

전기화학 임피던스 분광법을 이용한 이온이 혼합된 액정 광셔터의 광학 성능 열화 분석

Analysis of optical performance degradation in an ion-doped liquid crystal light shutter using electro-chemical impedance spectroscopy

서정호*, 허재원, 손호진, 윤태훈
부산대학교 전자공학과

We studied the long-term reliability issue in an ion-doped liquid crystal (LC) light shutter. To analyze optical performance degradation, we measured the haze and impedance spectroscopy. Based on the measurement of the optical and physical characteristics, we estimated that the optical performance degradation is caused by ionic materials.

액정 광셔터는 자동차, 건축, 외부활동, 또는 디스플레이에 적용하기 위한 기술로서 활발한 연구가 진행되고 있다. 액정을 이용하여 광셔터를 구현할 수 있는 기술 중에서, 이온이 혼합된 액정을 이용한 광셔터는 초기 투명상태, 우수한 차광상태, 간단한 스위칭 방법 그리고 간단한 전극구조를 가지는 장점이 있다 [1,2]. 하지만 우수한 광학 성능에도 불구하고 이온이 혼합된 액정 광셔터는 장기구동에서의 광학 성능이 저하되는 신뢰성 문제를 가지는 단점이 있다.

본 논문에서는 이온이 혼합된 액정을 이용한 광셔터의 장기 구동에 따른 광학 성능 열화 문제를 확인 및 분석하였다. 이온이 혼합된 액정을 이용한 광셔터를 제작하기 위하여 음의 유전율을 가지는 액정에 빛의 산란 및 흡수를 이용하고자 이온성 물질 및 이색성 검은색 염료를 혼합하여 액정 광셔터를 제작하였다.

그림 1은 제작된 액정 광셔터의 인가전압에 따른 haze 그래프와 측정영역을 나타내는 사진이다. 이색성 검은색 염료는 액정의 배열을 따라 정렬함으로써 수직배향막을 이용한 셀에서 초기에 투명상태를 나타낸다. 전압을 인가할 경우, 이색성 염료는 액정 분자의 배열에 따라 두 기판에 평행하게 정렬되어 빛의 흡수가 발생하며, 이온성 물질에 의한 전기역학적 불안전성으로 인한 난류가 발생하여 높은 haze를 나타나게 된다. 하지만 구동 시간이 증가하면 액정 셀의 사진에서 확인할 수 있듯이, 밝은 영역과 어두운 영역으로 나뉘는 것을 확인할 수 있다. 그림 1(a)에서 볼 수 있듯이, 열화된 이온이 혼합된 액정 셀의 어두운 부분에서 측정된 haze 값은 최고 98.2 %로 시간에 따른 큰 변화가 없다. 하지만 그림 1(b)에서 볼 수 있듯이, 밝은 영역에서 측정된 haze 값은 최초에 97.9 %였으며 60 V의 전압을 20시간 동안 인가하였을 때 91.9 %까지 감소하였다.

이러한 광학 성능 열화 문제를 분석하기 위하여 전기화학 임피던스 분광법을 이용하여 액정 셀의 특성 변화를 측정하였다. 전기화학 임피던스 분광법은 액정 내부의 물리적인 특성을 임피던스 스펙트럼을 통하여 측정 및 분석하는 방법이다 [3,4]. 그림 2는 제작한 액정 셀의 임피던스 스펙트럼 및 액정 셀의 커패시턴스 스펙트럼이다. 그림 2(a)에서 확인할 수 있듯이, 이온이 혼합된 액정 광셔터는 낮은 임피던스 값을 가지며 구동 시간이 증가함에 따라 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는, 액정 벌크영역에서 전하를 이동시키는 이온의 양이 감소함으로 발생한다. 이는 그림 2(b)에서의 액정 셀의 커패시턴스 스펙트럼을 통하여 확인할 수 있다. 높은 주파수 영역에서는 인가된 전계의 극성이 이온의 움직임보다 더 빠르게 바뀔므로 전극 근처에서 공간 전하를 형성하지 못한다. 반대로, 낮은 주파수 영역에서는 이온에 의한 공간 전하가 전극 근처에서 형성된다. 이로 인하여 액정 셀의 커패시턴스는 증가하게 된다. 하지만, 액정 벌크영역에서의 이온의 개수가 감소하면,

낮은 주파수 영역에서 전극 근처에서 공간 전하가 형성되기 힘들어짐으로 시간이 지남에 따라 커패시턴스가 감소한다. 전기화학 임피던스 스펙트럼 측정을 통하여 액정 벌크영역에서의 이온의 감소로 인하여 광학 성능이 저하되는 것을 확인하였다.

본 논문에서는 이온이 혼합된 액정 광서터에서 장기구동 시에 발생하는 광학 성능 열화현상에 대하여 확인 및 분석하였다. 제작된 광서터의 광학 성능의 저하는 액정 내의 이온에 의하여 발생하는 것을 확인하였으며 이러한 측정 및 분석을 기반을 토대로 우수한 장기구동 신뢰성을 가지는 광서터를 설계할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

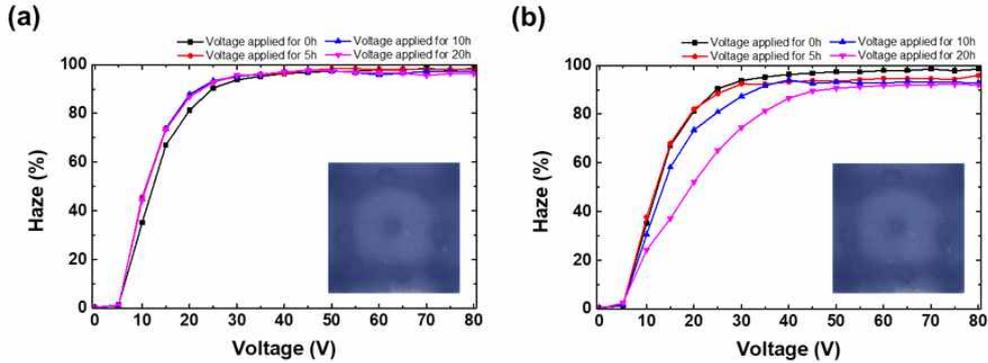


그림 1. 제작된 액정 광서터의 구동 시간에 따른 (a) 밝은 영역과 (b) 어두운 영역에서의 haze 그래프 및 사진.

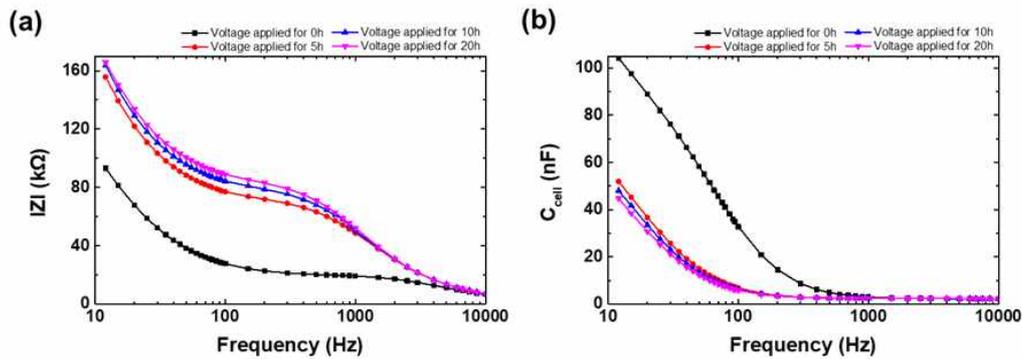


그림 2. 제작된 액정 광서터의 구동 시간에 따른 (a) 임피던스 스펙트럼 및 (b) 커패시턴스 스펙트럼.

사사

This work was supported by National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIP) (No. 2017R1A2A1A05001067)

참고 문헌

[1] J.-W. Huh, J.-H. Kim, S.-W. Oh, S.-M. Ji, and T.-H. Yoon, *Dyes Pigments*, **150**, 16 (2018).
 [2] J.-W. Huh, J.-H. Seo, S.-W. Oh, S.-H. Kim, and T.-H. Yoon, *J. Mol. Liq.* **281**, 81 (2019).
 [3] A. L. Alexe-Ionescu, G. Barbero, and I. Lelidis, *Phys. Rev. E* **80**, 061203 (2009).
 [4] M. Urbanski and J. P. F. Lagerwall, *J. Mater. Chem. C* **4**(16), 3485 (2016).