

Methylorange가 첨가된 MO/PVA 필름을 이용한 스칼라 홀로그램과 벡터 홀로그램의 회절효율

The Diffraction Efficiency of Scalar and Vector Holograms in a Methylorange-doped PVA Film

양혜리*, 이상조, 곽종훈
영남대학교 물리학과
h.r.yang@yumail.ac.kr

홀로그램(hologram)은 여러 광학 분야에 있어 매우 중요한 자리를 차지하고 있다. 이상적인 홀로그램 기록 매질은 감도와 분해능이 뛰어나고 감광영역의 파장대가 넓으며 회절효율이 높고 처리 방식이 간편해야 한다. 이런 이상적인 기록 매질 가운데 azo 계열(methylorange, methyred 등)의 색소가 첨가된 고분자 박막은 원하는 감광 영역의 파장을 선택할 수 있으며 편광의 선택성도 가지고 있어 진폭과 위상뿐만 아니라 하나의 차원을 더한 3+1(공간+편광)차원의 정보 기록이 가능하며 뛰어난 메모리 휘발성, 높은 환경적 안정성을 가지고 있으며 동적 반응 특성이 뛰어나기 때문에 1986년 Todorov 그룹^(1,2)이 azo계열 색소가 첨가된 고분자 박막의 광유도 비등방성^(3,4)에 관한 논문을 발표하였으며 Kakichashvili 그룹^(5,6)이 벡터 홀로그램에 관한 논문을 발표하였다. PVA 고분자에 azo 계열의 색소 중 methylorange가 첨가된 유기 박막은 레이저 광에 의한 trans↔cis 광이성질화(photoisomerization)에 의하여 비선형 광학 특성이 나타나게 되며 색소 자체의 비등방성에 의해서 이색성(dichroism)과 복굴절(birefringence)이 유도된다. Azo 색소 분자는 trans 상태나 cis 상태 중에서 하나의 상태로 존재하지만 에너지 준위가 낮은 trans 상태로 존재하게 되지만 그 자체로서는 비등방성을 가지고 있지만 고분자 박막 전체는 거시적으로 trans 상태의 합으로 인해 등방성을 갖게 된다. 그러나 trans 상태의 색소 분자는 입사된 레이저 광에 의해서 일부가 여기되어 벤젠고리가 회전하는데 이때 색소 분자는 cis 상태이다. Cis 상태는 여기 상태를 말하며 색소 분자들은 다시 안정적인 trans 상태로 돌아가려고 하지만 원래 방향의 trans 상태로 돌아오는 경우와 원래 방향과 다른 방향으로 돌아오는 trans 상태가 존재하게 된다. 즉 azo 색소에서는 광의 흡수 및 굴절률의 변화가 편광 방향에 따라 다르다.

본 논문에서는 azo 계열의 색소 중에서 methylorange가 첨가된 고분자 박막(MO/PVA film)을 색소의 농도에 차별화를 두어 제작하고 이 박막을 이용하여 기록광의 편광 방향에 따른 스칼라 홀로그램과 벡터 홀로그램의 회절효율 이론을 3준위의 에너지 준위에서 푸리에 급수전개(fourie expansion)와 stretched-exponential 함수를 이용하여 구하였다. 특히 홀로그램의 기록·소거 과정을 통하여 홀로그램의 형성 메커니즘 차이를 확인하고 측정값과 이론값을 비교, 분석함으로써 δn (최대 비선형 굴절률 변화)과 I_s (포화 강도)와 같은 물리적 변수를 얻을 수 있었으며 새롭게 도입한 stretched-exponential 함수에 대하여 분석하였다.

MO/PVA 필름은 Methylorange 농도에 따라 0.05wt%, 0.1wt%, 0.15wt%, 0.2wt%로 제작되었고 필름의 두께는 약 20 μ m이다. 스칼라 홀로그램의 회절효율을 측정하기 위하여 기록광은 488nm파장의 Ar-ion 레이저를 사용하였고 기록광은 편광방향이 같은 선편광으로 두고 기록·소거 과정의 회절효율을 633nm

과장의 He-Ne레이저를 사용하여 기록광의 세기에 따라 측정하였다. 벡터 홀로그램의 회절효율은 편광 방향이 서로 수직한 488nm과장의 Ar-ion 레이저를 사용하였고 633nm과장의 He-Ne레이저를 사용하여 기록광의 세기에 따라 측정하였다.

그림 1은 스칼라 홀로그램의 회절효율 측정값이다. 높은 세기의 기록광에서는 노출 초기에 급격하게 증가했다가 감소하여 정상상태로 도달하는 현상을 보인다. 그림 2는 벡터 홀로그램의 회절효율이다. 그림 3은 측정값과 이론값을 비교, 분석하여 얻은 methylorange 농도에 따른 δn 이며 그림 4는 methylorange 농도에 따른 I_s 이다.

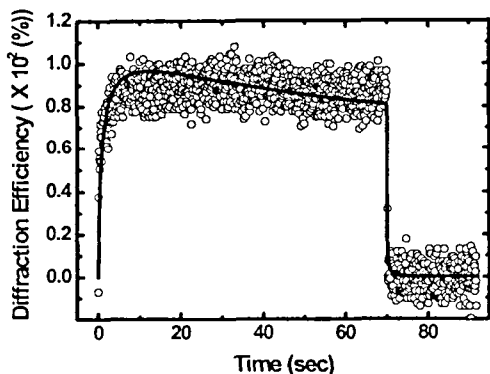


그림 1. 스칼라 홀로그램의 회절효율 (0.05wt%, 420mW/cm²).

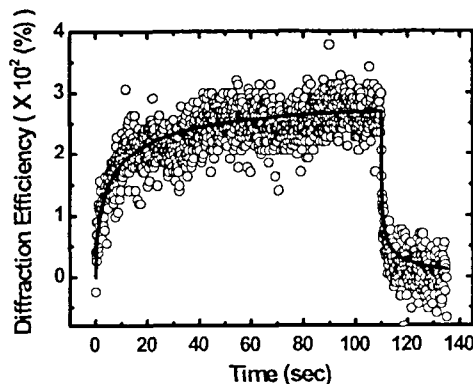


그림 2. 벡터 홀로그램의 회절효율 (0.05wt%, 140mW/cm²).

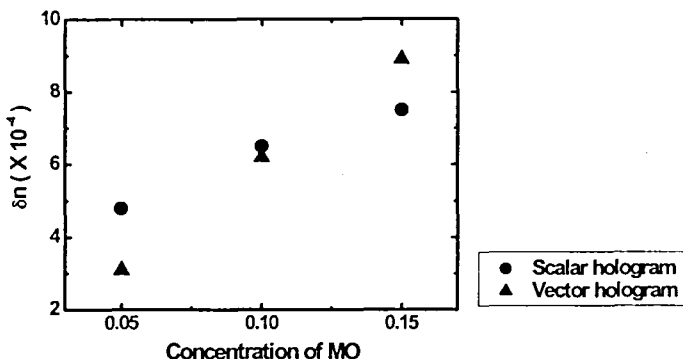


그림 3. Methylorange 농도에 따른 δn 의 변화.

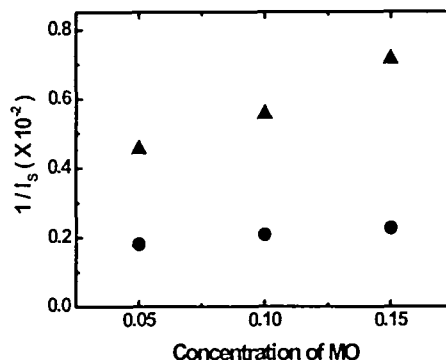


그림 4. Methylorange 농도에 따른 I_s 의 변화.

1. L. Nikolova and T. Todorov, Opt. Acta. 31, 579 (1984).
2. T. Todorov, L. Nikolova, N. Tomova, and V. Dragastinova, IEEE J. Quantum Electron. QE-22, 1262 (1986).
3. C. H. Kwak, J. T. Kim, and S. S. Lee, Opt. Lett. 13, 437 (1988).
4. I. V. Tomov, B. Vanwonderghem, A. S. Dvornikov, T. E. Dutton, and P. M. Rentzepis, J. Opt. Soc. Am. B 8, 1477 (1991).
5. Sh. D. Kakichashvili, Sov. J. Quantum Electron. 5, 778 (1974).
6. Sh. D. Kakichashvili and B. N. Kilosanidze, Opt. Spectrosc. 65, 243 (1988).