

고분자분산 액정(HPDLC)의 전기장 특성 조사

Electric field Properties in a
Holographic Polymer-dispersed Liquid Crystal(HPDLC)

°최병철, 성기영, 경천수, 이영락, 곽종훈, 최옥식

영남대학교 물리학과

bene88@physics.yeungnam.ac.kr

1. 서론

홀로그래프를 기록하는 기록매질의 대표적인 것으로, 현재 가장 널리 사용되는 매질로는 고분자를 이용한 포토폴리머와 광굴절결정(photorefractive crystals)을 들 수 있다. 포토폴리머는 높은 회절효율과 간단한 제조공정, 그리고 처리과정이 다른 기록매질들과 비교하여 단순하다는 장점을 가지고 있으나 한번 기록하게 되면, 전폴리머(prepolymer)의 폴리머화가 이루어져 굴절을 변조를 일으킬 수 없기 때문에 기록된 홀로그래프를 지울 방법이 없다는 단점이 있다. 이런 단점을 극복하기 위해 최근 네마틱 액정을 첨가하여 굴절을 변조를 조절하려는 시도가 이루어지고 있다. 광굴절 결정의 경우 홀로그래프를 기록한 후 한 빔을 가림으로 해서 기록된 홀로그래프 격자(grating)를 지울 수 있는 특징이 있어 홀로그래픽 메모리 분야로의 많은 발전이 기대되는 매질이나, 가격이 상당히 비싼 단점이 있다.

이러한 포토폴리머 및 광굴절결정 각각의 장점을 살려 이를 대체하기 위한 매질로 폴리머와 고체 및 액체의 성질을 동시에 가진 액정을 이용하려는 시도가 최근 대두되고 있는데, 대표적인 것이 HPDLC(holographic polymer dispersed liquid crystals)이다. 이것은 폴리머와 액정의 주기적인 배열을 형성하여 외부의 전기장에 의해 폴리머 사이에 들어있는 액정의 비등방적 광학특성을 이용한 것으로, n_e (extraordinary refractive index)와 n_o (ordinary refractive index)라는 두 가지의 굴절율을 가지고 있는 액정의 방향의존성 때문에 외부에서 전기장을 인가하여 줌에 따라서 입사된 빛의 굴절율에 변화가 일어나는 것을 이용하는 것이다.

이와 같은 원리의 시도는 PDLC(polymer dispersed liquid crystals)에서 찾아볼 수 있는데, 이것은 전기장이 인가되지 않을 때는 액정과 폴리머의 굴절율 차이로 인한 산란으로 뿌옇게 보이며 전기장이 인가되면, 액정과 폴리머의 굴절율이 거의 비슷하게 되어 투명한 상태로 변하게 된다.⁽¹⁾ 이를 응용한 것으로 투과도 조절창(switchable window)⁽²⁾과 셔터(shutter)가 대표적인 것이다.

본 연구에서는 HPDLC를 제작하고, 제작된 HPDLC의 전기장의 세기에 따른 회절효율 특성과 회절효율의 주파수 특성에 대해 조사하였다.

2. 실험 및 결과

폴리머와 액정을 상분리시키는 방법에는 열에 의한 상분리방법(TIPS), 증발에 의한 상분리방법(SIPS), 빛에 의한 상분리 방법(PIPS) 등이 있는데, 이중 빛에 의한 상분리 방법이 가장 간편하고 편리하기 때문에 현재 가장 널리 이용되는 방법이다. 이 방법의 장점은 단일과정(single-step)으로 droplet의 크기 및 형태, 폴리머와 LC의 폭을 조절할 수 있다.

빛에 의한 상분리 방법으로 HPDLC를 제작하기 위해 전폴리머(prepolymer)와 액정을 일정한 비율로 섞은 용액을 ITO판에 넣고 빔나누개(beam splitter)로 나뉜 레이저 광을 조사하면, 주기적인 간섭무늬의 밝은 부분에 있는 전폴리머는 폴리머가 되어, 폴리머와 섞이지 않는 액정과는 상분리가 일어나 갈라지게 된다. 결국 폴리머와 액정(+전폴리머)이 격자의 밝고 어두운 부분을 형성하게 되는데, 폴리머의 경우 외부에서 어떤 요인을 주어 조절하기가 쉽지 않으나 액정의 경우 전기장을 인가하게 되면 쉽게 조절이 가능하므로, 이렇게 형성된 격자는 영구적이 아닌, 전기장으로 조절이 가능한 격자가 되는 것이다.⁽³⁾

본 실험에 사용된 폴리머의 구성성분은 모너머(monomer)로 dipentaerythrol hydroxy pentaacrylate(DPHPA), cross-linking monomer로 N-vinylpyrrolidone(NVP), 광반응초기화제 색소(photoinitiator dye)로서는 Rose Bengal(RB)를 이용하여 전폴리머를 제작하였고, 여기에 굴절을 비등방성이 큰 액정인 E7을 첨가하여 HPDLC 구성요소를 준비하였다. 이와같이 준비된 혼합물을 실온, 암실상태에서 교반기(stirrer)를 이용하여 균일한 혼합물이 되도록 잘 저어 준비하였다. 준비된 HPDLC 구성요소를 이용하여 홀로그램 기록 매질을 구성하기 위해 ITO(indium-tin oxide)가 코팅된 유리 glass사이에 모세관 현상을 이용하여 균일하게 분포시켰고, 원하는 매질의 두께(20 μm)를 조절하기 위하여 균일한 spacer를 이용하였다.

HPDLC를 제작하기 위해 사용된 레이저는 514 nm의 Ar-ion 레이저를 기록하는 광원으로 사용하였으며, 측정하는 광원은 633 nm의 He-Ne 레이저를 사용하여 실시간으로 회절효율을 측정하였다. 이것은 본 연구에 사용한 HPDLC가 514 nm의 스펙트럼 영역에서는 흡수가 많고, 633 nm의 스펙트럼 영역에서는 흡수가 거의 없는 점을 이용한 것이다. 측정광원이 브래그 조건(Bragg condition)을 만족시키기 위하여 기록광의 입사각 (2θ)을 40° 로 두었으며, 기울기가 없는 격자(unslanted grating)를 형성하였다. 이때 두 입사광의 강도는 모두 10 mW/cm^2 로 하였다.

그림 1은 HPDLC의 외부 전기장에 따른 전형적인 회절효율 특성을 나타내고 있다. 전기장을 인가하지 않았을 때에는 높은 회절효율을 유지하다가 외부에서 전기장을 인가하여 주면 빠르게 회절효율이 감소함을 알 수 있다.

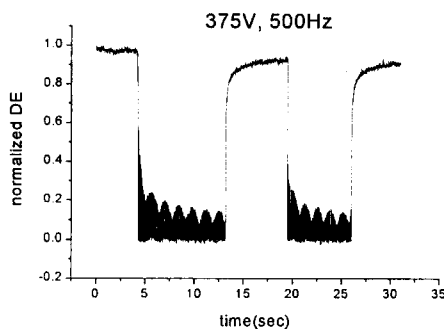


그림 1. 전기장에 따른 전형적인 회절효율 특성곡선

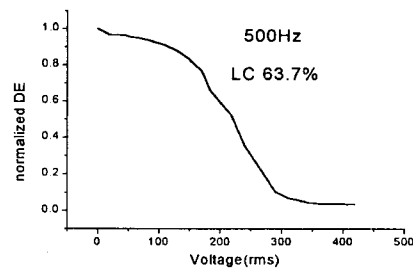


그림 2. 전기장의 세기에 따른 회절효율 특성곡선

그림 2는 HPDLC의 외부 전기장의 세기에 따른 회절효율 특성을 나타내고 있다. 전기장의 세기가 증가함에 따라 액정 방향자의 배열이 ITO가 발린 면에 수직한 방향으로 배열되므로 전기장의 세기가 증가할수록 회절효율은 감소하게 된다.

[1]. D. Coates, J. Mater. Chem, **5(12)**, 2063-2072 (1995).

[2]. Peter J. Collings, Liquid Crystals (1990).

[3]. J. Zhang, C. R. Carlen, S. Palmer, and M. B. Sponser, J. Am. Chem. Soc., **116**, 7055-7063 (1994).

