

3-레벨 고정세 컴퓨터 생성 홀로그램 구조 설계와 위상 변조 특성 분석

Design of 3-level high-definition computer-generated holograms and analysis of its light field modulation characteristics

이종현, 박성재, 김휘*
고려대학교 세종캠퍼스 전자및정보공학과
*hwikim@korea.ac.kr

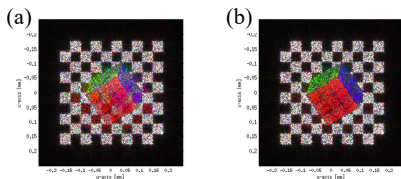
Abstract— 본 논문에서 3레벨 컴퓨터 생성 홀로그램을 표현하기 위한 4가지 구조 모델을 제시하고 각각의 투과, 변조특성에 대해 분석한다. 이 방법론은 기존 이진 컴퓨터 생성 홀로그램보다 잡음을 경감하며 명확한 이미지를 관측할 수 있을 것이다.

I. 서론 및 배경

3차원 디스플레이 기술이 발전함에 따라 고정세 컴퓨터 생성 홀로그램(High-definition Computer-generated hologram, HD CGH)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다⁽¹⁾. HD CGH는 작은 픽셀크기에 대한 시야각 확보가 핵심이며 나노 단위 구조를 갖기에 여러 단계의 값을 표현해야하는 진폭, 위상 구조가 아닌 이진 구조로 설계해야 한다. 하지만 이진 CGH는 복소 형태의 CGH를 이진화하면서 정보의 손실 또는 잡음이 발생하게 된다. 본 논문에서는 이를 보완하기 위해 3레벨 CGH방식을 소개하고 3레벨 CGH를 표현하기 위한 4가지 구조 모델의 투과, 변조특성에 대해 연구했다.

II. 연구 내용 및 결과

3레벨 CGH는 이진 CGH 방식과 유사하지만만 표현 하는 값을 한 단계 더 늘림으로써 잡음을 감소시키고 명확한 이미지를 관측하게 해줌을 그림1의 시뮬레이션 결과에서 확인할 수 있다.



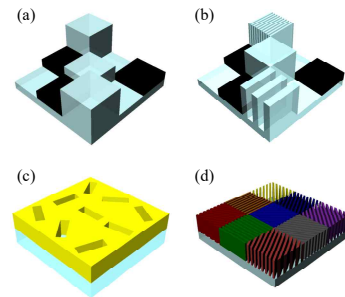
[그림1] (a) 이진CGH (b) 3레벨CGH의 재구성된 이미지

그림2는 3레벨 CGH의 공정을 위한 4가지 구조 모델을 나타낸다. 아래의 구조모델들은 9개(3x3)의 픽셀을 나타내며 각 픽셀은 1μm크기를 가진다. 첫 번째 구조(a)는 위상이 반전될 때의 높이를 설정하여 -1을 표현하는 원리이다. 이 때의 높이는 다음 수식에 의해 구할 수 있다:

$$\frac{2\pi nt}{\lambda} - \frac{2\pi}{\lambda} = \pi(-1) \quad t = \frac{\lambda\pi}{2\pi(n-1)} = \frac{\lambda}{2(n-1)}$$

여기서 n 은 굴절률, t 는 물질 층의 높이, λ 는 파

장을 의미한다. 두 번째 구조(b)는 구조(a)와 유사하다. 하지만 구조(a)는 색재현을 위한 높이가 파장에 따라 다르다. 구조(b)는 높이를 단일 파장에 대해 고정하고 이진 격자 배열로 굴절률의 차이를 발생시켜 출력 파장을 결정한다⁽²⁾. 세 번째 구조(c)는 금속층에 기울인 슬릿을 구성하고 원편광된 빛을 입사하여 위상 변조를 발생시키는 원리이며 (d)구조는 이진 격자 배열을 이용하여 (c)구조와 마찬가지로 원편광된 입사광에 대해 위상 변조를 발생시키는 원리를 갖는다⁽²⁾.



[그림2] (a)증착된 물질 층의 높이로 표현한 구조, (b)이진격자로 굴절률의 차이를 부여한 구조, (c)기울인 슬릿 구조, (d)금속물질 이진 격자 배열 구조의 도식

우리는 3레벨 CGH를 표현하기 위한 네 가지 구조에 대해 각각의 투과, 변조특성을 분석한다.

This work was supported by the Industrial Strategic technology development program (10052641, Development of the commercialization platform technology for diffractive optical element based on 3D surface nanostructure for full-color implementation) funded by the Ministry of Trade, industry & Energy (MI, Korea).

[1] Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, S. Nakahara, and Y. Sakamoto, "Full-Color High-Definition CGH Using Color Filter and Filter Design Based on Simulation," in *Imaging and Applied Optics 2016*, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2016), paper DW5I.4.

[2] 김휘, 문은경, 임다정, “광 복소변조를 위한 서브 파장 스케일의 이진 격자 설계 및 해석”, 한국CDE학회 학술발표회 논문집, 80-83 (2015).