

Pentylcyanobiphenyl 액정 물질의 유전분산특성

The properties on the dispersion of Pentylcyanobiphenyl Liquid Crystal.

안준호*, 정동희*, 김경환**, 김귀열***, 김명호****, 최명규****, 이원재****, 김태원****

Jun-Ho An*, Dong-Hoe Jeong*, Kyung-Hwan Kim**, Gui-Yeol Kim***, Myong-Ho Kim****
Myung-Kyue Choi****, Won-Jae Lee****, Tae-Wan Kim****

Abstract

펜틸시아노비페놀(PCB) 액정셀은 저주파 영역에서 유전율이 대단히 크게 나타나는 현상이 보인다. 그 원인은 액정셀 내의 불순물 이온의 거동이라고 생각된다. 액정셀 내에 존재하는 불순물 이온의 거동을 관찰하기 위하여 PCB 액정셀의 유전 분산특성을 측정하여 온도의존성, 막 두께 의존성, 직류전압 의존성등을 측정하였다.

key words : PCB, dielectricity, cole-cole plot

1. 서론

액정은 19세기 이래 많은 연구자들에 의해 연구되어 왔으며, 다양한 응용분야중 디스플레이 소자는 저전압 구동성이나 박형·경량이라는 액정의 이점을 최대한 이용하고 있다.

액정 디스플레이에서 현재 active 매트릭스 방식이 많이 이용되고 있으며, 각각의 화소에 스위칭 소자에 의하여 구동된다. 많은 유기재료에서 그 불순물 이온이 원인이라고 생각되는 저주파 영역에서 유전율이 매우 큰 현상이 보이고 있다. 본 연구에서는 불순물 이온이 포함된 펜틸시아노비페닐(PCB : 상온에서 네마틱 액정)의 유전분산의 주파수특성을 알아보았다.

2. 측정

시료로 이용된 PCB의 분자 구조는 그림 1에 나타내었으며, 상온에서는 네마틱 결정성을 갖고 있으며, 친수성의 시아노기와 소수성의 알킬기를 양단에 갖고 있다. 또한 2개의 벤젠링을 주축으로 하여, 전체적으로는 dipole이 되며, 분자 길이는 약 22 Å이다. 이러한 액정 분자로서 막 두께를 각각 4, 8, 15 μm의 것을 소자로서 준비하였다.

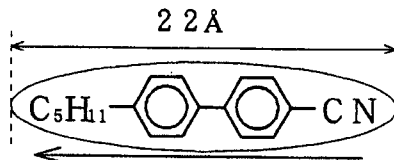


그림 1. PCB의 분자 구조

* 광운대학교 전기공학과

** 경원대학교 전기정보공학과

*** 한국기술교육대학교

**** 경원전문대, 건축설비과, 전자정보과, 전기시스템과

***** 홍익대학교 물리학과

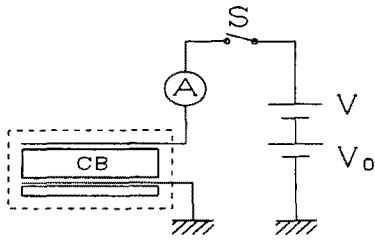


그림2. 측정회로

3. 측정 및 결과

PCB 액정셀을 그림 2와 같이 측정회로에 접속하여 실험하였다.

그리고, 막 두께 8 μm 의 셀을 $10^2 \sim 10^5$ Hz 고주파 영역에서 유전분산의 온도 의존성을 측정하고, 5CB의 네마틱 상으로부터 등방상(等方相)의 유리전이점(相轉移點)을 측정한다. 또한 $10^{-5} \sim 10^{-2}$ 의 저주파 영역에서의 유전분산을 측정한다. 온도를 25 $^{\circ}\text{C}$ 로 일정하게 하고, 저주파 영역에서 막 두께 의존성을 보기 위하여 4, 15 μm 의 액정셀에 대해서도 측정하였다. 이때, 액정셀에 인가된 전계는 막 두께에 관계없이 2.5×10^4 V/m로 하였다. 한편, 온도 의존성을 알아보기 위하여, 40 $^{\circ}\text{C}$ 에서도 3가지의 막 두께 액정셀에 대해서도 실험하였다.

그리고, 전계 의존성을 알아보기 위하여 인가된 직류전압을 100 mV, 200 mV, 300mV로 전압을 변화시켜 저주파 유전특성을 측정하였다.

고주파 영역에서의 측정은 임피던스 애널라이저를 이용하였고, 저주파 영역에서의 측정은 흡수전류 측정으로부터 유전율을 계산하였다.

3. 주파수특성 측정결과 및 검토

3-1. 유리전이 온도 관측

막 두께 8 μm 셀의 고주파 영역에서 유전 분산의 온도 의존성을 그림 3과 그림 4에 나타내었다. 그림 4는 그림 3의 유전율 ϵ' 을 확대한 것이며, 10^4 Hz 보다 고주파 쪽은 측정 회로의 회로 정수에 의해 유전율이 감소하고 있다. 반대로

10^4 Hz 보다 저주파 쪽은 유전율 ϵ' 은 측정 온

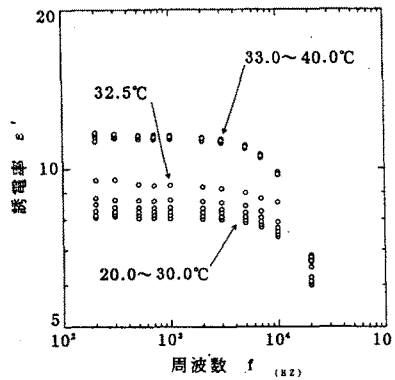


그림3. 막두께 8 μm 액정셀의 유전율 온도 의존성

도의 범위에서 2개의 상태가 존재하는 것이 보인다. 이것은 네마틱상태로부터 등방상으로의 변화에 의한 것 같으며, 그 유리 전이점의 온도

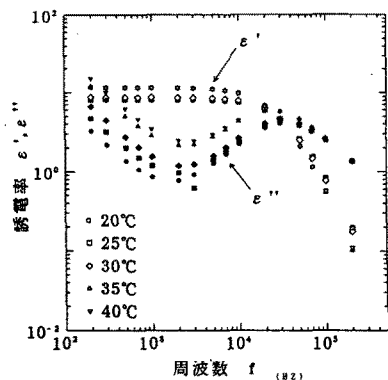


그림4. 막두께 8 μm 액정셀의 유리전이 온도 관찰

는 그림 4로부터 약 32.5 $^{\circ}\text{C}$ 로 관측된다. 이 온도는 측정 오차가 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 인 것을 고려하면 다른 연구자의 34 $^{\circ}\text{C}$ 와 거의 일치하고 있다고 본다. 또한, 막 두께 의존성은 그림의 설정 온도 25 $^{\circ}\text{C}$, 40 $^{\circ}\text{C}$ 는 상전이 온도로서 위·아래를 고려하여 결정하였다.

3-2. 온도 의존성

막두께 8 μm 액정셀의 저주파 영역에서의 온도 특성을 그림 5 와 그림 6에 나타내었다. 유전율 ϵ' 은 거의 변화가 보이지 않으나, 유전율 ϵ'' 은 온도가 상승함에 따라 그 피크 위치가 고주파 쪽으로 이동함을 알 수가 있었다. 20 $^{\circ}\text{C}$ ~ 40 $^{\circ}\text{C}$ 사이를 절대온도 2.5 K 간격으로 측정하여, 온도 T 와 유전율 ϵ'' 의 피크 위치와의 관계를 아레니우스 플롯한 것이 그림 7 이 된다. 상전이점 상·하에서 두 개의 직선으로 됨을 알 수 있었고, 유전율 자체의 크기 변화는 없었다.

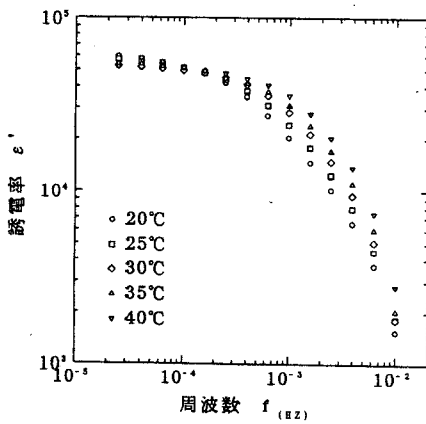


그림5. 유전율 ϵ'' 의 온도특성(8 μm 액정셀)

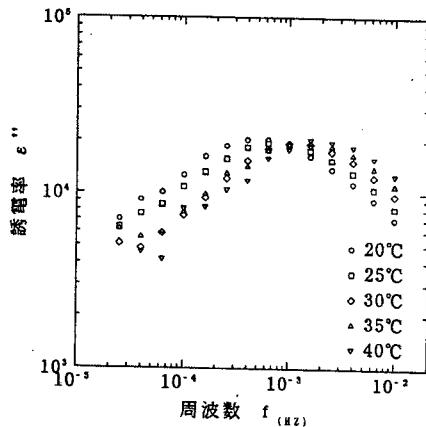


그림6. 유전율 ϵ' 의 온도특성(8 μm 액정셀)

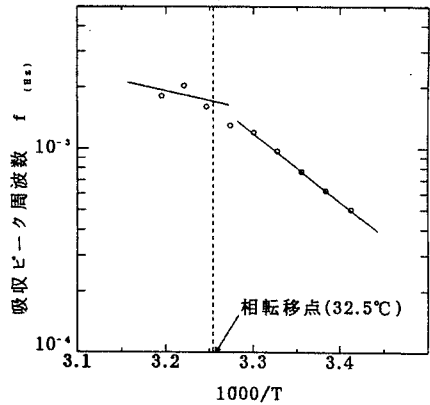


그림7. 유리전이온도 상하에서의 아레니우스 플롯

3-3. 막두께 의존성

막두께 4, 8, 15 μm 액정셀의 각각에 대해서 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서부터 40 $^{\circ}\text{C}$ 까지의 유전 분산 측정을 한 결과를 그림 8, 그림 9, 그림 10에 나타내었다. 그림 10은 피크 위치를 보기 쉽게 하기 위하여 그림 9의 종축을 로그눈금에서 일반눈금으로 한 것이다. 그 결과로부터 유전율 ϵ' 및 ϵ'' 은 막 두께 거의 비례한 값을 갖고 있고 흡수 피크는 막 두께에 의존하지 않음을 알 수 있다.

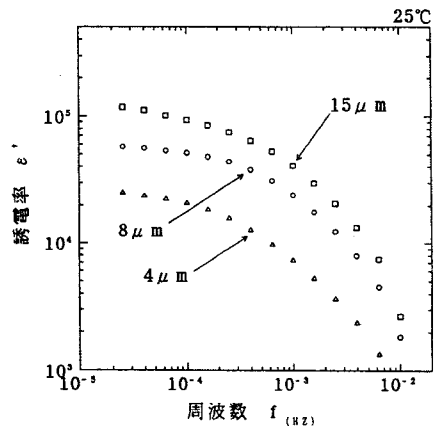


그림 8 유전율 ϵ'' 의 막두께 의존성

제 6 회 일렉트렛트 및 응용기술 연구회

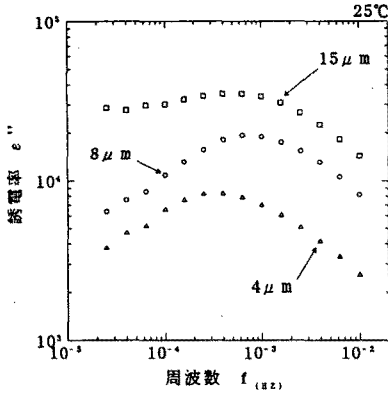


그림 9 유전율ε''의 막두께 의존성

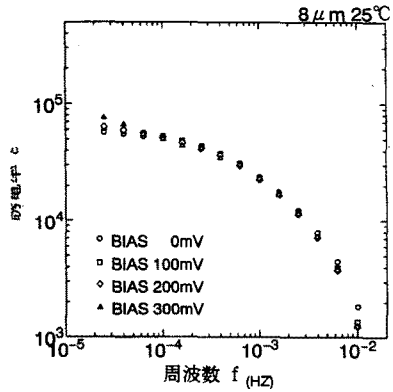


그림 11. 유전율ε''의 전압 의존성

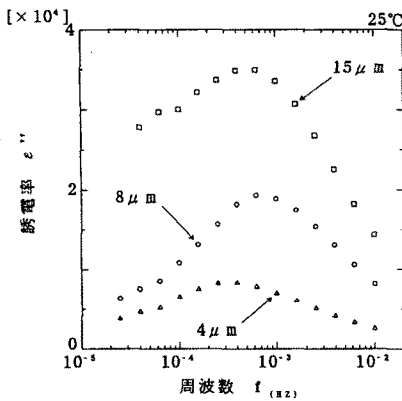


그림 10. 유전율ε''의 막두께 의존성

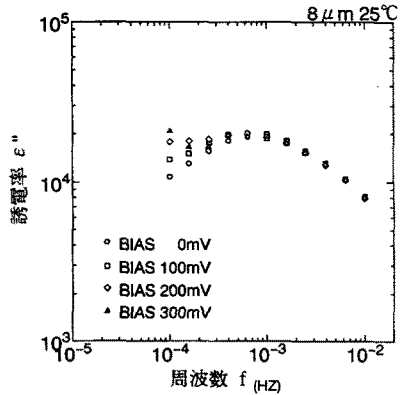


그림 12. 유전율ε''의 전압 의존성

3-4. 전압 의존성

막 두께 8 μm 액정 셀에서의 인가 전압의 의존성을 그림 12 와 그림 13 에 나타냈다. 이 측정은 직류 전압을 인가하고 있으면서 흡수전류를 측정을 하기 때문에 전류값이 크게되어, 측정 결과로부터 산출된 유전율 값이 약간의 오차가 있을 수도 있다. 그림을 보면 알 수 있듯이 0 ~ 300 mV 사이에서는 주파수에 따른 유전율 변화는 그다지 변화됨을 볼 수가 없었다.

3-5. 결과 고찰

1) 온도와 주파수 피크

한편 그림 5과 그림 6 을 보면 ε' 는 큰 변화는

보이지 않지만, ε'' 는 온도가 상승함에 따라 피크의 위치가 고온측으로 이동함을 알 수가 있다. 이론적인 계산에서는 흡수 피크 주파수를 f_D 로 하면

$$f_D \propto \exp\left(-\frac{W}{kT}\right) \quad \text{----- (1)}$$

이며, f_D 와 온도는 지수함수적인 반비례이므로 실험결과와 잘 일치한다.

2) 활성화에너지

또한, 아레니우스 플롯한 결과가 그림 7 인데, 여기서 활성화 에너지를 구하면 네마틱 상태에서의 활성화 에너지는 0.67 eV, 등방상의 활

성화 에너지는 0.29 eV 로 계산된다.

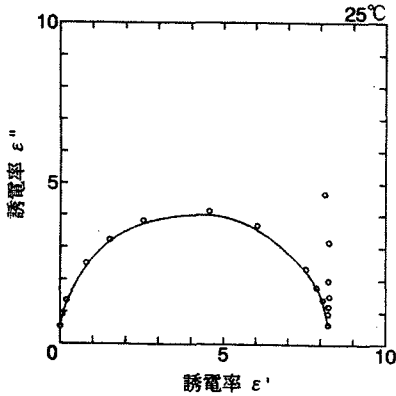


그림 13. cole-cole 플롯

3) cole-cole 플롯

그림3, 그림 4와 그림 7에 의해 추정된 PCB 액정셀의 유리전이 온도는 그림 약 32.5 °C 이다. 8μm 의 유전 분산 특성을 25 °C에서 측정 한 것을 cole-cole 플롯한 것이 그림 13 에 나타냈다. 거의 원주상에 놓여 있는 것으로 볼 때, 이 완화는 데바이 형 완화로 보여진다.

4)유전 분산의 막 두께 의존성

그림8, 그림9를 보면 유전율의 크기는 ε' · ε'' 와 더불어 막 두께에 따라 고주파쪽으로 이동하고 있다. 그러나, 이것은 $f_p \propto \frac{1}{d^2}$ 이 라는 이론식에 비교하면 반대의 결과가 나온다. 40 °C 의 결과에서도 같은 현상이 나타나고 있다. 이러한 모순은 이온이 막두께에 비례하여 이동거리가 증가한다는 가정을 할 수도 있는데, 이 가정 하에서 막두께에 비례하여 분극량이 증대하여 그 결과 유전율이 증가한다고 판단 할 수 있다. 이 부분에 대해서는 더욱 연구가 필요하리라 생각된다.

4. 결론

Pentylcyanobiphenyl 액정 물질의 유전분산

특성을 연구한 결과

- PCB 액정 물질의 유리전이온도는 약 32.5 °C 이며
- 활성화 에너지는 유리전이 온도 상, 하에서 약 0.29 eV, 0.67eV 이었다.
- 유전율 ε' , ε'' 는 막두께에 비례하여 크게 되지만, 흡수피크로 보여지는 주파수는 막두께에 의존하지 않는다.
- 인가(바이어스) 전압을 변화시켜도 유전율은 변화하지 않았다.

는 것을 알았다.

참고문헌

- [1] 岩本光正 外, “有機 일렉트로닉스”, 培風館, 1993
- [2] 横山佳尙 外, “불순물 이온을 포함한 네마틱 액정의 유전특성” 大板 府立大, 1993
- [3] 佐藤 進 “액정과 그 응용” 産業圖書, 1984
- [4] M.Kuzma et al “Dielectric Response of Ionically Conducting Liquids in the Low-frequency Region” IEEE Trans. on Dielectrics & Elec. Insulation, Vol.8, No. 3, 2001
- [5] A. B. Szymariski, “The Model of space charge polarization in mesomorphic liquid”, Research Report no 1, edited NIBRELF Rzeszow, pp. 1-13, 1997