

반강유전성 액정에서의 스위칭 특성.

Field-induced Switching Characteristics in an Antiferroelectric LCD.

박원상, 이기동, 윤태훈, 김재창
부산대학교 전자공학과
pws@hyowon.cc.pusan.ac.kr

I. 서론.

반강유전성액정 디스플레이(Antiferroelectric Liquid Crystal Display:AFLCD)는 기본적으로 반강유전성액정(AFLC)의 subphase인 ferroelectric phase(SmC^*)와 antiferroelectric phase(SmC^*_A)간의 상전이를 이용한다. 하지만 AFLC는 이 두가지 subphase 이외에도 ferroelectric phase($Sm^*\gamma$)등 다른 준 안정상태의 subphase를 가지므로 실제 디스플레이 응용에서 응답속도, 콘트라스트, 구동전압 등의 특성에 큰 영향을 끼친다. 이러한 AFLC의 subphase는 액정분자가 갖는 자발분극들간의 상호작용에 의한 것이다.^{(1),(3)} 본 연구에서는 인가전기장에 대한 자발분극의 스위칭 특성을 조사하여 스위칭 거동이 안정될 수 있는 조건을 에너지 관점에서 고찰하였으며, 광 스위칭 특성과의 비교하였다.

II. 실험방법.

실험에서 사용된 액정은 Chisso사의 CS-4001 AFLC를 사용하였으며, 배향제는 pretilt가 1° 인 RN1190을 사용하였으며, parallel 러빙을 하여 $1.9 \mu\text{m}$ cell을 제작하였다. 제작된 cell은 온도제어를 위해 Mettler에 장착시킨 후 전기적 특성과 광 특성을 동시에 볼 수 있도록 장치를 구성하였다. 자발분극은 Sawyer-Tower 회로법으로 임의 파형 발생기에서 삼각펄스를 인가시켜 전기장 의존성을 측정하였으며, 또한 스위칭전류를 측정하여 획득한 스위칭전하량을 이용한 방법으로도 동일한 측정을 하였다.

III. 실험결과 및 논의.

그림 1은 Sawyer-Tower circuit 방법을 이용하여 25°C 에서 주파수 따른 Polarization과 Electric field의 이력곡선을 나타내었다. 10 Hz에서는 반강유전성 이력곡선이 나타난 반면 100 Hz에서는 강유전성 이력곡선이 나타났다. 하지만 자발분극의 크기는 대부분의 주파수에 대해서 동일하므로 이력곡선의 형태와는 무관하게 자발분극을 구할 수 있다. 그림 2에서는 100 Hz에서 인가 전기장에 따른 이력곡선을 나타내었다. 인가 전기장이 $13.2 \text{ V}/\mu\text{m}$ 이상에서는 자발분극($58 \text{ nC}/\text{cm}^2$)이 유지되지만 미만에서는 급격하게 자발분극이 감소하였다. 이 인가 전기장에서의 자발분극을 측정함으로써 준 안정상($Sm^*\gamma$)에서 벗어날 수 있는 최소에너지밀도가 $P \times E \cong 47.9 \times 10^3 \text{ eV}/\mu\text{m}^3$ 임을 알 수 있다. 이 결과는 coupling constant(J_1, J_2)⁽⁴⁾와 비교해 볼 수 있는데, coupling constant를 구하기 위한 본 연구의 광 응답특성결과는 그림 3과 같다. 최근접 액정층간의 coupling constant, J_1 은 $256 \times 10^3 \text{ eV}/\mu\text{m}^3$, 제 2근접 액정층간의 coupling constant, J_2 는 $1.25 \times 10^3 \text{ eV}/\mu\text{m}^3$ 로 fitting되었다. 스위칭에 필요한 최소에너지는 최근접 층간 Interaction Energy의 이론 값보다 약 5배 작은 에너지로도 충분히 스위칭을 특성을 유지할 수 있는데 이것은 이론 전개 과정에서 층 내부 액정간의 interaction을 고려하지 않았기 때문이며, 또 zig-zag결함에 기인한 것으로 생각된다.

그림 4.(a)는 스위칭 전류를 측정하기 위한 입력 펄스의 파형이며, 그림 4.(b)는 대응하는 전류의 변화를 나타내었다. 순수 스위칭 전류는 아래 식에서 I_p 에 해당하며 자발분극은 $P = \int_0^t I_p dt$ 가 된다.

$$I = I_i + I_C + I_P = \frac{V}{R} + C \frac{dV}{dt} + \frac{dP}{dt}$$

이 방법에 의한 인가 전기장에 따른 스위칭 전류밀도는 그림 5와 같으며, 13.9 V/μm 이상에서는 스위칭 전류가 유지되지만 미만에서는 급격하게 감소한다. 이 결과로부터도 준 안정상(Sm*_γ)에서 벗어날 수 있는 최소에너지밀도를 구할 수 있는데 49.8×10³ eV/μm³로 Sawyer-Tower 회로법에 의한 최소에너지 밀도와 유사한 값을 얻을 수 있었다.

IV. 결론.

인가 전기장에 따른 자발분극의 변화를 측정하여 스위칭이 일어나기 위한 최소에너지를 구하였다. Sawyer-Tower 회로법과 스위칭 전류에 의한 방법 모두 약 50×10³ eV/μm³로 이것은 이론치 256×10³ eV/μm³에 비해 5배 정도 작은 값이었는데 이는 zig-zag결함 등에 기인한 것으로 보인다.

참고문헌

1. Manoru Yamashita, Jpn. J. Appl. Phys. 65, No 9, 2904 (1996)
2. Manoru Yamashita, Jpn. J. Appl. Phys. 66, No 1, 130 (1997)
3. N. J. Mottram and S. J. Elston, Liquid Crystal. 26, No 3, 457 (1999)
4. J. H. Kim, J. H. Lee and S. D. Lee, Mol. Cryst. Liq. Cryst, 302, 99 (1997)

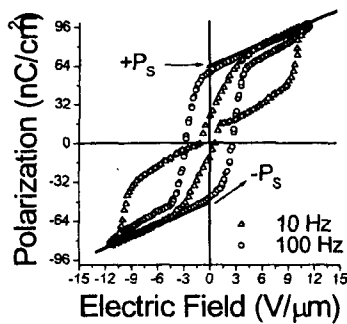


그림 1. Hysteresis loops under different frequency

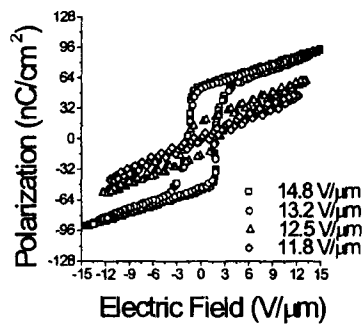


그림 2. Hysteresis loops under different electric field.

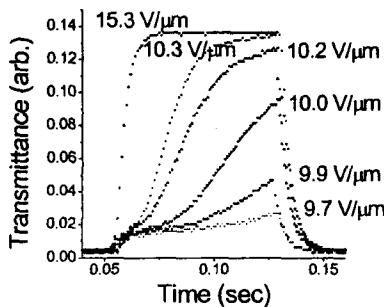


그림 3. Transmittance under different electric field.

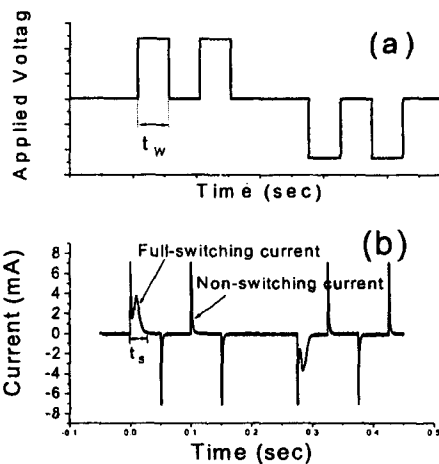


그림 4. (a) driving waveform. (b) switching current curve.

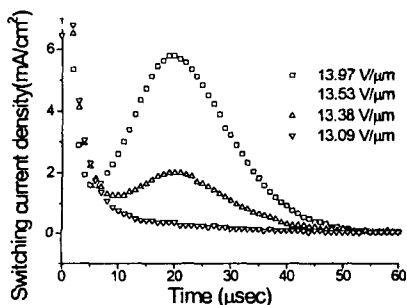


그림 5. switching current density under different electric field.

