

機関番号：12608

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21750138

研究課題名 (和文) 小さなベント角を有するバナナ型分子の強誘電液晶とそのディスプレイへの応用

研究課題名 (英文) Ferroelectricity and its application to LCD of Bent-shaped molecules of small bending angle

研究代表者

姜 聲敏 (KANG SUNGMIN)

東京工業大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：00523664

研究成果の概要 (和文)：

ジヒドロキシナフタレンのベントコア・チオエーテル末端鎖を分子設計の中心として駆使し様々な新規強誘電・反強誘電性液晶の発現の確認に成功した。1,7-ジヒドロキシナフタレンのコアを用い、メソゲンの長さを通常五員環から七員環に伸ばした系では、スメクチック層方向に平行な自発分極を有する SmAP 相が確認され、新規 in-plane スウィッチング液晶材料として期待が集まる。さらに同じくナフタレンコアにチオエーテル末端鎖を導入した系では新規強誘電カラムナー相が確認され、その相構造の解明が行われた。これら新規強誘電相の発現はサイエンス・応用の両面において新たな材料となることが期待される。

研究成果の概要 (英文)：

We have synthesized novel bent-core liquid crystal materials by using 1,7-dihydroxynaphthalene and alkylthio terminal chain groups. A novel SmAP phase was observed where the polarization is lying parallel to the layer by extension to seven rings mesogen with 1,7-naphthalene core, which clearly showed a possibility to the application to in-plane switching mode. Furthermore, in the system which 1,7-naphthalene is combined with alkylthio terminal group, a novel switchable columnar phase was detected. The formation of novel columnar phase was understood by a high layer curvature due to the small bent angle structure of molecular design, which provides further scientific interests it self in addition to the anticipation to application of LC display.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学

キーワード：キラリティ、バナナ型分子、強誘電性

1. 研究開始当初の背景

(1) 強誘電性・反強誘電性液晶はサブミリオオーダーの分極反転特性を有することから次世代ディスプレイ材料として注目を集めてきた。しかし、通常ロッド状分子からなる

強誘電相はキラリティの導入によるキラルスメクチック C 相の発現により発現される。

(2) 近年研究者のグループは分子形状に屈曲を与えたバナナ型分子またはベントコア分子の分子設計を見出しアキラルでありな

から自発的なキラリティを発生させかつ優れた強誘電・反強誘電特性を発現することを示した。

2. 研究の目的

本研究は、新規バナナ型分子の設計を通して新しい強誘電・反強誘電性の液晶を発現させ、その相構造の詳細な解明および液晶ディスプレイとしても応用への展開を目的とする。

3. 研究の方法

本研究は2年間の期間で行われた。初年度は分子設計のキーワードの小さいベント角に着目し様々な分子設計を行った。最終年度には分子設計によって発現された新規強誘電性・反強誘電性液晶の物性および構造解明を行った。

4. 研究成果

(1) 新規 SmAP 相の発現

1,7-ナフタレンを中心コアとしメソゲンを七員環化すること(図1)で高速スイッチング可能なスメクチックA相の発現を見出した。

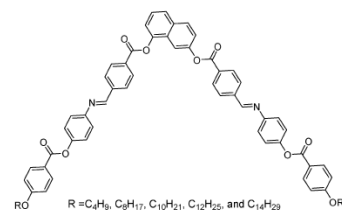


図1 新規七員環バナナ型分子

SmAP相は傾いていないスメクチックA相でありながら層内に層方向に自発分極を有する。すなわち、約60°のベント角で折れ曲がった分子は図2に示すようベント方位を層方向に向け分子パッキングされることで自発分極を発現する。

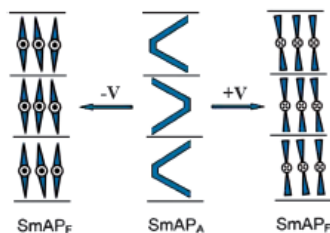


図2 SmAP相のスイッチングモデル

そのため分子を基板に対して垂直配向させ、横電界を印加することによって in-plane スwitchingが具現可能となり、ラビング操作を不要とするディスプレイモード材料として期待高い。

(2) 新規スイッチングカラムナー相の発現

1,7-ナフタレンコアとチオアルキルを中心に新規五員環液晶分子 [N(1,7)S-n] の設計を行った(図3)。

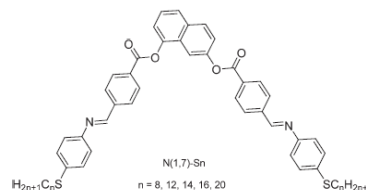


図3 N(1,7)S-nの分子モデル

N(1,7)S-nはn=12以上では室温からB4-カラムナー相-等方相の転移を示し、カラムナー相の詳細な構造と物性が本研究において明らかにされた。

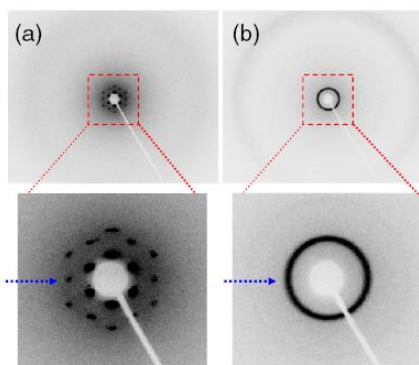


図4 ヘキサゴナルカラムナ相の広角X線散乱パターン

図4に示すようカラムナー相は約65から75Åの長周期構造を形成することがわかった。さらに興味深いことにこれらのカラムナー相は外部電場によって分極反転を示す強誘電性を示すことが確認された。図5および6にそのスイッチング特性を示す。

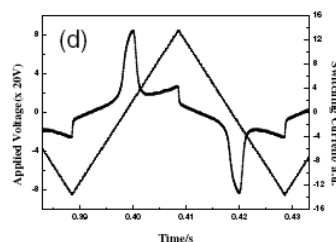


図5 強誘電性を示すスイッチング挙動

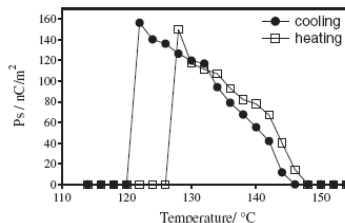


図6 自発分極の温度依存性

単純な1本の末端鎖を有するバナナ型分子系において分子長の約2倍に相当するヘキサゴナルカラムナー相の発現は初の報告であり、これらカラムナー相の発現は大きな屈曲

形状と分子の非対称性をもたらす 1,7-ナフタレンコアに起因すると考えられる。すなわち分子形状の非対称性は層形成において層内の密度の不均一性をもたらす層の変形、言い換えると層の大きな曲げを生じる。その結果、層は円柱状に閉じられ六方晶の柱状構造を形成する (図 7)。

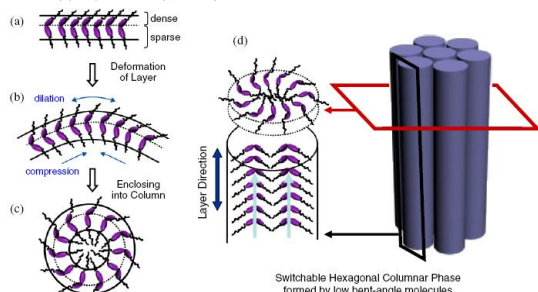


図 7 層変形によるヘキサゴナルコラムナー相構造の発現

これら円柱状構造内では柱に沿った方向に分子の自発分極が揃うため外部電場によってコラムナー構造に平行方位に分極反転が発現する (図 8)。

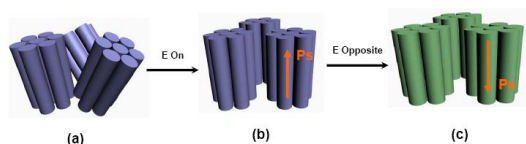


図 8 ヘキサゴナルコラムナー相のスイッチングモデル

本研究では斬新な分子設計を通して新規 SmAP 相およびヘキサゴナルコラムナー相等、新たなスイッチング材料の開発に成功した。今後引き続き、分子設計の最適化を行うことで新規バナナ液晶相のデバイス応用の道が開くことと思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

①Seng Kue Lee, Xiaodong Li, Sungmin Kang, Masatoshi Tokita, Junji Watanabe
Formation of banana phases in bent-shaped molecules with unusual bent angles as low as 60°

J. Mater. Chem.、査読有、2009、19、4517-4522.

②Sungmin Kang, Seng Kue Lee, Xiaodong Li, Masatoshi Tokita, Junji Watanabe
Mesoporous properties in asymmetric bent-shaped molecules with different linkage moieties as side wings
Chem. Lett.、査読有、2009、38、852-853.

③Seng Kue Lee, Sungmin Kang, Masatoshi

Tokita, Junji Watanabe

Antiferroelectric switching between optically isotropic and birefringent B2 phases of bent-shaped molecules with high tilt angle of 45°

Jpn. J. Appl. Phys.、査読有、2010、49、080209-1-080209-3.

④Seng Kue Lee, Sungmin Kang, Masatoshi Tokita, Junji Watanabe

Formation of a homochiral antiferroelectric ground state in asymmetric bent-shaped molecules

Liq. Cryst.、査読有、2010、37、593-598.

⑤Susumu Edo, Kento Okoshi, Sungmin Kang, Masatoshi Tokita, Junji Watanabe

Unique Reflection Property due to Bumpy Multilayer Structure in Elytra of Rhomborrhina Unicolor

Jpn. J. Appl. Phys.、査読有、2010、49、047201-1-047201-5.

⑥Makoto Uchimura, Sungmin Kang, Ryohei Ishige, Gen-ichi Konishi, Junji Watanabe

Synthesis of Liquid Crystal Molecules Based on bis(biphenyl)diacetylene and Their Liquid Crystallinity

Chem. Lett.、査読有、2010、39、513-515.

⑦Xiaodong Li, Seng Kue Lee, Sungmin Kang, Masatoshi Tokita, Susumu Kawauchi, Junji Watanabe

Effect of alkylthio tail on phase behaviors of bent-shaped molecules based on naphthalene core

Chem. Lett.、査読有、2009、38、424-425.

⑧Susumu Edo, Xiaodong Li, Masatoshi Tokita, Sungmin Kang, Junji Watanabe

Atomic force microscope observation of nano-ordered undulation structure formed by bent-shaped molecules

Jpn. J. Appl. Phys.、査読有、2009、48、030215-1-030215-3.

⑨Seng Kue Lee, Xiaodong Li, Sungmin Kang, Masatoshi Tokita, Junji Watanabe

Electric-field-induced transition between ferro- and antiferroelectric ground states observed in the B7 phases of a bent-shaped molecule with alkylthio tails

J. Mater. Chem.、査読有、2010、20、3615-3618.

⑩Xiaodong Li, Sungmin Kang, Seng Kue Lee, Masatoshi Tokita, Junji Watanabe

Unusual formation of switchable hexagonal columnar phase by bent-shaped molecules with low bent-angle naphthalene central core and alkylthio tail

Jpn. J. Appl. Phys.、査読有、2010、49、121701-1-121701-6.

〔学会発表〕（計1件）

① Sungmin Kang, Xiaodong Li, Masatoshi Tokita, Junji Watanabe
Switchable Columnar Phase in Bent-Core Molecules with Low Bent angle Central core
Pacifichem、2010年12月18日、ホノルル・ハワイ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

姜 聲敏 (KANG SUNGMIN)

研究者番号：00523664