

이중 파장 방식을 이용한 홀로그램 복원

Hologram reconstruction using a dual-wavelength method

김정희, 안준원, 최재광, 이권연*, 신창원*, 길상근**

충북대학교 전기전자컴퓨터 공학부, *순천대학교 전자공학과, ** 수원대학교

전자공학과 jhkim@osp.chungbuk.ac.kr

홀로그래픽 메모리에서 기록 매질로 광굴절 결정(photorefractive crystal)을 사용할 경우, 재생빔(read-out beam)의 조사에 의해 기록된 격자는 지워지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 열 고정(thermal fixing), 전기적 고정(electrical fixing), 이중 광자 방식(two-photon methods), 주기적 복사(periodic copying) 등이 연구되어왔다. 또 다른 방식으로는 이중 파장 방식(dual-wavelength method)이 있다.⁽¹⁾ 홀로그램 기록과 재생 시에 서로 다른 파장의 빔을 사용하는 목적은 간단하다. 만약에 결정의 흡수 스펙트럼(absorption spectrum) 변화량이 파장의 함수라고 할 때, 매우 민감한 파장으로 기록한 다음 상대적으로 덜 민감한 파장으로 홀로그램을 재생한다면, 재생 빔의 조사(illumination)에 의해 발생하는 격자의 지워짐을 줄일 수 있기 때문이다. 반면에 다른 파장 재생에 의해 Bragg-mismatch가 일어나 완벽한 홀로그램 재생이 어렵게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 보다 얇은 결정을 사용하거나 이미 지 평면에서 홀로그램을 기록함으로써 어느 정도 해결할 수 있다.⁽¹⁾

본 논문에서는 이중 파장 방식을 광굴절 결정 대신 듀퐁(DuPONT)사의 포토 폴리머(photo polymer)를 사용한 홀로그래픽 보안 시스템(holographic security system)에 적용하였다. 이중 파장 방식을 보안 시스템에 적용할 경우, 재생 시스템의 90% 가까이 점유하고 있는 매우 고가의 Nd:YAG 레이저나 Argon 레이저 대신 상대적으로 매우 저렴한 600nm 대의 LD(laser diode)를 사용할 수 있다.

이중 파장 방식에 의한 Bragg-mismatch가 이미지에 미치는 영향을 분석하기 위해 본 논문에서는 그림 1과 같이 광학 실험을 구성하였다. 기록 매질로는 두께로 인한 Bragg-mismatch 정도를 측정하기 위해 듀퐁사의 HRF-150-38, 100으로 홀로그램을 기록하였고, 기록빔으로는 Coherent사의 532nm, 50mW 인 Nd:YAG 레이저를, 재생빔으로는 Research Electro-Optics 사의 600nm대의 He-Neon 가변 파장 레이저를 사용하였다. 신호빔은 EPSON사의 VGA급 TFT LCD를 통해 106×80 bit/page 의 입력 데이터를 광변조 시켰고, 재생 시스템은 532nm와 600nm 대의 영상을 동시에 잡을 수 있게 1008×1018의 고해상도 Kodak ES 1.0 과 저가의 일반 웹 카메라에 적용되는 VGA급 CMOS 카메라로 구성하였다. SLM(spatial light modulator)과 CMOS 사이의 픽셀 매칭은 1:6 오버 샘플링(over sampling)을 수행했으며, 다중홀로그램 기록은 이동 다중화 방식(shift multiplexing)과 공간 다중화 방식(spatial multiplexing method)을 같이 적용하였으며, 실제 시스템 구성에는 공간 다중화를 사용하였다. 그림 1과 같이 두 빔으로 동시에 재생할 수 있도록 532nm와 600nm대의 기준빔을 동일한 4F 시스템을 통해 입사시켰다. 재생시는 600nm대를 이용하여 입사각을 모터를 통해 Bragg 각을 정밀하게 조절하였고, 이때 CCD 앞에 위치한 이미지 렌즈는 4F 시스템으로 구성할 경우 재생 각도에 따라 이미지 재생 위치를 보정할 수 있지만 시스템이 커지는 관계로 단일 렌즈로 구성하여 파장 대에 따라 위치를 변경 시켜주었다. 실험 결과 그림 2와 같이 파장이 긴 재생빔을 사용함으로써 몇 가지 문제점이 발생하였다. 첫 번째

는 Bragg-mismatch로 인해 이미지가 불균일하게 재생되었다. 두 번째는 532nm 와 비교시 재생영상의 크기가 변화하였다. 이는 빔의 배율을 결정하는 렌즈의 초점을 변경시켜야 됨을 의미한다. 세 번째는 재생 영상의 크기뿐만 아니라 X축 배율과 Y축 배율이 서로 다르게 나타났다. 본 논문에서는 변경된 이들을 정확히 측정하기 위해 CCD 카메라를 이용하여 변화량을 계산하였고, 이를 통해 기록시 렌즈의 배율을 재 설정하였다. HRF-150-100에서는 Y축이 X축보다 Bragg-mismatch가 미세하게 일어나는 점을 이용해 입력 이미지와 CMOS 카메라를 90도 회전시킴으로서 입력 영상의 x 해상도를 Bragg-match 영역안으로 들어가도록 줄이는 대신 y축 해상도를 높였다. HRF-150-38에서는 매질 두께로 인해 입력 데이터가 비교적 균일하게 재생되었다. 그리고 두 축의 서로 다른 배율은 CCD로 측정한 데이터를 통해 실린더형 렌즈로 배율을 보상하였다. 본 논문에서는 이중 파장 방식의 사용에 의한 문제점들을 실험적으로 측정 및 분석함으로써 보다 경제적인 LD를 적용한 홀로그래픽 보안 시스템이 구성될 수 있음을 보여주었다. 본 연구는 한국 과학재단 목적기초 연구(R01-2001-00324)지원으로 수행되었음.

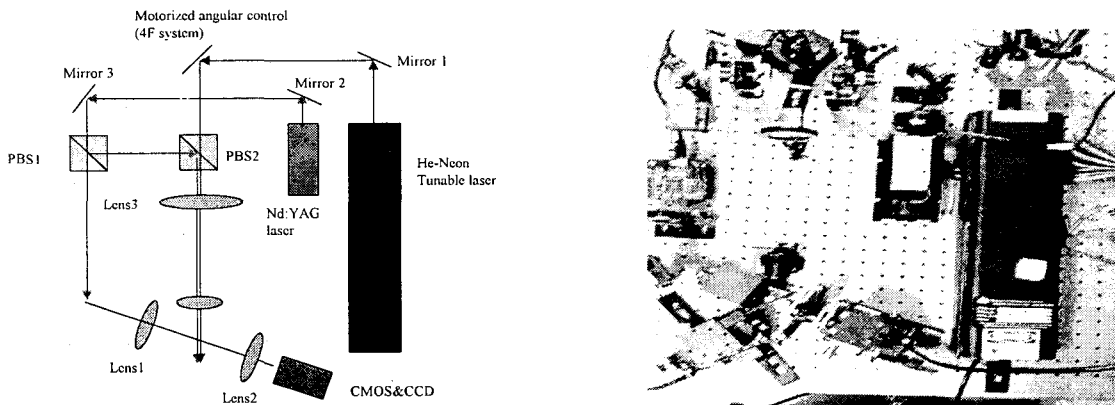
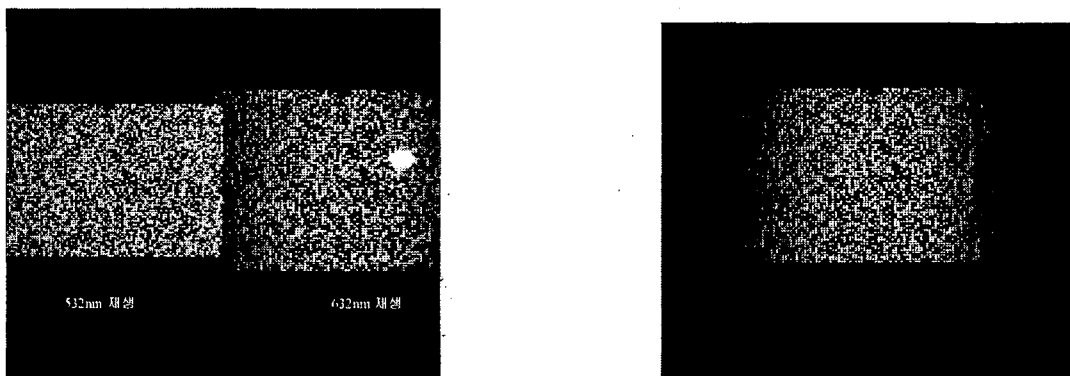


그림 1. 광학 시스템



(a) 이중 파장으로 재생된 홀로그램

(b) Bragg-mismatch된 홀로그램(HRF-150-100)

그림 2. 재생된 홀로그램

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2001-00324)지원으로 수행되었음.

1. E. Chuang and D. Psaltis, "Storage of 1000 holograms with use of a dual-wavelength method," Applied Optics, Vol. 36, No. 32, 8445-8454 (1997)