステリシスは残った。一方、BPIIIでは駆動電圧を上昇させることなく、ヒステリシスを無くすことが出来た。(4)本研究の過程でシリンダー内の二重ねじれ秩序が物性と相関が有るとの仮説をもった。そこで、分子形状に特徴をもち、かつホスト液晶と特異的に相互作用する液晶形成基からなる二量体化合物を加え、BPの物性に及ぼす影響を系統的に調べた。スペーサー</p>	

メチレン数が偶数の二量体はその液晶形成基が平行配列することから一軸性であり、一方奇数のものは液晶形成基が折れ曲がり二軸性と考えられる。二量体の含有量が多い場合は、その形状由来の物性が反映された。偶数二量体はN*が誘起安定化されBPは消失したが、奇数二量体ではBPが安定化され、N*相を発現することなく結晶化した。一方、二量体の添加料が少ない場合はいずれの二量体もBPを安定化したが、特に偶数二量体ではBPIIIの高温側にN*を誘起し、これに電界を印加除去することで、非等価な二重ねじれのシリンダーからなる熱力学的に不安定なBPIIIが誘起された。これはBPIIIのシリンダーが時空間でゆらぎを持つことを示唆しており、BPIIIの構造解明に重要な知見となる。また、二量体の添加(I-BP転移温度の上昇)と高分子安定化(BP-N*転移温度の低下)を組み合わせることで上限が80°Cで下限が0°C以下のBPIIIが得られ、良好な電気光学応答が観察された。

本研究により、BPIIIの構造について新たな知見を得、それに基づきBPIIIのディスプレイ材料としての優位性を示した。BPIIIの材料設計指針を確立し、その結果、実用的な温度範囲を持ち、視野角が広く、さらにフィールドシーケンシャル方式(カラーフィルターが不要となる)が適用可能な高速応答BPIII材料を開発した。課題としては駆動電圧の低下があるが、使用するホストネマチック液晶の誘電異方性を大きくすること及び駆動デバイスにフリンジフィールドスイッチング(FFS)を用いることで解決出来るとの見通しが示されている。

上記の内容について質疑応答がなされ、分子構造に基づいた説明が不十分であるが、BPIIIの構造とディスプレイ用材料の設計について有用な知見が得られているとの評価を得た。本審査での指摘を踏まえ内容を修正した上で、平成29年2月7日に公聴会を実施した。参考論文として出版済みの論文3編および国際会議プロシーディングが1編ある。その中で申請者が第1著者で査読付きの英文本論文が2編あり、理工学研究科の基準を満たしている。以上から提出された論文が学位申請論文として適合していると判断し、合格とした。

学位論文の基礎となる参考論文

- (1) Amorphous Blue Phase III Exhibiting Submillisecond Response and Hysteresis-Free Switching at Room Temperature, A. Yoshizawa, M. Kamiyama, T. Hirose, *Appl. Phys. Express*, 2011, **4**, 101701/1-3.
- (2) Effects of Polymer-Stabilization on Electro-optical Properties in an Amorphous Blue Phase III, T. Hirose, A. Yoshizawa, *Proceedings of the 21st International Display Workshops*, 2014, 153-154.
- (3) Comparison of electro-optical switching between polymer-stabilized cubic and amorphous blue phases, T. Hirose, A. Yoshizawa, *Liquid Crystals*, 2015, **42**, 1290-1297.
- (4) Odd-even effects of an asymmetric dimer on the double-twist structure in an amorphous blue phase, T. Hirose, A. Yoshizawa, *J. Mater. Chem. C*, 2016, **4**, 8565-8574.