

다시점 3D 디스플레이 시스템을 위한 VHOE의 광학적 성능 분석

Optical Performance Analysis of Volume Holographic Optical Element in Autostereoscopic 3D Display System

조병철, 구정식, 김은수

광운대학교 전자공학부 국가지정 3차원 영상미디어 연구실(NRL of 3D Media)

iron@explore.kwangwoon.ac.kr

최근, 차세대 3차원 영상 디스플레이 기술은 무안경식이며 다자 시청이 가능하고, 눈에 피로를 주지 않는 자연스러운 3D 입체영상이어야 한다는 ITU의 권고안에 따라 다양한 접근방법들이 제시되고 있지만 주변 소자의 물리적 한계로 자연스러운 초다시점(super multiview)의 3차원 영상 디스플레이의 실질적인 구현에는 많은 문제점들을 가지고 있다^[1]. 최근, 이러한 물리적 한계를 해결하기 위한 새로운 광학판 기록매질로 포토폴리머(photopolymer)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다^{[2][3]}. 3차원 영상 디스플레이 시스템의 구현을 위해 사용되는 광학소자인 HOE(holographic optical elements)의 기록 매질로 사용될 경우 보다 개선된 수행능력을 보일 것으로 예상된다.

따라서, 본 논문에서는 자연스러운 3D 영상 디스플레이 구현을 위한 새로운 접근방법으로 광폴리머(HRF-150-100) 기반의 VHOE(volume holographic optical element)광학판을 이용한 다시점 스테레오 3D 디스플레이 시스템의 구현 모델을 제시하고자 한다. VHOE을 이용한 3D 영상 디스플레이 시스템을 구현하기 위해서는 VHOE의 광 감도(photosensitivity)에 따른 높은 회절효율, 각 선택도(angular selectivity)에 따른 재생된 회절빔간에 낮은 Crosstalk를 비롯하여 각 시점에 따른 균일한 회절 효율 등이 요구된다. 따라서, 3D 영상 디스플레이 시스템에서 VHOE 광학적 수행능력 분석을 위해 폴리머에서 두께에 따른 각 선택도 등의 이론적 분석 및 물리적, 광학적 특성을 조사하여 3D 다시점 광학판 제작매질로서의 적용 가능성 분석하였다. 또한, 회절효율 측정 및 노출 계획에 따른 설정을 위한 누적격자 강도(cumulative grating strength) 및 누적격자 에너지(cumulative grating energy) 산출을 통한 적용 에너지 강도 보정 및 노출 시간(exposure time) 산출을 통해 각 시점에 따른 균일한 회절 빔을 얻을 수 있었다. VHOE 광학판 설계를 위해 532nm 파장의 Ar 레이저를 광원으로 사용하여 평면파를 만들어 사용하였으며 기록매질은 체적 홀로그램 특성을 갖는 Dupont 사의 HRF-150-100을 사용하였다. 입사되는 물체빔과 기준빔의 직경의 크기는 12.53mm이며, 각 빔의 세기는 $P_o=397\mu W$, $P_r=143\mu W$ 로 하였다. 따라서, 입사빔의 단위 면적당 빔 세기는 HRF-150-100의 경우 $2021.90\mu W/cm^2$, $2023.04\mu W/cm^2$ 의 세기로서 두 빔의 세기 비율을 1:1 로 근사시켜 실험을 수행하였다. 일반적으로, VHOE 제작시 광 폴리머의 커버 시트(cover sheet)를 제거하고 광 플레이트(optical plate)에 부착시킬 때 종종 발생하는 기포에 의해 VHOE 광학판의 회절효율 감소 및 회절빔 누화의 결정적인 요인이 되고 있다. 실제 VHOE를 이용한 다시점 3D 디스플레이를 위해서는 빔의 직경이 큰 평면파가 요구되므로, 빔의 직경이 커짐에 따라 기포의 발생 가능성 또한 커짐으로 회절빔의 영상누화가 더욱 심화되게 된다. 따라서, 회절빔의 직경이 큰 경우는 광폴리머 부착시 발생하는 기포를 효과적으로 제거함으로써 광폴리머의 회절효율의 증대와 회절빔의 영상누화를 최소화할 수 있는 광학적 구현기술이 요구된다. 특히, 기포발생에 따른 회절빔의 영상

누화를 최대한 억제하기 위해 커버시트 제거없이 포토폴리머를 유리판에 부착시켜 실험을 수행한 결과 빔의 불균일한 인한 회절효율이 1.5배 정도 감소함을 확인할 수 있었다. 따라서, 이상의 실험결과 Dupont사의 HRF-150-100 포토폴리머는 어느정도 다시점의 VHOE 광학판 구현에 사용이 가능할 것으로 판단된다. 최근, 미국의 Aprilis사에 의해 기존 포토폴리머의 커다란 문체점인 기포발생을 억제하고 포토폴리머의 수축현상(shrinkage)을 제거할 뿐만 아니라 기록매질의 두께 및 효율이 더욱 개선된 체적형 홀로그래피특성을 갖는포토폴리머가 개발됨으로써 향후 이를 이용한 다시점 VHOE 광학판 소자의 실질적인 구현이 가능하리라 판단된다.

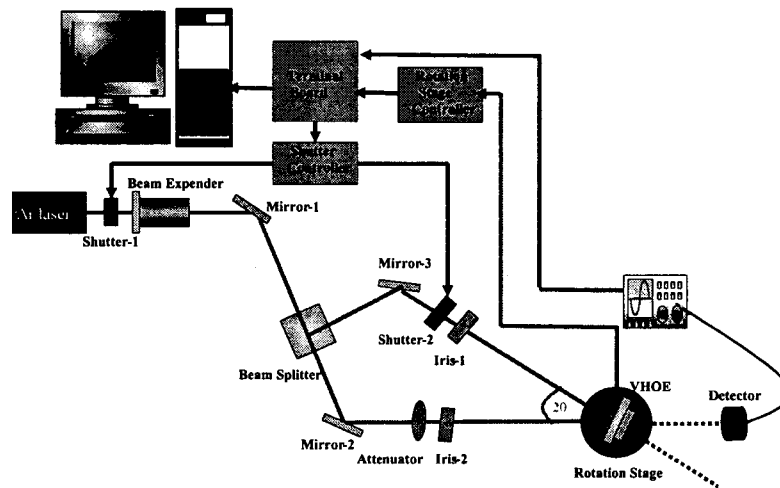


그림 1. VHOE 광학소자의 수행능력 분석을 위한 시스템도

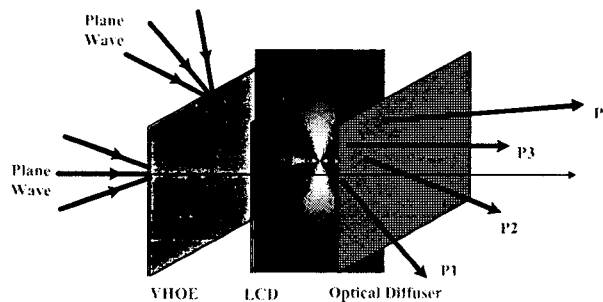


그림 2. VHOE 광학소자를 이용한 3D 디스플레이 시스템 개념도

[참고 문헌]

[1] Yen C. King, Cheng H. Chuang, Chung J. Kuo, "Parallax image capture system for stereographic display", *Opt. Eng.* June 1996
 [2] C. Garcia, A. Fimia, I. Pascual, "Holographic behavior of a photopolymer at high thicknesses and high monomer concentrations mechanism of photopolymerization," *Appl. Phys. B*, 2000
 [3] B. C. Cho, E.S.Kim, Multiview Autostereoscopic Display System using Volume Holographic Optical Element, Proc. of SPIE, San Diego(U.S.A) 2001. 7

※ 본 연구는 과학기술부 2000년도 국가지정 연구실 사업의 연구비 지원으로 이루어짐.