

분광학적 방법을 사용한 TNLC 셀 갭의 측정

Cell Gap Measurement of a Twisted-Nematic Liquid Crystal Cell by Using a Spectroscopic Method

곽진석, 정동철, 전철규, 한관영, 윤태훈, 김재창
부산대학교 전자공학과
small3000@hanmail.net

최근, 액정 디스플레이 소자가 다양한 분야에서 폭 넓게 사용되고 있다. 이러한 액정 디스플레이 분야에서 높은 품질을 얻기 위한 기본적인 요구사항 중의 하나가 셀 갭의 조절이다. 액정 표시 소자의 광학적 특성이 셀 갭에 매우 큰 영향을 받으므로 액정 표시 소자의 제조에 있어 셀 갭이 가장 중요한 매개변수가 된다. 지금까지 발표된 몇 가지 측정 방법들을 살펴보면 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 분광학적인 방법[1]이고 다른 하나는 단일 파장[2,3]을 이용한 방법이다. Interferometric 방법[4]은 주로 비어있는 셀의 갭 측정에 사용되며 액정 물질이 채워진 셀 갭의 경우에는 광학 변수들이 복잡해져 부적합하다. 따라서 액정을 주입한 셀은 간단하게 측정할 수 있는 회전편광자법[5,6]을 주로 사용해왔다. 하지만 이 방법도 낮은 셀 갭의 경우에는 두께 측정이 불가능한 단점이 있다. 낮은 셀 갭에 적당한 측정 방법으로 위상보상법[7]이 있지만 측정 방법 자체가 쉽지 않고 반복적인 측정을 요구하므로 자동화의 측면에서 부적절하다.

본 논문에서 제안하는 방법은 분광학적인 방법의 일종으로, 주어진 편광자와 검광자 각에서 변곡점을 포함하는 투과 스펙트럼에 의해 셀 두께를 결정하는 새로운 방법이다. 이 방법은 낮은 셀 갭에서도 결과를 얻을 수 있다.

일반적으로 TN 셀에 있어 광 투과율은 d , Δn , ϕ , α , 그리고 γ 와 같은 변수를 사용하는 존스 매트릭스로 표현된다. 여기서 d 는 액정 셀의 두께, ϕ 는 꼬임각이며, Δn 은 액정 물질의 파장에 따른 복굴절률, α 와 γ 는 입력 디렉터의 방향을 기준으로 편광자와 검광자의 각이다. 그림 1은 그 구조를 나타내며 존스 매트릭스 방법을 사용한 투과율 T 를 계산하면 다음과 같이 주어진다.

$$T = [\cos \beta \cos(\psi - \gamma + \alpha) + \frac{\phi}{\beta} \sin \beta \sin(\psi - \gamma + \alpha)]^2 + \frac{\delta^2}{\beta^2} \sin^2 \beta \cos^2(\psi - \gamma - \alpha) \quad (1)$$

$$\text{여기서, } \delta = \frac{\pi d \Delta n}{\lambda}, \quad \beta^2 = \delta^2 + \phi^2 \quad (2)$$

회전편광자법에서는 셀 투과율이 최대나 최소가 되는 파장 λ 를 측정하여 셀 갭을 구할 수 있다. 그러나 셀 두께의 감소와 함께 투과율 곡선 자체가 넓게 퍼져 버리기 때문에 셀 갭이 약 3 μm 이하 일 경우에는 그 최대, 최소값이 가시광선 영역에 나타나지 않으므로 앞서 말한 바와 같이 낮은 셀 갭의 경우에는 회전편광자법으로 측정할 수가 없다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 이계 미분 방정식을 도입했다. 식 (1)은 파장 λ 에 대해 미분되어지며 그 최대, 최소점이 그림 (2)에서 보는 바와 같이 변곡점이 된다. 하지만 이 식은 매우 복잡한 형태를 가지기 때문에 해를 구하기가 쉽지 않다. 이계 미분 방정식을 간단히 하기 위해 편광자와 검광자가 다음과 같은 조건을 만족하도록 한다.

$$\alpha - \gamma + \phi = \pm n\pi, \quad \alpha + \gamma - \phi = \frac{\pi}{2} \pm m\pi \quad (m, n=0, 1, 2, 3, \dots) \quad (3)$$

여기서 $\frac{d^2 T}{d\lambda^2} = 0$ 를 구하면 다음 식과 같이 간단히 β 의 함수로 나타내어진다.

$$\cos^2 \beta - \sin^2 \beta - \left(\frac{1}{\beta} - \frac{2\beta}{\beta^2 - \phi^2} \right) \cos \beta \sin \beta = 0 \quad (4)$$

윗 식을 만족하는 β 의 값을 결정하고 변곡점이 되는 파장 λ 를 구한 후 이를 식 (2)에 대입하면 Δnd 를 구할 수 있다.

그림 3은 $\phi = 90^\circ$ 에서 식 (4)를 만족하는 β 의 값들을 나타내며 그 값은 각각 2.655, 4.077, 5.597이다. 그림 4는 400-800 nm의 범위에서 식 (2)의 해의 범위를 나타낸다. 이처럼 새로운 방법은 투과 스펙트럼의 영점 대신 변곡점을 이용하기 때문에 회전편광자법보다 더 넓은 범위의 해를 가짐을 알 수 있다.

References

- [1] S. T. Tang and H. S. Kwok, SID Symp. Digest 29, 552(1998).
- [2] Y. Zhou, Z. He, and S. Sato, Jpn. J. Appl. Phys, Part1 36, 2760(1997).
- [3] S. H. Lee, SID Symp. Digest 32, 666(2001).
- [4] K. H. Yang, J. Appl. Phys. 64, 4780(1988).
- [5] Otsuka Publication, Multi-Channel Retardation Measuring System: Rets-2000.
- [6] S. T. Tang and H. S. Kwok, J. Appl. Phys. 89, 80(2001).
- [7] A. Lien and H. Takano, J. Appl. Phys. 69, 1304(1991).

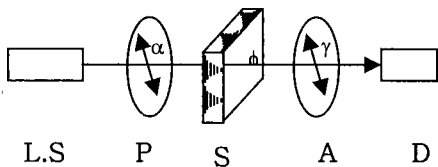


그림 1. Setup for LC cell gap measurement. L.S: the light source, P: the polarizer, S: LC cell sample, A: the analyzer, D: the detector.

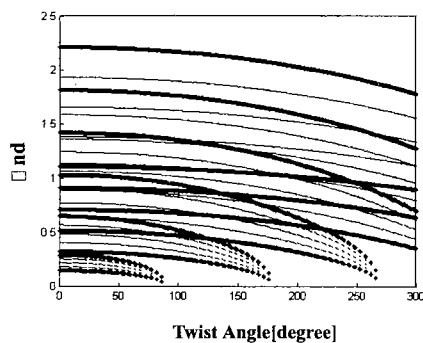


그림 4. Solution bands of Eq. (2).

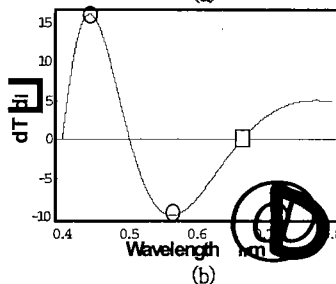
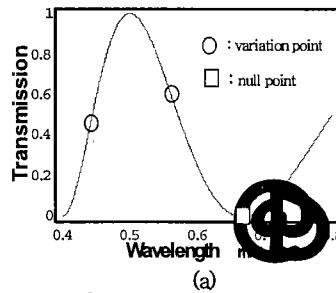


그림 2. (a) The transmission spectrum, $\Delta nd = 1 \mu m$, $\phi = 90^\circ$, and (b) derivative of (a).

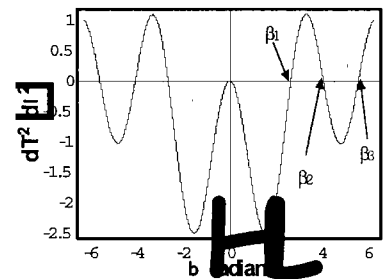


그림 3. Values of β at which $T''(\lambda)$ becomes null.

F E