

文章编号: 1007-2780(2011)03-0274-07

含偶氮基团的不对称弯曲型 液晶分子的合成及其光谱特性

李增俊, 沈 冬*

(华东理工大学 理学院 化学物理研究室, 上海 200237, E-mail: zenjun8706@163.com)

摘 要: 合成了 6 个含偶氮基团的具有不同苯环个数的不对称弯曲型液晶分子, 用 ^1H NMR、HRMS 表征其结构, 采用差示扫描量热法(DSC)和偏光显微镜(POM)研究其液晶性能。考察结果表明: 所有化合物均出现了液晶相, 特别是含有 3 个苯环的分子在较低温度下出现了向列相; 偶氮基团的吸收光谱在 330~360 nm 出现了较强的由 $\pi-\pi^*$ 电子跃迁引起的吸收, 在 430~450 nm 出现了较弱的由 $n-\pi^*$ 电子跃迁引起的吸收, 其吸收波长的变化表明分子的弯曲形状和电子分布使分子吸收波长有较大的变化。

关 键 词: 不对称; 偶氮; 弯曲型液晶; 向列相; 紫外-可见光吸收

中图分类号: O753⁺.2

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20112603.0274

Synthesis and UV-Vis Absorption of Asymmetric Bent-Core Liquid Crystals Containing Azo Linkage

LI Zeng-Jun, SHEN Dong*

(Laboratory of Chemical Physics, School of Science, East China University of Science and Technology,
Shanghai 200237, China, E-mail: zenjun8706@163.com)

Abstract: Six asymmetric bent-core liquid crystals with different aromatic rings containing azo linkage were synthesized. Their chemical structures were confirmed by ^1H NMR and HRMS spectra and the liquid crystalline property was studied with polarizing optical microscopy and differential scanning calorimeter. All of the synthesized compounds exhibit liquid crystalline phases and the compound containing three aromatic rings has nematic phase at low temperature. The absorption spectra of the azo-benzene groups display a high-intensity $\pi-\pi^*$ transition at about 330~360 nm and a low-intensity $n-\pi^*$ transition at around 430~450 nm. The result that the three ring compounds have longer $\pi-\pi^*$ transition absorption waves than those of the four and five ring compounds may be caused by the bent shape of the molecules.

Key words: asymmetric; azo; bent-core liquid crystal; nematic phase; UV-Vis absorption

1 引 言

1970 年, Freiser 运用分子场理论计算预测了双轴向列相(N_b)的存在。1996 年, Niori 报道了

一非手性的弯曲型液晶分子, 加上后来发现的 N_b 相的热力学、动力学性质和快速响应特性。在过去的十多年里, 弯曲型分子由于其特殊的分子形状有利于形成 N_b 相, 所以吸引了众多科研人员

收稿日期: 2010-11-23; 修订日期: 2011-01-10

基金项目: 国家自然科学基金(No. 60878047)

作者简介: 李增俊(1987—), 男, 安徽六安人, 硕士研究生, 主要从事双轴向列相液晶的合成和性能研究。

* 通讯联系人, E-mail: shen@ecust.edu.cn

的关注,大量的弯曲型液晶分子被合成出来。这些分子大多呈现为近晶相或(和)向列相,也有一些呈现为双轴向列相^[1-6]。最近,由于偶氮基团具有光致变色和光致异构的特点,很多含有偶氮基团的弯曲型液晶分子被合成出来,其中以间氨基苯甲酸或其衍生物为中心弯曲核的液晶分子显示出了较好的液晶性能^[2, 4]。含有偶氮基团的分子在紫外-可见光照射下会发生可逆的顺反异构转化,顺反式的异构转化在光照下一般是很快的,而顺式到反式的热回复弛豫则需要较长的时间^[7-8],这些特性非常适合应用于光控的存储器。

本文合成了以 3-氨基-2-甲基苯甲酸和 3-氨基-2-氟苯甲酸为中心弯曲基团、酯基和偶氮为连接基团、烷(氧)基为端链的不对称弯曲型液晶分子,研究了这些分子的液晶性能与光谱特性,以及液晶性能与分子结构的关系。

2 实 验

2.1 试剂和仪器

试剂:3-氨基-2-甲基苯甲酸(日本 TCI 试剂,纯度>99%),苯酚(上海菲达工贸有限公司和桥分公司,分析纯),亚硝酸钠(上海振欣试剂厂,分析纯 99%),碳酸钾、碳酸钠、硫酸钠、氢氧化钠、二氯亚砷、盐酸(37%)、尿素、对甲苯磺酸(上海凌峰化学试剂有限公司,分析纯),对十二烷基苯胺(天津深拓精益化学研发中心,纯度>97%),二氢比喃(阿拉丁试剂,99%),*N,N*-二甲基吡啶(DMAP,上海化学试剂公司,化学纯),TLC、硅胶(青岛海洋化工有限公司),对氟苯甲酸、*N,N'*-二环己基碳二亚胺(DCC)、对羟基苯甲醛、对羟基苯甲酸乙酯、2-丁酮、1-溴代正辛烷、1-溴代正十二烷、1-溴代正丁烷(国药集团化学试剂有限公司,分析纯)以上试剂均直接使用,没有再经过特别的处理。其他所有的反应、柱层析、重结晶所需试剂均为市售分析纯试剂。对戊基苯酚、对十二烷基苯酚、对庚基苯甲酸为课题组原有合成样品。

测试仪器:¹H NMR:Bruker AVANCE 核磁共振仪(Bruker 公司制造),溶剂 CDCl₃,内标 TMS; HR MS: Micromass GCTTM (Micromass 公司制造); XP-201 透射偏光熔点测定仪(北京市科仪电光仪器厂); DSC: Universal V2. 6-DTA,升温 and 降温速率均为 10 °C/min;紫外可见分光光度计: UV-5501 天津港东科技发展股份有

限公司。

本文所合成的化合物均由¹H NMR、MS 表征其分子结构,相态变化由差示量热扫描法(DSC)结合偏光显微镜(POM)测定。

2.2 弯曲分子的合成

本文合成的 6 个分子的结构如图 1 所示。

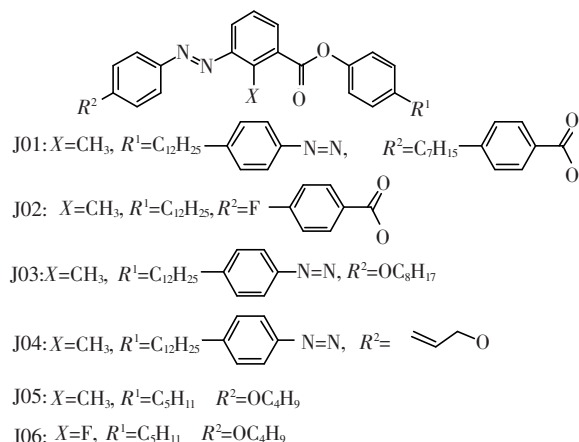


图 1 本文合成的分子结构

Fig. 1 Molecular structures synthesized in our work

具体的合成步骤以化合物 J01 为例,合成路线如图 2 所示。含五芳环的不对称的弯曲型液晶分子 J01 主要通过酯基保护、重氮-偶合反应、酚羟基的 THP 保护、脱酯基保护、酯化、脱 THP 保护、酯化步骤得到。

2.2.1 中间体 2a 的合成

将 3.02 g (10 mmol) 2-甲基-3-氨基苯甲酸、40 mL 甲醇置于 100 mL 单口烧瓶中,冰浴条件下搅拌 10 min,并用恒压滴液漏斗逐滴加入 2.2 mL SOCl₂(约 6 min 滴加完成)。加完后,自然升温至室温,磁力搅拌 5 h,减压蒸除甲醇,得白色固体。加入 44 mL 10% Na₂CO₃ 水溶液,搅拌,有白色气泡产生,直到没有气泡时,用乙酸乙酯萃取(3×15 mL),无水 Na₂SO₄ 干燥,过滤,减压蒸除乙酸乙酯,真空干燥(50 °C) 1 h 后得无色透明液体 3.00 g,收率:90.7%。

¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz) δ : 2.21 (s, 3H), 3.82 (s, 3H), 5.14 (s, 2H), 6.84 (d, $J=7.80$ Hz, 1H), 6.92 (d, $J=7.49$ Hz, 1H), 7.01 (t, $J=7.73$ Hz, 1H)。

2.2.2 中间体 3a 的合成

将 1.65 g (10 mmol) 2-甲基-3-氨基-苯甲酸甲酯加入到 50 mL 单口烧瓶,用 20 mL 体积比为

合物 4a、0.06 g (1.5 mmol) NaOH、7 mL 体积比为 6:1 的 EtOH/H₂O 溶液,加热回流 1.5 h。冷却,冰浴条件下,加入稀盐酸调节 pH 至 5~6,加水 10 mL,有黄色固体析出,抽滤,水洗,烘干得 0.30 g 黄色固体。收率:88.2%。

¹H NMR (DMSO-d₆, 400 MHz)δ: 1.61~1.87(m, 6H), 2.85(s, 3H), 3.59~3.63(m, 1H), 3.74~3.80(m, 1H), 5.64(t, *J*=2.86 Hz, 1H), 7.23(d, *J*=8.96 Hz, 2H), 7.41(t, *J*=7.78 Hz, 1H), 7.68(dd, *J*₁=8.10 Hz, *J*₂=1.02 Hz, 1H), 7.89~7.92(m, 3H), 10.33(s, 1H)。

2.2.5 中间体 7a 的合成

将 3.92 g (15 mmol) 对十二烷基苯胺加入 100 mL 圆底烧瓶中,用 38 mL 体积比为 1:1 的丙酮/水溶液混合溶剂完全溶解后,将其混合体系置于冰浴中,磁力搅拌。5 min 后,加入 3.8 mL 37% 的浓盐酸。将 1.24 g (18 mmol) NaNO₂ 溶于 20 mL 冰水中,所得溶液在搅拌下缓慢地加入上述混合体系中,溶液变黄,并逐渐加深,冰浴保持 1 h。用淀粉 KI 试纸检测 NaNO₂ 是否过量,加入 0.18 g (3 mmol) 尿素除去过量的 NaNO₂,冰浴磁力搅拌 0.5 h,得新制的重氮盐溶液。

在 250 mL 的烧瓶中配制 0.62 g NaOH、2.5 g Na₂CO₃ 的缓冲溶液 38 mL,并将 1.41 g 苯酚加入其中。冰浴条件下,将上述新制备的重氮盐的酸性溶液在磁力搅拌下加入缓冲溶液中,有黄色固体生成,搅拌保持 1 h。抽滤,水洗,烘干,用甲苯和石油醚分别重结晶,烘干得黄色固体 4.40 g。收率:80.0%;熔点:86.9~88.0 ℃。

¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz)δ: 0.88(t, *J*=6.80 Hz, 3H), 1.26~1.32(m, 18H), 1.63~1.69(m, 2H), 2.67(t, *J*=7.62 Hz, 2H), 6.95(d, *J*=8.31 Hz, 2H), 7.31(d, *J*=8.16 Hz, 2H), 7.82(d, *J*=8.16 Hz, 2H), 7.88(d, *J*=8.31 Hz, 2H)。

2.2.6 化合物 8a 的合成

在氩气保护下,将 0.28 g (0.8 mmol) 化合物 5a、0.30 g (0.8 mmol) 化合物 8a、0.20 g DCC、0.01 g DMAP 和 10 mL 干燥的 CH₂Cl₂ 加入 25 mL 干燥的烧瓶中,室温磁力搅拌 24 h。抽滤,CH₂Cl₂ 洗涤,减压蒸除溶剂,柱层析(CH₂Cl₂)分离,得 0.47 g 黄色固体。收率:85.3%。

¹H NMR (CDCl₃, 400 MHz)δ: 0.88(t, *J*=6.80 Hz, 3H), 1.26~1.33(m, 18H), 1.55~1.75(m, 5H), 1.89~1.93(m, 2H), 1.99~2.06(m, 1H), 2.69(t, *J*=7.66 Hz, 2H), 3.03(s, 3H), 3.63~3.67(m, 1H), 3.88~3.94(m, 1H), 5.54(t, *J*=2.98 Hz, 1H), 7.19(d, *J*=9.00 Hz, 2H), 7.33(d, *J*=8.32 Hz, 2H), 7.39~7.43(m, 3H), 7.82~7.87(m, 3H), 7.94(d, *J*=8.96 Hz, 2H), 8.01(d, *J*=8.80 Hz, 2H), 8.21(dd, *J*₁=7.68 Hz, *J*₂=1.00 Hz, 1H)。

2.2.7 化合物 9a 的合成

将 0.35 g (0.5 mmol) 化合物 8a 加入 25 mL 干燥的烧瓶中,用 10 mL CH₂Cl₂ 和 4 mL CH₃OH 溶解。完全溶解后,加入 0.014 g PTSA,室温搅拌 4 h。减压蒸除溶剂,用 CH₂Cl₂ 柱层析分离,得 0.28 g 黄色固体。收率:82.2%;熔点:143.2~143.8 ℃。

¹H NMR (DMSO-d₆, 400 MHz)δ: 0.85(t, *J*=6.64 Hz, 3H), 1.23~1.30(m, 18H), 1.59~1.65(m, 2H), 2.68(t, *J*=7.18 Hz, 2H), 2.94(s, 3H), 6.98(d, *J*=8.80 Hz, 2H), 7.42(d, *J*=8.40 Hz, 2H), 7.53(t, *J*=7.86 Hz, 1H), 7.59(d, *J*=8.80 Hz, 2H), 7.80(d, *J*=7.60 Hz, 1H), 7.83~7.88(m, 4H), 8.00(d, *J*=8.00 Hz, 2H), 8.21(d, *J*=7.48 Hz, 1H), 10.34(s, 1H)。

2.2.8 目标分子 J01 的合成

在氩气保护下,将 182 mg (0.3 mmol) 化合物 9a、73 mg (0.33 mmol) 对庚基苯甲酸、68 mg (0.33 mmol) DCC、4 mg (0.03 mmol) DMAP 置于 25 mL 干燥的两口烧瓶中,加入 8 mL 干燥的 CH₂Cl₂,室温磁力搅拌 24 h。抽滤,CH₂Cl₂ 洗涤,用 CH₂Cl₂ 柱层析分离,乙酸乙酯/乙醇重结晶得 0.18 mg 黄色固体。收率:74.3%。

¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz)δ: 0.87~0.91(m, 6H), 1.26~1.34(m, 26H), 1.64~1.68(m, 4H), 2.68~2.73(m, 4H), 3.07(s, 3H), 7.33~7.35(m, 4H), 7.39~7.46(m, 5H), 7.88(t, *J*=7.88 Hz, 3H), 8.02~8.06(m, 4H), 8.17(d, *J*=8.17 Hz, 2H), 8.27(d, *J*=7.15 Hz, 1H)。

HR MS (EI): Formula C₅₂H₆₂N₄O₄, Mass

(M⁺) 806.477 7, Calc. Mass 806.477 1。

2.2.9 弯曲型分子 J02~J06 的合成

用与图 2 相类似的方法合成化合物 J02~J06,经¹H NMR 和 HRMS 表征,各个化合物的结构与测试结果一致。

(1)化合物 J02 的测试数据

¹H NMR (CDCl₃, 400 MHz)δ: 0.88(t, J=6.82 Hz, 3H), 1.26~1.33(m, 18H), 1.60~1.65(m, 2H), 2.63(t, J=7.70 Hz, 2H), 3.04(s, 3H), 7.15~7.26(m, 7H), 7.40(d, J=8.84 Hz, 2H), 7.85(d, J=7.92 Hz, 1H), 8.04(d, J=8.80 Hz, 2H), 8.20~8.27(m, 3H)。

HR MS(ESI):Formula C₃₉H₄₃FN₂O₄, Mass (M⁺+H) 623.330 5, Calc. Mass 622.320 7。

(2)化合物 J03 的测试数据

¹H NMR(CDCl₃, 400 MHz)δ: 0.87~0.91(m, 6H), 1.26~1.34(m, 26H), 1.46~1.52(m, 2H), 1.63~1.68(m, 2H), 1.81~1.86(m, 2H), 2.69(t, J=7.65 Hz, 2H), 3.03(s, 3H), 4.06(t, J=6.53 Hz, 2H), 7.02(d, J=8.85 Hz, 2H), 7.33(d, J=8.05 Hz, 2H), 7.41~7.43(m, 3H), 7.83~7.87(m, 3H), 7.95(d, J=8.80 Hz, 2H), 8.02(d, J=8.55 Hz, 2H), 8.22(d, J=7.55 Hz, 1H)。

HR MS (EI): Formula C₄₆H₆₀N₄O₃, Mass (M⁺) 716.466 6, Calc. Mass 716.466 5。

(3)化合物 J04 的测试数据

¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz)δ:0.88(t, J=6.88 Hz, 3H), 1.26~1.34(m, 18H),1.64~1.69(m, 2H), 2.68~2.71(t, J=7.63 Hz, 2H), 3.04(s, 3H), 4.65(d, J=5.23 Hz, 2H), 5.35(d, J=10.53 Hz, 1H), 5.47(d, J=17.25 Hz, 1H), 6.06~6.13(m, 1H), 7.05(d, J=8.44 Hz, 2H), 7.33(d, J=7.38 Hz, 2H), 7.41~7.42(m, 3H), 7.83~7.87(m, 3H), 7.96(d, J=8.67 Hz, 2H), 8.02(d, J=8.01 Hz, 2H), 8.22(d, J=7.51 Hz, 1H)。

HR MS (ESI): Formula C₄₁H₄₈N₄O₃, Mass (M⁺+H) 645.380 4, Calc. Mass 644.372 6。

(4)化合物 J05 的测试数据

¹H NMR (CDCl₃, 400 MHz)δ: 0.90(t, J=6.92 Hz, 3H), 1.00(t, J=7.38 Hz, 3H), 1.33~1.84(m,10H), 2.63(t, J=7.72 Hz,

2H), 3.00(s, 3H), 4.06(t, J=6.56 Hz, 2H), 7.01(d, J=9.00 Hz, 2H), 7.15(d, J=8.52 Hz, 2H), 7.25(d, J=7.00 Hz, 2H), 7.38(t, J=7.86 Hz, 1H), 7.80(dd, J₁=8.04 Hz, J₂=1.08 Hz, 1H), 7.94(d, J=9.00 Hz, 2H), 8.16(dd, J₁=7.74 Hz, J₂=1.18 Hz, 1H)。

HR MS(ESI):Formula C₂₉H₃₄N₂O₃, Mass (M⁺+H)459.2644, Calc. Mass 458.256 9。

(5)化合物 J06 的测试数据

¹H NMR (CDCl₃, 400 MHz)δ: 0.91(t, J=6.92 Hz, 3H), 1.00(t, J=7.38 Hz, 3H), 1.32~1.36(m, 4H), 1.50~1.55(m, 2H), 1.60~1.68(m, 2H), 1.78~1.85(m, 2H), 2.63(t, J=7.74 Hz, 2H), 4.07(t, J=6.50 Hz, 2H), 7.01(d, J=9.00 Hz, 2H), 7.17(d, J=8.52 Hz, 2H), 7.25(d, J=7.00 Hz, 2H), 7.33(t, J=7.82 Hz, 1H), 7.94~8.00(m, 3H), 8.14(t, J=7.96 Hz, 1H)。

¹⁹F NMR (CDCl₃, 400 MHz)δ: -121.282 1(s, 1F)。

HR MS(ESI):Formula C₂₈H₃₁FN₂O₃, Mass (M⁺+H) 463.239 7, Calc. Mass 462.231 9。

3 结果与讨论

3.1 相变温度的测定

本文合成的 6 个分子的相变温度均由 POM 和 DSC 测定,其中间相态变化情况列于表 1 中。以 3-氨基-2 甲基苯甲酸为中心弯曲核的分子都呈现液晶相且具有向列相,含有 5 个和 4 个苯环

表 1 弯曲分子的相变温度及其焓变

Table 1 Phase transition temperatures and associated transition enthalpies of the bent-core molecules

化合物	T/℃	ΔH/(J·g ⁻¹)
J01	Cr1 94 Cr 2 104.3 (50.8) Sm 110.9 (2.4)	
	N _b 182.0 N _u 186.3 (0.63) Iso	
J02	Cr 96.1 (66.8) N 108.0 Iso	
J03	Cr 91.8 (104.5) N 139.3 (0.8) Iso	
J04	Cr 76.7 (80.8) SmC 150.1 (0.7) Iso	
J05	Cr 75.8 (68.4) Iso,Iso 53 N 38.4 (36.0) Cr	
J06	Cr 77.7 Iso	

注:括号中数据为焓变(J/g)。Cr——晶相;Sm——近晶相;SmC——近晶 C 相;N——向列相;N_b——双轴向列相;N_u——单轴向列相;Iso——各向同性相。

结构的分子的向列相是互变的,含 3 个苯环的分子只在降温的过程中呈现向列相。化合物 J05 在降温过程中在 53~38 ℃ 区间出现了向列相,这对于弯曲分子来说是一个比较低的呈现向列相的温度。随着分子量的降低,这些分子的熔点和清亮点也分别降低,同时液晶相态的丰富性也随着苯环数的减少而减少。对于化合物 J05 和 J06 来说,氟原子(J06)在中心苯环代替甲基(J05),导致了液晶相态的失去,这可能是由于中心核上的氟原子的强吸电子作用,同时改变了整个分子的弯曲角,影响了分子在不同温度下的排列方式,导致 J06 没有呈现液晶性能。化合物 J04 的清亮点比 J01 要低,而比化合物 J03 要高,这可能是由于烯丙基增加了整个分子的极性。

3.2 紫外-可见光吸收

目前,含有偶氮基团的弯曲液晶分子由于具有光致变色和光致顺反异构的特性吸引了人们的兴趣和研究^[8-10]。光致顺反异构是可逆的,在光驱动下反转为顺式,在去除光驱动后,缓慢反转为反式,这一点适用于光驱动的存储介质。本文合成的 6 个含有偶氮基团的分子,在浓度为 2.5×10^{-5} mol/L 的氯仿溶液中的紫外-可见吸收谱如图 3 所示,其最大吸收波长列在表 2 中。从图 3 可以看出,所有化合物均呈现出 3 个吸收峰,其中波长位于 330~360 nm 的吸收峰是由于 $\pi-\pi^*$ 电子跃迁引起的紫外吸收,波长位于 430~450 nm

的吸收峰是由于 $n-\pi^*$ 电子跃迁引起的可见光吸收。由于化合物 J01、J03、J04 均是含有两个偶氮连接基团的,而化合物 J02、J05、J06 只含有一个偶氮连接基团,所以 J02、J05、J06 在相同波长下的紫外-可见吸收度比 J01、J03、J04 显著降低。

表 2 给出的数字显示,共轭度较大的含有更多苯环的化合物(J01、J02、J03、J04)比共轭度小的分子(J05、J06)在 $\pi-\pi^*$ 跃迁引起的吸收主峰处有较短的波长,这与常见的共轭度增加、分子能量降低、紫外-可见吸收发生红移是不同的。文献[8-9]中的弯曲液晶分子的 $\pi-\pi^*$ 跃迁吸收峰出现在 360~370 nm,如果单从共轭度方面讲也是无法解释的。Scott 规则说明:酯基的羰基或氧原子与苯环连接对紫外-可见吸收波长有较大影响,同时对位较间位的取代基有相对较大的红移效应。这对于前面的问题也许是一个回答,弯曲形的分子结构影响了吸收光谱,三环类的化合物更趋向于棒状形状。

表 2 各化合物紫外-可见较大吸收峰波长				
Table 2 Maximum absorptions of the molecules				
化合物		较大吸收波长/nm		
五芳环	J01	244	338	442
	J02	242	331	443
	J03	243	345	440
四芳环	J04	243	344	444
	J05	244	354	438
	J06	248	361	432

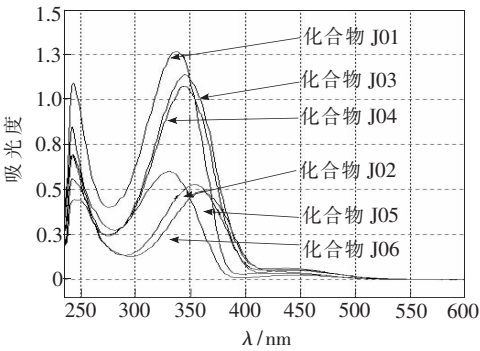


图 3 UV-Vis 吸收曲线
Fig. 3 UV-Vis absorption spectra

4 结 论

合成了 6 个含偶氮基团的具有不同苯环数(5, 4, 3)的不对称弯曲型液晶分子,其均呈现出向列相,特别是含有 3 个苯环的分子在较低温度下出现了向列相。偶氮基团具有光致异构,其吸收光谱在 330~360 nm 出现了较强的由 $\pi-\pi^*$ 电子跃迁引起的吸收,在 430~450 nm 出现了较弱的由 $n-\pi^*$ 电子跃迁引起的吸收。分子的弯曲形状和电子的不同分布对吸收光谱波长有较大影响。

参 考 文 献:

[1] Acharya B R, Primak A, Kumar S. Biaxial nematic phase in bent-core thermotropic mesogens [J]. *Phys. Rev. Lett.*, 2004, 92(14):145506.
[2] Prasad V, Kang S W, Suresh K A, et al. Thermotropic uniaxial and biaxial nematic and smectic phases in bent-core

- mesogens [J]. *J. Am. Chem. Soc.*, 2005, 127(49):17224-17227.
- [3] Jang Y, Panov V P, Kocot A, *et al.* Optical confirmation of biaxial nematic (N_b) phase in a bent-core mesogen [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2009, 95(18):183304.
- [4] 朱斌, 黄佩, 胡兰萍, 等. 含希夫碱基团的不对称弯曲型液晶分子的合成和相变研究 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(3):305-310.
- [5] 黄佩, 胡兰萍, 沈冬. 噁二唑类弯曲形液晶分子的合成 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(5):626-634.
- [6] 马青兰, 黄远明. 三苯环香蕉形液晶的合成和表征 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(2):161-165.
- [7] Rahman M L, Asik J, Kumar S, *et al.* Liquid crystalline banana-shaped monomers derived from 2, 7-naphthalene: synthesis and properties [J]. *Liq. Cryst.*, 2008, 35(11):1263-1270.
- [8] Lutfor M R, Hegde G, Kumar S, *et al.* Synthesis and characterization of bent-shaped azobenzene monomers: guest-host effects in liquid crystals with azo dyes for optical image storage devices [J]. *Opt. Mater.*, 2009, 32(1):176-183.
- [9] Rahman L, Kumar S, Tschierske C, *et al.* Synthesis and photoswitching properties of bent-shaped liquid crystals containing azobenzene monomers [J]. *Liq. Cryst.*, 2009, 36(4):397-407.
- [10] Prasad V, Kang S W, Qi X H, *et al.* Photo-responsive and electrically switchable mesophases in a novel class of achiral bent-core azo compounds [J]. *J. Mater. Chem.*, 2004, 14(9):1495-1502.

《发 光 学 报》

——EI 核心期刊 (物理学类; 无线电电子学、电信技术类)

《发光学报》是中国物理学会发光分会与中国科学院长春光学精密机械与物理研究所共同主办的中国物理学会发光分会的学术会刊。该刊是以发光学、凝聚态物质中的激发过程为专业方向的综合性学术刊物。

《发光学报》于 1980 年创刊, 曾于 1992 年, 1996 年, 2000 年和 2004 年连续四次被《中文核心期刊要目总览》评为“物理学类核心期刊”, 并于 2000 年同时被评为“无线电电子学、电信技术类核心期刊”。2000 年获中国科学院优秀期刊二等奖。现已被《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和“万方数据资源系统”等列为源期刊。英国《科学文摘》(SA)自 1999 年; 美国《化学文摘》(CA)和俄罗斯《文摘杂志》(AJ)自 2000 年; 美国《剑桥科学文摘社网站》自 2002 年; 日本《科技文献速报》(CBST, JICST)自 2003 年已定期收录检索该刊论文; 2008 年被荷兰“Elsevier Bibliographic Databases”确定为源期刊; 2010 年被美国“EI”确定为源期刊。2001 年在国家科技部组织的“中国期刊方阵”的评定中, 《发光学报》被评为“双效期刊”。2002 年获中国科学院 2001~2002 年度科学出版基金“择重”资助。2004 年被选入《中国知识资源总库·中国科技精品库》。本刊内容丰富、信息量大, 主要反映本学科专业领域的科研和技术成就, 及时报道国内外的学术动态, 开展学术讨论和交流, 为提高我国该学科的学术水平服务。

《发光学报》自 2011 年改为月刊, A4 开本, 144 页, 国内外公开发行。国内定价: 40 元, 全年 480 元, 全国各地邮局均可订阅。《发光学报》欢迎广大作者、读者广为利用, 踊跃投稿。

地 址: 长春市东南湖大路 3888 号

《发光学报》编辑部

邮 编: 130033

电 话: (0431)86176862, 84613407

E-mail: fgxbt@126.com

国内统一刊号: CN 22-1116/O4

国际标准刊号: ISSN 1000-7032

国内邮发代号: 12-312

国外发行代号: 4863BM

http://www.fgxb.org