

Schiff Base 메소젠과 Glycols 유연격자를 갖는 새로운 열방성 화합물

소봉근[†] · 송지영[†] · 이수민[†] · 최옥병 · 이환명 · 이진영 · 김성조 · 차은희 · 김란희 · 박주훈*

호서대학교 자연과학대학 기초과학연구소

[†]한남대학교 화학과

(접수 2009. 9. 13; 수정 2009. 11. 2; 게재확정 2009. 12. 2)

New Thermotropic Compounds with Schiff Base Mesogen and Glycols Flexible Spacers

Bong-Keun So[†], Ji-Young Song[†], Soo-Min Lee[†], Ok-Byung Choi, Hwan Myung Lee, Jin-Young Lee, Seong-Jo Kim, Eun-Hee Cha, Ran Hee Kim, and Joo-Hoon Park*

College of Natural Science, The Research Institute for Basic Sciences, Hoseo University, Chungnam 336-795, Korea

[†]Department of Chemistry, Hannam University, Daejeon 306-791, Korea

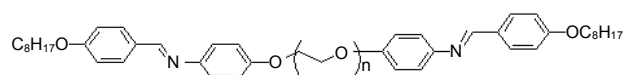
(Received September 13, 2009; Revised November 2, 2009; Accepted December 2, 2009)

주제어: 열방성 화합물, 이메소제닉 화합물

Keywords: Thermotropic compounds, Dimesogenic compounds

서론

물질의 제4상태로 알려진 액정(liquid crystal)은 저소비 전력, 저전압 구동과 함께 대형화, 고정세화 등에 우수한 특성을 갖고 있어, 현재 워드프로세서, 컴퓨터 등의 그래픽 표시용, 비디오 뷰파인더, portable TV, 벽걸이 TV, 이동통신 단말기 및 사무용 기기 등의 발달과 함께 정보 미디어를 표시하는 가장 유력한 평판 디스플레이 재료로 사용되고 있으며, 전자 재료로서의 위치를 확고히 구축하고 있다.¹⁻⁴ 이러한 액정화합물의 분자들은 길쭉한 모양을 가지며, 중심부가 핵심요소(core units)인 단단한 메소제닉 구조로 이루어져 있다. 이러한 메소제닉 구조는 $-COO-$, $-OCO-$, $-CH=N-$, $-N=N-$, $-C=C-$ 와 같은 연결기에 의하여 이루어진 둘 혹은 더 많이 파라-치환된 방향족 고리에 의하여 일반적으로 이루어진다. 에스터 단위와 Schiff base 단위는 비교적 안정하고 쉽게 합성할 수 있으며, 낮은 녹는 점을 나타내고, 유용한 액정을 만들 수 있기 때문에 메소제닉 단위로써 액정화학에서 많이 사용되어지며, 이들 화합물에 대한 예를 여러 문헌에서 찾아 볼 수 있다.³⁻⁶ 또한 메소제닉 단위를 연결해 주는 중간 유연격자로는 $-(CH_2)_n-$, $-O-(CH_2)_n-O-$ 등이 주로 사용되어 지고 있는데,⁴⁻¹⁰ 본 연구에서는 글리콜 유도체를 사용하여 새로운 액정화합물을 합성하였다. 유도체 I에서 보여 주는 바와 같이, 메소제닉 단위는 Schiff base를, 중간 유연격자로는 ethylene glycol, diethylene glycol, triethylene glycol 및 tetraethylene glycol을 이용하였으며, 말단 치환기로는 액정상을 잘 안정화시킬 수 있는 옥틸옥시기를 사용하여 새로운 액정화합물을 합성하였고, 이들의 분자 구조와 액정성 간의 상관관계를 살펴보았다.



BOBP-n (n = 1, 2, 3, 4)

유도체 I

실험

시약

최종 생성물 (BOBP-n)을 얻기 위하여 사용되어진 1-fluoro-4-nitrobenzene, ethylene glycol, diethylene glycol, triethylene glycol, tetraethylene glycol, 1-bromooctane, 4-hydroxybenzoic acid, 1,3-dicyclohexylcarbodiimide(DCC), 4-dimethylamino-pyridine (DMAP), p-toluenesulfonic acid, palladium on activated carbon (Pd/C)은 Aldrich사 일급시약을 정제없이 그대로 사용하였고, 무수에탄올과 무수메탄올을 비롯한 용매들은 문헌의¹¹ 방법에 따라 정제하여 사용하였다.

측정기기

최종 생성물과 각각의 반응단계에서 얻어진 중간 화합물들의 구조 확인은 적외선 흡수 스펙트럼(Perkin Elmer 1000 FT-IR Spectrophotometer), 핵자기공명 스펙트럼(Varian Unity 300 NMR Spectrometer)으로 행하였다. 화합물의 열적 거동은 질소 기류하에서 시차 주사 열량 분석기(DSC: Differential Scanning Calorimetry, 2100 Model 910S, TA instruments)를 사용하여 가열 및 냉각속도 10 °C/min 로 측정하였다. 화합물의

광학구조는 가열판(Mettler FP-82HT)과 RTC-1 temperature controller(Instec Inc., Broomfield, Co)가 장착된 편광 현미경(Nikon Labophot-2)을 사용하여 관찰하였다.

합성 및 구조 분석

최종 생성물인 BOBP-n($n=1,2,3,4$)의 합성경로를 Scheme 1에 나타내었다.

DN-n의 합성

중간 화합물인 DN-n($n=1,2,3,4$)은 문헌의¹² 합성법에 따라 4종류의 glycol과 1-fluoro-4-nitrobenzene을 각각 에터화 반응을 통하여 얻었다. 따라서 이들의 실험결과와 분광학적 데이터를 아래에 나타내었다.

1, 2-Bis(4-nitrophenoxy)ethane(DN-1)의 합성.

노란색 결정 2.5 g (81%). FT-IR (KBr pellet, cm^{-1}): 1500, 1340 (NO_2); 1250 (C-O-R). $^1\text{H-NMR}$ (acetone- d_6 , ppm): δ 4.5 (*m*, 4H, - $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}$ -); 7.2-8.2 (*dd*, 4H, *Ar-H*).

Bis(2-(4-nitrophenoxy) ethyl) ether(DN-2)의 합성.

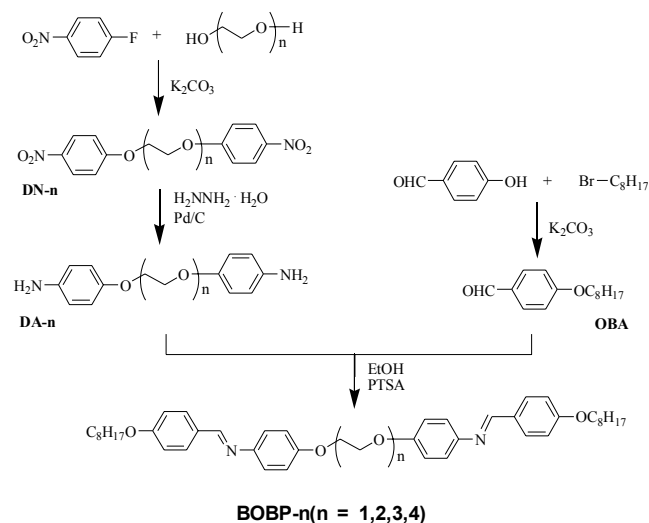
연한 노란색 결정 2.5 g (70%). FT-IR(KBr pellet, cm^{-1}): 1500, 1340 (NO_2); 1250 (C-O-R). $^1\text{H-NMR}$ (acetone- d_6 , ppm); δ 3.9-4.3 (*m*, 8H, - $\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_2$ -); 7.2-8.2 (*dd*, 8H, *Ar-H*).

1, 2-Bis(2-nitrophenoxy) ethoxy) ethane(DN-3)의 합성.

연한 노란색 결정 2.7 g (69%). FT-IR(KBr pellet, cm^{-1}): 1500, 1350 (NO_2); 1250 (C-O-R). $^1\text{H-NMR}$ (acetone- d_6 , ppm); δ 3.6-4.2 (*m*, 12H, - $\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3$ -); 7.2-8.2 (*dd*, 8H, *Ar-H*).

Bis(2-(2-(4-nitrophenoxy)ethyl)ether(DN-4)의 합성.

흰색 고체 결정 3.3 g (75%). FT-IR(KBr pellet, cm^{-1}): 1480,



Scheme 1. Synthetic routes of BOBP-n series

1320 (NO_2); 1250 (C-O-R). $^1\text{H-NMR}$ (acetone- d_6 , ppm): δ 3.6-4.2 (*m*, 16H, - $\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_4$ -), 7.1-8.2 (*dd*, 8H, *Ar-H*).

DA-n의 합성

DA-n($n=1,2,3,4$) 화합물은 문헌의¹³ 합성법에 따라, DN-n 화합물을 각각 hydrazine monohydrate (H_2NNH_2 , H_2O)와 Pd/C 촉매를 이용한 환원반응에 의하여 합성하였다. 따라서, 실험 결과 및 분광학적 데이터를 아래에 실었다.

1, 2-Bis(4-aminophenoxy)ethane (DA-1)의 합성.

흰색 결정 2.0 g (81%). FT-IR (KBr pellet, cm^{-1}): 3350, 3300 (-NH_2). $^1\text{H-NMR}$ (acetone- d_6 , ppm): δ 4.0-4.5 (*m*, 8H, - $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}$ -, -NH_2); 6.5-6.7 (*m*, 8H, *Ar-H*).

Bis(2-(4-aminophenoxy)ethyl)ether (DA-2)의 합성.

흰색 결정 2.6 g (90%). FT-IR (KBr pellet, cm^{-1}): 3450, 3350 (-NH_2). $^1\text{H-NMR}$ (acetone- d_6 , ppm): δ 3.8-4.2 (*m*, 12H, - $\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_2$ -, -NH_2); 6.6-6.7 (*m*, 8H, *Ar-H*).

1, 2-Bis(2-(4-aminophenoxy)ethoxy)ethane (DA-3)의 합성.

흰색 결정 2.7 g (81%). FT-IR (KBr pellet, cm^{-1}): 3340, 3250 (-NH_2). $^1\text{H-NMR}$ (acetone- d_6 , ppm): δ 3.6-4.2 (*m*, 16H, - $\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3$ -, -NH_2); 6.6-6.7 (*m*, 8H, *Ar-H*).

Bis(2-(2-(4-aminophenoxy)ethoxy)ethyl)ether (DA-4)의 합성.

무색 점성 액체 2.3 g (60%). FT-IR (KBr window, cm^{-1}): 3390, 3300 (NH_2). $^1\text{H-NMR}$ (acetone- d_6 , ppm): δ 3.6-4.2 (*m*, 20H, - $\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_4$ -, -NH_2); 6.6-6.7 (*m*, 8H, *Ar-H*).

OBA(Octyloxybenzaldehyde)의 합성.

OBA는 문헌의¹⁴ 방법에 따라, 4-hydroxybenzaldehyde와 1-bromooctane을 염기 촉매 하에서 에터화 반응시켜 합성하였다. 따라서, 실험 결과 및 분광학적 데이터만을 아래에 실었다. 투명한 액체 1.4 g (60%). FT-IR (KBr window, cm^{-1}): 3088 (aromatic C-H), 2918, 2849 (aliphatic C-H), 1680 (C=O). $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , ppm): δ 0.88 (*t*, 3H, - CH_3), 1.22-1.50 (*m*, 10H, - $(\text{CH}_2)_5$ -), 1.85 (*m*, 2H, - $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 4.03 (*t*, 2H, - $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$ -), 6.80-8.20 (*dd*, 4H, *Ar-H*), 9.86 (*s*, 1H, - CHO).

BOBP-n의 합성

최종 생성물인 BOBP-n($n=1,2,3,4$) 화합물들의 합성법은 동일하였으므로, 1, 2-bis(4-(4-(octyloxy)benzylideneamino)phenoxy)ethane(BOBP-1)의 합성법만을 대표적으로 여기에 기술하였다. 질소 분위기 하에서, OBA (2.90 g, 10 mmol)과 DA-1 (1.22 g, 5 mmol)을 넣고, 무수에탄올 150 mL을 넣어 용해시켰다. 반응 촉매로서 p-toluenesulfonic acid를 소량 넣어주고, 실온에서 24시간 반응시켰다. 생성된 침전물을 걸러 CHCl_3/EA

(ethyl acetate) 혼합 용매로 재결정하여 순수한 생성물을 얻었다. 이들의 실험 결과와 분광학적 분석결과를 아래에 나타내었다.

1, 2-Bis(4-(4-(octyloxy)benzylideneamino)phenoxy)ethane (BOBP-1)의 합성.

흰색 결정 1.8 g (90%). FT-IR (KBr pellet, cm^{-1}): 3086 (aromatic C-H), 2918, 2849 (aliphatic C-H). 1622 ($-\text{C}=\text{N}-$). $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , ppm): δ 0.88 (t, 6H, $-\text{CH}_3$), 1.23-1.55 (m, 20H, $-(\text{CH}_2)_5-$), 1.78 (m, 4H, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-$), 4.03 (t, 4H, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-$), 4.37 (s, 4H, $-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}-$), 6.92-6.96 (dd, 8H, Ar-H), 7.19 (d, 4H, Ar-H), 7.82 (d, 4H, Ar-H), 8.37 (s, 2H, $-\text{CH}=\text{N}-$).

Bis(2-(4-(4-(octyloxy)benzylideneamino)phenoxy)ethyl)ether (BOBP-2)의 합성.

흰색 결정 1.9 g (88%). FT-IR (KBr pellet, cm^{-1}): 3086 (aromatic C-H), 2918, 2849 (aliphatic C-H). 1622 ($-\text{C}=\text{N}-$). $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , ppm): δ 0.88 (t, 6H, $-\text{CH}_3$), 1.23-1.55 (m, 20H, $-(\text{CH}_2)_5-$), 1.78 (m, 4H, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-$), 3.96 (t, 4H, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-$), 4.05 (t, 4H, $-\text{OCH}_2-$), 4.20 (t, 4H, $-\text{OCH}_2-$), 6.92-6.96 (dd, 8H, Ar-H), 7.19 (d, 4H, Ar-H), 7.82 (d, 4H, Ar-H), 8.37 (s, 2H, $-\text{CH}=\text{N}-$).

1,2-Bis(2-(4-(4-(octyloxy)benzylideneamino)phenoxy)ethoxy)ethane(BOBP-3)의 합성.

흰색 결정 1.9 g (85%). FT-IR (KBr pellet, cm^{-1}): 3086 (aromatic C-H), 2918, 2849 (aliphatic C-H). 1622 ($-\text{C}=\text{N}-$). $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , ppm): δ 0.88 (t, 6H, $-\text{CH}_3$), 1.23-1.55 (m, 20H, $-(\text{CH}_2)_5-$), 1.78 (m, 4H, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-$), 3.76 (s, 4H, $-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}-$), 3.89 (t, 4H, $-\text{OCH}_2-$), 4.03 (t, 4H, $-\text{OCH}_2-$), 4.16 (t, 4H, $-\text{OCH}_2-$), 6.92-6.96 (dd, 8H, Ar-H), 7.19 (d, 4H, Ar-H), 7.82 (d, 4H, Ar-H), 8.37 (s, 2H, $-\text{CH}=\text{N}-$).

Bis(2-(2-(4-(4-(octyloxy)benzylideneamino)phenoxy)ethoxy)ethyl)ether(BOBP-4)의 합성.

흰색 결정 2.2 g (89%). FT-IR (KBr pellet, cm^{-1}): 3086 (aromatic C-H), 2918, 2849 (aliphatic C-H). 1622 ($-\text{C}=\text{N}-$). $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , ppm): δ 0.88 (t, 6H, $-\text{CH}_3$), 1.23-1.55 (m, 20H, $-(\text{CH}_2)_5-$), 1.78 (m, 4H, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-$), 3.73 (m, 8H, $-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}-$, $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-$), 3.87 (t, 4H, $-\text{OCH}_2-$), 4.03 (t, 4H, $-\text{OCH}_2-$), 4.14 (t, 4H, $-\text{OCH}_2-$), 6.92-6.96 (dd, 8H, Ar-H), 7.19 (d, 4H, Ar-H), 7.82 (d, 4H, Ar-H), 8.37 (s, 2H, $-\text{CH}=\text{N}-$).

액정상의 편광 현미경 분석 및 상전이의 열역학적 분석

소량의 시료를 현미경 슬라이드에 취하고 덮개 유리를 덮은 후 Mettler FP-82 HT 가열판에 끼워 넣고, 공기 중에서 가열 및 냉각시키면서 광학구조 및 상전이를 관찰하였다. 관찰시 현미경의 배율은 100배였으며, 관찰한 액정상은 편광현

미경에 부착된 사진기로 사진을 찍었다. 상전이의 열역학적 분석은 TA instruments 사의 DSC 910S 열분석기를 이용하여, 질소기류 하에서 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 로 가열 또는 냉각시키면서 상전이 곡선을 얻었다. 온도 및 상전이 엔탈피 보정을 위하여 indium을 기준 물질로 사용하였으며, 열역학적 양은 peak의 면적으로부터 구하였고, 전이온도는 peak의 극대점을 취하였다.

결과 및 고찰

BOBP-n 화합물의 합성 및 구조 확인

최종 생성물인 BOBP-n($n=1,2,3,4$)의 합성은 Scheme 1에서 본 바와 같이 4단계로 행하여졌다. 올리고에틸렌옥사이드 유연 격자를 갖는 BOBP-n 화합물은 DA-n 중간체와 OBA 화합물을 무수에탄올 용액 속에서 축합반응을 이용하여 높은 수득율(85~90%)로 얻었다. 얻어진 BOBP-n 화합물들의 구조확인에는 FT-IR과 $^1\text{H-NMR}$ 스펙트럼으로 확인하였다. IR 데이터에서, 1680 cm^{-1} 에서 나타났던 aldehyde carbonyl stretching band와 3350 cm^{-1} 와 3300 cm^{-1} 근처에서 1차 아민 ($-\text{NH}_2$)에 기인한 band가 사라졌다. 또한 $^1\text{H-NMR}$ 데이터에서는, 9.86 ppm에서 singlet으로 나타났던 aldehyde proton peak가 사라지고, 이민 ($-\text{CH}=\text{N}-$) proton peak가 8.47 ppm 부근에서 나타났으며, 모든 peaks의 적분비가 일치하였다. 이와 같은 분광학적 데이터의 결과로부터 최종 생성물인 BOBP-n 화합물이 합성되었음을 확인할 수 있었다.

BOBP-n 화합물의 열적 특성 및 광학 구조

중간 유연격자를 바꾼 BOBP-n 화합물의 전체적인 열분석 도를 Fig. 1에 보여 주었고, Table 1에 열적 성질과 액정성을

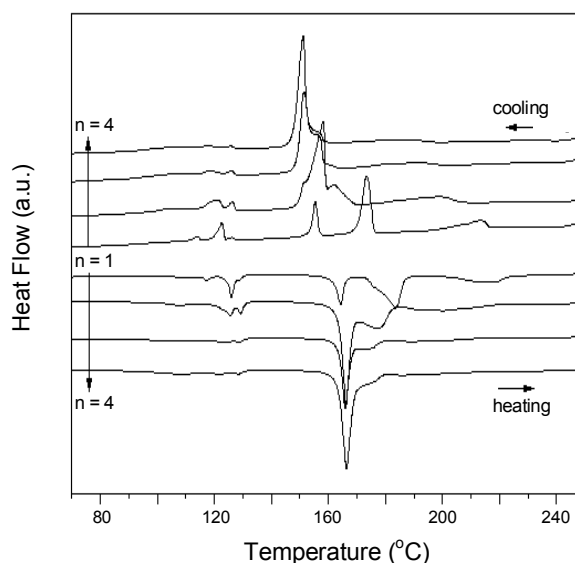


Fig. 1. Heating and cooling DSC thermograms of BOBP-n($10^\circ\text{C}/\text{min}$).

Table 1. Thermal transition behaviors and thermodynamic data for the phase transition of BOBP-n series

BOBP-n	Phase transition temperatures (°C) and associated enthalpy change (ΔH , J/g) ^a			
	heating		cooling	
	Cr	Sc	N	I
1	Cr184 (98.5)	-	N215 (20.5)	I
	Cr173 (96.6)	-	N214 (19.2)	I
2	Cr166 (81.5)	Sc177 (5.5)	N200 (9.5)	I
	Cr158 (80.1)	Sc162 (3.7)	N199 (8.7)	I
3	Cr166 (89.1)	7Sc174 (2.8)	N196 (8.9)	I
	Cr152 (86.1)	Sc156 (2.0)	N191 (8.4)	I
4	Cr165 (91.2)	Sc173 (1.8)	N191 (8.9)	I
	Cr151 (90.0)	Sc156 (1.5)	N187 (7.9)	I

^aCr = crystalline, Sc = smectic C, N = nematic, I = isotropic liquid states.

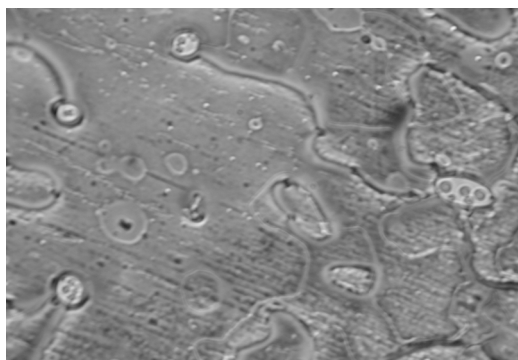


Fig. 2. Optical micrograph of BOBP-1 on cooling (10 °C/min, ×100); Nematic (195 °C).

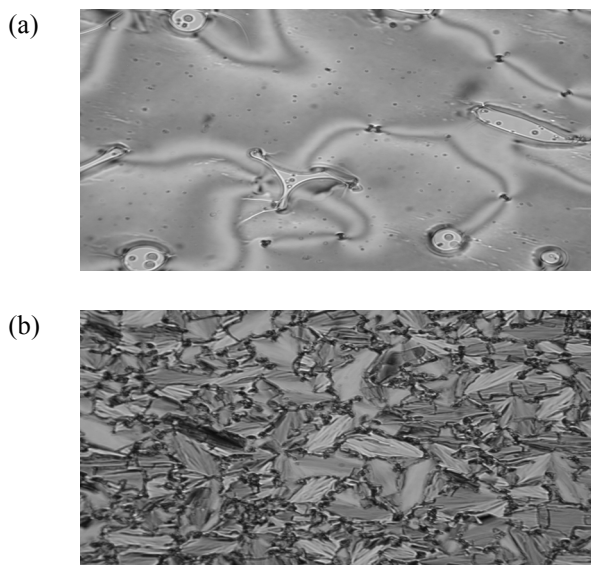


Fig. 3. Optical micrograph of BOBP-2 on cooling (10 °C/min, ×100); (a) Nematic (193 °C). (b) Smectic C (160 °C).

정리하여 나타내었다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 BOBP-1 화합물은 가열 시 184 °C에서 고체결정(Cr) → 네마틱 액정(N)으로의 흡열전이 피이크를 보여 주었고, 215 °C에서 네마틱 액정 → 등방성액체로의 흡열 피이크를 보여주었다. 냉각 시에도 214 °C에서 등방성액 → 네마틱 액정으로의 발열 피이크를, 173 °C에서 네마틱 액정 → 결정 상태로의 발열 피이크를 보여 주고 있으므로, 이들은 가열과 냉각 시에 액정상을 형성하는 양방성 액정임을 알 수 있었다. 또한 편광 현미경으로도 이를 확인할 수 있었으며, Fig. 2에 편광 현미경 사진을 보여 주었는데, 네마틱 액정 특유의 thread-like texture를 보여 주었다.¹⁵⁻¹⁶ 한편, 184 °C에서 보여 주는 결정고체 → 네마틱 전이의 커다란 흡열 피이크 앞에 작은 피이크가 165 °C, 128 °C, 123 °C 및 118 °C에서 보여 지는데, 이는 결정 → 결정전이에 해당하는 피이크이다. 이를 확인하기 위하여 1차 가열하고, 1차 냉각 후 다시 2차 가열을 하였는데, 165 °C, 128 °C, 123 °C 및 118 °C에서 나타나던 피이크가 약간 작아질 뿐, 또 다시 나타나는 것을 볼 수 있었다. 이러한 현상은 불완전한 결정화나 준안정화된 결정상태의 나타남에 기인하며, 비슷한 거동이 다른 유기 화합물에서도 자주 보여진다.⁵⁻¹⁰ BOBP-2 ~ BOBP-4 화합물들은 모두 같은 열전이 행동과 액정성을 보여 주었으므로, BOBP-2 화합물을 대표로 하여 이들의 특성 피이크와 액정상을 기술하였다. 가열 시 166 °C에서 보여주는 흡열 피이크는 고체결정 → 스멕틱C(Sc)로의 전이 피이크이고, 177 °C에서 보여주는 흡열 피이크는 Sc → 네마틱(N) 액정으로의 전이 피이크이며, 200 °C에서 보여주는 흡열 피이크는 N → 등방성액체(I)로의 전이 피이크이다. 냉각 시에도 199 °C에서 I → N으로, 162 °C에서 N → Sc로, 158 °C에서 Sc → Cr으로의 발열 피이크를 보여 주고 있으므로, 이들은 가열과 냉각 시에 액정상을 형성하는 양방성 액정임을 알 수 있었다. 또한 편광 현미경으로도 이를 확인할 수 있었으며, Fig. 3에 편광 현미경 사진을 보여 주었다. Fig. 3의 (a)는 네마틱 액정 특유의 schlieren texture를 보여 주고 있으며, (b)는 Sc 특유의 broken fan-shaped texture를 보여 주었다.¹⁵⁻¹⁷ Table 1에 주어진 상전이 온도들을 도식화하여 Fig. 4에 나타내었다. 중간 유연격자인

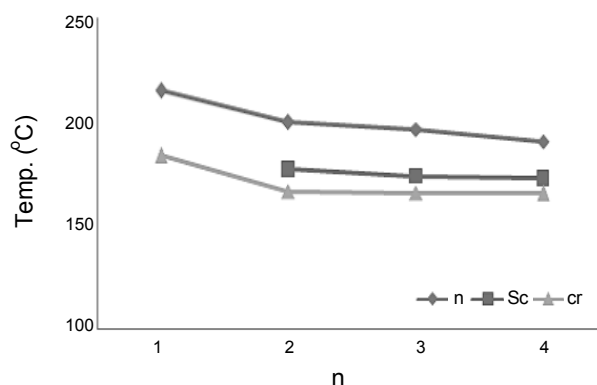


Fig. 4. Dependence of transition temperatures of BOBP-n on the length, n, of flexible spacer.

글리콜의 수(n)가 증가 할수록 상전이 온도들이 일률적으로 감소하였다. 일반적으로 중간 유연격자인 메틸렌 $-(CH_2)_n-$ 이나 옥시메틸렌 $-(O-(CH_2)_n-O-)$ 의 경우는 유연격자인 메틸렌기가 짝수, 홀수인가에 따라 지그-재그형으로 감소하는 짝수-홀수효과를 보여주었다.³⁻¹⁰ 그러나 본 연구에서 합성한 새로운 액정화합물의 경우는, 일반적인 짝수-홀수효과와 다르게 중간 유연격자의 수가 증가 할수록, 짝수, 홀수에 관계없이 일률적으로 전이온도가 감소하는 경향을 보이고 있는데, 이러한 현상은 메틸렌기 사이에 산소원자가 있음으로 인하여 짝수-홀수효과인 packing effect보다, 유연성을 더 좋게 하여 짝수, 홀수에 관계없이 상전이 온도를 감소시키는 것으로 사료되어 진다. 따라서, 이러한 현상을 더 확증하기 위하여 중간 유연격자, n, 을 5-10으로 증가시키고, 말단 치환기인 옥틸옥시기 $(-OC_8H_{17})$ 를 메톡시기 $(-OCH_3)$ 에서 데실옥시기 $(-OC_{10}H_{21})$ 까지 변형시킨 새로운 액정화합물을 더 합성하여, 중간 유연격자의 길이와 말단 치환기의 길이 변화에 따른 분자구조와 액정성간의 상관관계를 더 깊이 살펴 보기 위하여, 이들에 대한 연구는 계속 되어지고 있다. 이들 화합물은 비교적 고온상태에서 액정을 형성하였고, 액정 온도 범위가 넓어서 고온의 전자재료로서 사용이 가능하고, 용도 개발도 확대 가능하여, 기능성 전자 표시 재료로의 사용이 기대되고 있다.

이 논문은 2008년도 호서대학교의 재원으로 학술 연구비 지원을 받아 수행된 연구임(20080443).

REFERENCES

- Jin, S.-H.; Choi, H.-J.; Hong, S.-K.; Gal, Y.-S. *Poly. Sci. & Tech.* **2001**, 12(3), 377.
- Collings, P. J. *Liquid Crystals*, Princeton University Press, Princeton and Oxford, 2002.
- Demus, D.; Goodby, J.; Gray, G. W.; Spiess, H.-W.; Vill, V. *Handbook of Liquid Crystals*. Wiley-VCH, Weinheim, Vol. 1. 1988.
- Demus, D.; Zashcke, H. *Flussige Kristalle in Tabellen II*, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1984.
- So, B.-K.; Lee, S.-M.; Choi, O.-B.; Lee, H. M.; Lee, J.-Y.; Kim, S.-J.; Cha, E.-H.; Kim, R.-H.; Park, J.-H. *Bull. Korean Chem. Soc.* **2009**, 30, 7.
- Park, J.-H.; Choi, O.-B.; Lee, H. M.; Lee, Y.-S.; Cha, E.-H.; Kim, K.-W.; Kim, S.-J.; Lee, C.-J.; So, B.-K.; Lee, S.-M.; Yeon, Y. H. *J. Korean Chem. Soc.* **2008**, 52(5), 583.
- Choi, O.-B.; Park, J.-H.; Lee, Y.-S.; Lee, H. M.; Kim, K.-H.; Lee, E.-K.; Ko, K.-K.; Lee, E.-S.; So, B.-K.; Lee, C.-J.; Lee, S.-M. *Korean Chem. Eng. Res.* **2007**, 45(2), 155.
- So, B.-K.; Kim, W.-J.; Lee, S.-M.; Jang, M.-C.; Song, H.-H.; Park, J.-H. *Dyes and Pigments* **2007**, 75, 619.
- So, B.-K.; Kim, H.-J.; Lee, S.-M.; Song, H.-H.; Park, J.-H. *Dyes and Pigments* **2006**, 70, 38.
- Park, J.-H.; Lee, H.-M.; Choi, O.-B.; Lee, Y.-S.; Ko, K.-K.; Lee, E.-S.; Song, J.-H.; Kim, K.-H.; Lee, E.-K.; Lee, C.-J.; So, B.-K.; Lee, S.-M. *J. Korean Chem. Soc.* **2006**, 50(3), 263.
- Armarego, W. L. F.; Peron, D. D. *Purification of Laboratory Chemicals*, 4th Ed.; Butterworth-Heinemann, Oxford, 1996.
- Brand, H. R.; Cladis, P. E. *J. De Phys. Lett.* **1984**, 45, 127.
- Terashima, K.; Ichihashi, M.; Kituta, M.; Furukawa, K.; Inukai, T. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **1986**, 141, 237.
- So, B.-K. Ph. D. Thesis. Hannam University, Daejeon, Korea, 2001.
- Demus, D.; Richter, L. *Textures of Liquid Crystals*, Verlag Chemie, Weinheim, New York, 1978.
- Dierking, I. *Textures of Liquid Crystals*, Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2003.
- Gray, G. W.; Goodby, J. W. G. *Smectic Liquid Crystals - Textures and Structures*, Leonard Hill, Glasgow and London, 1984.