

多氟二苯乙炔类负性液晶化合物的合成

尚洪勇^{1,2}, 张建立^{1,2}, 刘鑫勤¹, 韩耀华¹, 梁 晓^{1,2}

(1. 石家庄永生华清液晶有限公司, 河北 石家庄 050091, E-mail: hyshang07@gmail.com;

2. 清华大学 化学系, 北京 100084)

摘 要: 以烷基环己基酮、1,2-二氟苯为起始原料(或以 2,3-二氟烷基苯为起始原料), 采用正丁基锂低温下制得金属锂化试剂, 再经过系列反应制得 4-烷基环己基-2,3-二氟碘苯(或 4-烷基-2,3-二氟碘苯), 其与 4-乙氧基-2,3-二氟苯乙炔发生 Sonogashira 偶联反应, 合成出了 3 种 2,3,2',3'-四氟二苯乙炔类液晶化合物。进行了产品的结构标定以及参数测定, 确定该类化合物有较大的光学各向异性(Δn)和负值较大的介电各向异性($\Delta\epsilon$), 并且具有较宽的相变温度范围, 可以用于改善液晶材料的响应速度和驱动电压。

关 键 词: 含氟液晶; 二苯乙炔; Sonogashira 偶联反应

中图分类号: O753.2 **文献标识码:** A

1 引 言

液晶显示器在信息显示领域已得到了广泛的应用, 这也激发了人们对液晶材料的研究兴趣。由于氟原子有最大的电负性和较小的半径, 它的引入可以改善液晶分子的物理性质, 因此, 含氟液晶材料成为人们近年来研究液晶结构与相态关系、探索高性能液晶材料的重要对象^[1]。

光学各向异性(Δn)是液晶材料的一个重要性质。近年来, 随着人们对宽视角、快速响应等液晶显示器性能的追求, 大光学各向异性(Δn)液晶材料备受关注, 通过引入炔键来增大液晶分子的 Δn 成为首选方法。同时, 液晶材料的低温性能也是业界关注的焦点, 研究人员大都采用侧位引入氟原子的方法来改善液晶材料的低温性能。基于此, 本文采用烷基环己基酮、2,3-二氟苯为起始原料, 经过系列反应制得烷基环己基 2,3-二氟苯乙炔, 再与 4-乙氧基-2,3-二氟碘苯发生 Sonogashira 偶联反应^[2-9], 设计合成了 3 种侧位四氟二苯乙炔类液晶化合物, 并研究了此类液晶化合物相关性质与结构的关系。此类化合物有较大的光学各向异性(Δn)、负值较大的介电各向异性($\Delta\epsilon$)^[10,11]以及良好的低温性能, 已应用于有关液晶材料配方

开发中。此类化合物的合成方法已申请了相关发明专利^[12]。

2 实 验

2.1 实验原料和测试仪器

实验中采用的原料主要有以下几种:

2,3-二氟苯乙醚(上海道齐医药科技有限公司, 纯度 $>99.5\%$); 丙基 2,3-二氟苯(烟台德润液晶材料有限公司, 纯度 $>99.5\%$); 丙基环己基酮(烟台德润液晶材料有限公司, 纯度 $>99.5\%$); 戊基环己基酮(烟台德润液晶材料有限公司, 纯度 $>99.5\%$); 正丁基锂(石家庄永生华清液晶有限公司, 浓度为 10.2 mol/L); 碘(青岛金海碘化工有限公司, 纯度 $>99.9\%$)。

实验中所用的试剂主要有四氢呋喃、甲苯、二氯甲烷、乙醇、碘化亚酮、三乙胺等(均为商业采购, 化学纯)。

测定单体液晶化合物相关参数所用的本体液晶是 SLC0112, 其主要参数为: $T = 73\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\Delta\epsilon = -1.4$; $\Delta n = 0.0890$ 。由石家庄永生华清液晶有限公司出产。

实验中所用的测试仪器如下:

DSC822e 型差热分析扫描仪(瑞士梅特勒-托

利多公司)用于对样品进行差热分析;EA1112 有机元素分析仪(美国热电公司)用于分析样品中元素的含量;HP6820 型气相色谱仪(美国惠普公司)用于测定有机化合物的化学纯度;HP5890-5972 型气质色谱联用仪(Agilent Technologies)

(1)

(2)

(3)

(4)

[注]当 $n=0$ 时,就可得到(B)+(N)偶联的产物;当 $n=1$ 时,就可得到(F)+(N)偶联的产物。

2.3 四氟二苯乙炔类液晶化合物的合成过程

通式(1)涉及到的四氟二苯乙炔类液晶化合物很多,本文不能一一列举,下面选择其中 3 种进行介绍。

2.3.1 4-丙基-4'-乙氧基-2,3,2',3'-四氟二苯乙炔的合成($n=0,R=C_3H_7$)

(1)中间体 4-丙基-2,3-二氟碘苯(B)的合成

在三口瓶中加入 117 g(0.75 mol) 2,3-二氟丙基苯(A)和 600 mL 干燥 THF,氮气保护下降温至 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,开始滴加正丁基锂 0.9 mol,控温不超过 $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$,约滴加 1.5 h,滴毕, $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右保持 1 h; $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下滴加 190 g(0.75 mol)碘和 600 mL THF 的溶液,约滴加 3 h,滴毕,再保温 1 h;撤去冷却浴,倒入约 1 L 水中水解,加入 10%的 NaHSO_3 溶液约 300 mL 调至无色,分液,水相用石油醚提取 3 次,合并有机相,用饱和 NaCl 溶

用于对有机化合物进行定量和定性分析;NAR-47 型阿贝折射仪(日本艾拓公司)用于测试折射率(n_o,n_e);HP-4284A 型电容电抗测试仪(美国惠普公司)用于介电常数间接测试。

2.2 四氟二苯乙炔类液晶化合物的合成路线

液洗两次,有机相用无水 MgSO_4 干燥,过滤,旋净溶剂,残余物减压分馏, $90\sim92\text{ }^{\circ}\text{C}/533\text{ Pa}$ 的馏分。测得气相色谱纯度 GC 为 97%,收率为 85%。

(2)中间体 4-乙氧基-2,3-二氟碘苯(H)的合成

三口瓶中加入 52 g(0.37 mol)2,3-二氟苯乙醚(G),250 mL 干燥的四氢呋喃,氮气保护下降温至 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$,开始滴加 0.45 mol 正丁基锂,约滴加 0.5 h,加毕,于 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下保温 1.5 h;再于 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 滴加 94 g(0.37 mol)碘和 230 mL THF 的溶液,约滴加 1 h,滴毕, $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保温 1 h;缓慢加入 10% 的 NaHSO_3 溶液至褪色,分液,有机层水洗两次,无水 MgSO_4 干燥,滤除干燥剂,蒸干得 88 g 产品。测得气相色谱纯度 GC 为 95%,收率为 81%。

(3)中间体 4-乙氧基-2,3-二氟苯乙炔(N)的合成

三口瓶中加入 80 g(0.5 mol) 4-乙氧基-2,3-二氟碘苯(H)、1,1-二甲基-2-丙炔-1-醇 63 g(0.75 mol)、三乙胺 300 mL、碘化亚铜 0.5 g、甲苯 350 mL,氮气保护下加入 Pd[O]1.0 g,在 45~50 °C 下反应 4 h;过滤,甲苯 200 mL 冲洗, NH₄Cl 溶液洗涤去铜离子,分液,水洗 3 次,无水 MgSO₄ 干燥,滤过,旋干溶剂,用石油醚溶解过硅胶柱子,脱色,再旋干溶剂,得深棕色油状物;将深棕色油状物加入三口瓶中,并加入 200 mL 石蜡和 3.0 g KOH,边加热边蒸馏低沸物,至无低沸物馏出,约反应 2 h;稍冷后转入蒸馏瓶中,减压蒸出产品,收集 100~102 °C/400 Pa 馏份,放置得固体 68 g。两步合并收率为 76%;气相色谱分析纯度 GC>96%;DSC 测得熔点 mp 为 54.69 °C。

(4)单体液晶化合物 4-丙基-4'-乙氧基-2,3,2',3'-四氟二苯乙炔的合成

三口瓶加入 16.3 g(0.055 mol) 4-丙基-2,3-二氟碘苯(B)、20 mL 三乙胺、60 mL 甲苯、0.2 g 碘化亚铜、0.2 g 三苯基膦,在氮气保护下加入 Pd[O]0.2 g,开始搅拌,在室温滴加 8.6 g(0.05 mL) 4-乙氧基-2,3-二氟苯乙炔(N)和 20 mL 甲苯的溶液,约滴加 30 min,滴毕,继续搅拌 5 h;过滤,甲苯冲洗,分液,有机相用水洗至中性,无水 MgSO₄ 干燥,过滤,旋蒸去溶剂,用石油醚 150 mL 加热溶解,进行柱层析,脱色,100 mL 石油醚洗脱,合并,旋干,再用 2 倍乙醇重结晶两次可得 12 g 白色晶体。收率为 75%;气相色谱分析纯度 GC 为 99.75%;DSC 测得 mp 在 80.05~82.15 °C 之间。

测试结果如下:

HP5890-5972 型气质色谱联用仪分析结果:

分子式: C₁₉H₁₆OF₄;

特征离子(M/Z⁺)及丰度(%): 336(M⁺, 30.44), 308(18.68), 279(100), 250(9.67), 230(6.24)。

EA1112 有机元素分析仪分析结果:

理论计算值: C: 67.85%, H: 4.80%;

实验值: C: 67.70%, H: 4.72%。

上述分析结果表明,实验所得到的液晶化合物的结构是正确的。

2.3.2 4-丙基环己基-4'-乙氧基-2,3,2',3'-四氟二苯乙炔(n=1,R=C₃H₇)的合成

(1)中间体丙基环己烯-2,3-二氟苯(D)的

合成

三口瓶中加入邻二氟苯 114 g(1 mol)和干燥 THF 300 mL,安装搅拌,氮气保护下降温至 -70 °C,开始滴加 1.1 mol 正丁基锂,控制温度为 -70 °C,约滴加 1 h,滴毕,保持 1 h;然后 -70 °C 下滴加丙环酮 126 g(0.9 mol),约滴加 1 h,滴毕,保持 4~5 h;倒入约 1.5 L 水中水解,用 500 mL×3 甲苯提取,合并有机相,水洗至中性,分净水,加入另一个三口瓶中,加入 5 g 对甲苯磺酸,搅拌下边加热升温边蒸馏 THF,至内部温度到 108 °C 时,停止蒸馏,改为回流冷凝管,回流 5~6 h;取样测定脱水完毕后,降温直至室温,倒入分液漏斗中,用 1 L×3 水洗至中性,分净水,过 80 目的硅胶柱子进行柱层析,再用 500 mL 甲苯洗脱,合并,备用。

(2)中间体反式丙基环己基-2,3-二氟苯(E)的合成

上步之产物加入单口瓶中,加入 50 g(5%) Pd/C,充排空气 5 次后,进行常压加氢,控温约 30~40 °C,至吸氢完毕,过滤催化剂;减压旋干甲苯,得白色顺反混合物 160 g,用石油醚和乙醇混合溶剂,重结晶两次,可得纯反式产物 146 g。气相色谱检测纯度 GC>99.3%,两步收率为 65%。

(3)中间体 4-丙基环己基-2,3-二氟碘苯(F)的合成

三口瓶中加入 119 g(0.5 mol)反式丙环-2,3-二氟苯和 300 mL 干燥 THF,搅拌下充氮气降温, -70 °C 下滴加正丁基锂 0.55 mol,约滴加 20 min,滴毕,保持 1 h; -60 °C 滴加 122 g(0.48 mol)碘和 300 mL THF 溶液,约滴加 1 h,滴毕,保持 1 h;降温,小心加入 10% NaHSO₃ 水溶液,至褪色为止;倒入约 1 L 水中,加入甲苯 500 mL,分液,300 mL×3 甲苯提取,合并有机相,水洗中性,无水 MgSO₄ 干燥,过滤,旋蒸溶剂,用石油醚和乙醇混合溶剂重结晶,可得白色晶体 136.5 g。收率为 78%,气相色谱纯度 GC>98.2%;DSC 测得熔点 mp 为 37.6 °C。

(4)单体液晶化合物反式-4-丙基环己基-4'-乙氧基-2,3,2',3'-四氟二苯乙炔的合成

三口瓶中加入 91 g(0.25 mol)4-丙基环己基-2,3-二氟碘苯(F)、200 mL 甲苯、30 mL 三乙胺、0.5 g 碘化亚铜,氮气保护下加入 1.0 g Pd[O],升温至 55 °C,滴加 4-乙氧基-2,3-二氟苯乙炔(N)

47 g(0.25 mol)和 50 mL 甲苯之溶液,约滴加 40 min,加毕,于 50~60 ℃,反应 10 h;降温,过滤,甲苯 200 mL 冲洗,再加 NH₄Cl 溶液洗涤,去铜离子,分液,用 200 mL×3 甲苯提取,合并有机相,水洗至中性,无水 MgSO₄ 干燥,过滤,旋干溶剂,用约 5 倍石油醚溶解,过 80~100 目的硅胶柱进行柱层析,再用 3 倍石油醚冲洗,合并,旋蒸,去溶剂,用石油醚和乙醇混合溶剂重结晶两次,得白色晶体 84 g。收率为 79.8%,气相色谱纯度 GC 为 99.7%。

测试结果如下:

化合物相态结构:C 92.6 ℃ N 214.8 ℃ I(C 表示晶体;N 表示液晶向列相;I 表示各向同性液体)。

HP5890-5972 型气质色谱联用仪分析结果:

分子式:C₂₅H₂₆OF₄;

特征离子(M/Z⁺)及丰度(%):418(M⁺, 100),390(16.06),292(43.58),279(20.64)。

EA1112 有机元素分析仪分析结果:

理论计算值:C:71.76%,H:6.26%;

实验值:C:71.77%,H:6.23%。

上述分析结果表明,实验所得到的液晶化合物的结构是正确的。

2.3.3 反式 4-戊基环己基-4'-乙氧基-2,3,2',3'-

四氟二苯乙炔(*n*=1,*R*=C₅H₁₁)的合成

参照 2.3.2 中的合成方法,不同之处是将步骤(1)中的丙环酮用戊环酮代替,与 2,3-二氟苯锂试剂反应,经过脱水,加氢,转位,碘代得 4-戊基环己基-2,3-二氟碘苯,其再与 4-乙氧基-2,3-二氟苯乙炔偶联而得,其总产率为 38%。

测试结果如下:

气相色谱纯度:GC>99.7%;

化合物相态结构:C 84.5 ℃ N 208.7 ℃ I(C 表示晶体;N 表示液晶向列相;I 表示各向同性液体)。

HP5890-5972 型气质色谱联用仪分析结果:

分子式:C₂₇H₃₀OF₄;

特征离子(M/Z⁺)及丰度(%):446(M⁺, 100),418(11.11),292(45.62),279(28.11)。

EA1112 有机元素分析仪分析结果:

理论计算值:C:72.63%,H:6.77%;

实验值:C:72.61%,H:6.79%。

上述分析结果表明,实验所得到的液晶化合物的结构是正确的。

3 结果与讨论

3.1 相关液晶参数的测定方法^[13,14]

(1) 单体液晶化合物的相态温度变化是采用 DSC822e 型差热分析扫描仪,采用加热速率为 5 ℃/min测定的;通过偏光显微镜观察化合物的结构,并与液晶的标准相图对照,确定化合物的相态。

(2) 单体液晶化合物的光学各向异性(Δn)是使用 NAR-47 型阿贝折射仪,采用钠光源(589 nm),在 20 ℃ 温度下,测定由 90%(质量分数)SLC0110 本体液晶和 10%实验单体液晶化合物组成的均匀混合物的 n_{ol} , n_{el} ,计算得到光学各相异性 Δn_1 ($\Delta n_1 = n_{el} - n_{ol}$),再外推算出纯(100%)实验单体液晶化合物的光学各向异性(Δn)。

(3) 单体液晶化合物的电学各向异性($\Delta \epsilon$)是采用 HP-4284A 型电容电抗测试仪,在 20 ℃、1 kHz条件下,测定由 90%(质量分数)本体液晶(SLC0112 本体液晶)和 10%实验单体液晶化合物组成的均匀混合物的 $\epsilon_{//1}$, $\epsilon_{\perp 1}$,计算得到电学各相异性 $\Delta \epsilon_1$ ($\Delta \epsilon_1 = \epsilon_{//1} - \epsilon_{\perp 1}$),再外推算出纯(100%)实验单体液晶化合物的电学各向异性($\Delta \epsilon$)。

3.2 相关液晶参数的测定结果

采用上面的测试方法,测定得到的液晶参数如表 1 所示。

表 1 相关的液晶参数
Table 1 Parameters of liquid crystals

化合物	光学各向异性			介电各向异性 $\Delta \epsilon$	相变温度(℃)
	n_o	n_e	Δn		
1	1.4 990	1.8 432	0.3 442	-1.8	C 80 I
2	1.4 984	1.8 248	0.3 278	-1.3	C 95.5 N 215.6 I
3	1.4 984	1.8 262	0.3 264	-1.2	C 82.5 N 205.4 I

注:C 表示晶体;N 表示液晶向列相;I 表示各向同性液体

3.3 讨论^[12,15]

(1)从单体液晶化合物(1)到(2)、(3)可以看到,由于反式环己基的引入,使液晶分子的长径比变大,表现出液晶相态;同时,侧位氟原子的引入,熔点也比没有氟原子取代的液晶分子下降很多,向列相温度区间加宽,而低温相溶性变好;光学各向异性(Δn)呈降低的趋势,电学各向异性($\Delta\epsilon$)呈绝对值下降。

(2)两个苯环之间引入乙炔基,延长了液晶分子的共轭体系,呈现出大光学各向异性(Δn)值倾向,但是由于侧位氟原子的引入,降低了苯环分子的电子云密度,极化度变弱,反过来使液晶分子的光学各向异性(Δn)值下降,但光学各向异性 Δn 值也高达 0.32 以上。

(3)侧位 4 个氟原子的引入,虽然是对称位置,但由于氟原子的偶极矩($4.66 \times 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$)大,造成液晶分子共平面性破坏,致使在平行于分子长轴方向的介电各向异性的增量相抵而减弱,而在垂直于分子长轴方向的介电各向异性的增量增加,呈现为具有较大的负的介电各向异性 $\Delta\epsilon$ 值。

综上所述,多氟二苯乙炔类液晶化合物具有

较大的光学各向异性(Δn)和负值较大的介电各向异性($\Delta\epsilon$)。侧位 4 个氟原子的引入,减小了液晶分子长径比,与无氟二苯乙炔类液晶化合物相比,多氟二苯乙炔类液晶的熔点下降,低温相溶性也有所改善;反式环己基的引入也呈现出一定规律性的变化,如:具有较宽的相变温度范围等。因此,多氟二苯乙炔类液晶应用于液晶显示器件可以有效改善液晶显示器(LCD)的响应速度、低温性能和驱动电压等。

4 结 论

采用烷基环己基酮、1,2-二氟苯为起始原料(或以 2,3-二氟烷基苯为起始原料),采用正丁基锂低温下制得金属锂化试剂,再经过系列反应制得烷基环己基 2,3-二氟碘苯,其与 4-乙氧基-2,3-二氟苯乙炔发生 Sonogashira 偶联反应,合成出了 3 种 2,3,2',3'-四氟二苯乙炔类液晶化合物,并进行了产品的结构标定以及相关液晶参数的测定。所得到的此类液晶化合物有较大的光学各向异性(Δn)和负值较大的介电各向异性($\Delta\epsilon$),低温相溶性也较好,此类液晶化合物制备方法原料易得,合成路线简单,易于实现规模化工业生产。

参 考 文 献:

- [1] 冉利,吴咏梅,周春阳. 含氟液晶的研究 [J]. 四川师范学院学报(自然科学版), 2001,22(3):250-254.
- [2] Feuerstein Marie, Doucet Henri, Santelli Maurice. Sonogashira reaction of heteroaryl halides with alkynes catalysed by a palladium-tetraphosphine complex [J]. *J. Molecular Catalysis A:Chemical*, 2006,256(1-2):75-84.
- [3] Kim Jong-Ho, Lee Dong-Ho, Jun Bong-Hyun, et al. Copper-free Sonogashira cross-coupling reaction catalyzed by polymer-supported N-heterocyclic carbene palladium complex [J]. *Tetrahedron Lett.*, 2007,48(40):7079-7084.
- [4] Vasilevsky S F, Krivenko O L, Gorelik V R, et al. Synthetic and mechanistic aspects of cross-coupling of nitroxyl radicals of 3-imidazoline series with terminalalkynes [J]. *Tetrahedron*, 2008, 64(37):8807-8814.
- [5] Brandsma L, Vasilevsky S F, Verkruijsse H D. *Application of Transition Metal Catalysts in Organic Synthesis* [M]. Berlin, Germany:Springer-Verlage BerLin HeideIlberg, 1998:220.
- [6] Sonogashira Kenkichi. Development of Pd-Cu catalyzed cross-coupling of terminal acetylenes with sp^2 -carbon halides [J]. *J. Organometallic Chem.*, 2002,653(1-2):46-49.
- [7] Raju S, Batchu V R, Swamy N K, et al. Palladium-mediated synthesis of 5-substituted 4-alkynylthieno[2,3-c]pyran-7-ones [J]. *Tetrahedron Lett.*, 2006,47(1):83-88.
- [8] Vasilevsky S F, Krivenko O L, Gorelik V R, et al. Synthetic and mechanistic aspects of cross-coupling of nitroxyl radicals of 3-imidazoline series with terminalalkynes [J]. *Tetrahedron*, 2008,64(37):8807-8814.
- [9] Feuerstein Marie, Doucet Henri, Santelli Maurice. Sonogashira reaction of heteroaryl halides with alkynes catalysed by a palladium-tetraphosphine complex [J]. *J. Molecular Catalysis A:Chemical*, 2006,256(1):75-84.
- [10] 罗秀军,杜增家. 含氟二苯乙炔类液晶材料合成与性能研究 [J]. 液晶与显示, 1999,14(2):90-93.
- [11] 胡明刚,安忠维,杜渭松,等. 二苯乙炔类液晶化合物:CN,192395A[P]. 2007-03-07.
- [12] 刘鑫勤,韩耀华,吕文海,等. 2,3,2',3'-四氟二苯乙炔衍生物、其组合物、其制备方法及其用途:CN,1911888A [P].

2007-02-14.

[13] Greenfield S, Coates D, Goulding M, *et al.* Nematogenic laterally fluorinated biphenyls with polar terminal groups [J]. *Liquid Crystal*, 1995, 18(4): 665-672.

[14] Kirsch Peer, Bremer Matthias. Nematic liquid crystals for active matrix displays: molecular design and synthesis [J]. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2000, 39(23): 4216-4235.

[15] 李建, 安忠维, 杨毅, 等. TFT-LCD 用液晶显示材料进展 [J]. *液晶与显示*, 2002, 17(2): 104-113.

Synthesis of Multifluorotolane Negative Dielectric Anisotropy Liquid Crystals

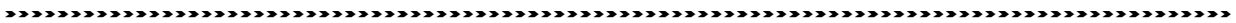
SHANG Hong-yong^{1,2}, ZHANG Jian-li^{1,2}, LIU Xin-qin¹, HAN Yao-hua¹, LIANG Xiao^{1,2}
(1. Shijiazhuang Yongsheng Huatsing Liquid Crystal Co. Ltd., Shijiazhuang 050091, China, E-mail: hyshang07@gmail.com;
2. Department of Chemistry, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract

This article reported three derivatives of 2,3,2',3'-terfluotolanes, which are prepared with 1-ethoxy-4-ethynyl-2,3-difluorobenzene and 1-alkylcyclohexyl-2,3-difluoro-4-iodobenzene (or 1-alkyl-2,3-difluoro-4-iodobenzene) by Sonogashira reactions. And the iodides are prepared with metal lithium reagents in low temperature from *n*-BuLi, alkylcyclohexanone and 1,2-difluorobenzene (or 1-alkyl-2,3-difluorobenzene) by a series of reactions. These compounds not only have large optical anisotropy (Δn) and large negative dielectric anisotropy ($\Delta \epsilon$), but also have wider nematic phase temperature rang by a series photoelectricity test and DSC analysis. These materials can improve the respond time and drive voltage in LCD.

Key words: fluorinated liquid crystal; tolans; Sonogashira cross-coupling reaction

作者简介: 尚洪勇(1977—), 男, 河北衡水人, 硕士研究生, 主要从事显示用液晶材料的合成与研究工作。



网上看《液晶与显示》

向《液晶与显示》投稿, 经审查发表, 将以印刷版、光盘版、网络版同时出版。若您想从网上阅读《液晶与显示》, 请点击:

<http://www.yjyxs.com>(《液晶与显示》期刊网址); <http://yjys.chinajournal.net.cn>(“中国期刊网”《液晶与显示》的网址); <http://yjyxs.periodicals.net.cn/default.html>(“万方数据资源系统(ChinaInfo)”《液晶与显示》的网址)。