

기록면적 오버랩을 이용한

홀로그래프 정보저장 장치의 저장밀도 증가 방법

Storage density incereasing method for holographic data storage by use of overlapped recording area

박우제, 고강민, 송석호*

한양대학교 물리학과 BK21 고급인력 양성사업단

*e-mail: shsong@hanyang.ac.kr

홀로그래프 정보저장 장치(holographic data storage)에서의 저장밀도는 단위면적당 저장밀도 D_A 로 정의되는 다음 수식을 따른다.⁽¹⁾ $D_A = M(N_{bit}/A)$ [1] 여기서, M 은 다중화의 개수를 나타내고 A 는 기록면적, N_{bit} 는 기록된 데이터 비트의 개수를 나타낸다. 그러므로 높은 저장밀도를 위해서는 보다 작은 기록면적에 보다 많은 데이터 비트를 기록하여야 하며 보다 많은 다중화가 필요하다. 본 논문에서는 기록면적의 오버랩(overlap)을 통해서 기록면적 자체의 감소로 기존의 방법보다 저장밀도를 증가시키는 방법에 관해서 연구하였다. 페이지 방식 홀로그래프 정보 저장장치는 국소 면적에 기록하기 위해 푸리에 변환을 이용하는 방법이 일반적이다.^(2,3) 푸리에 변환된 이미지가 기록될 때 inter-pixel cross-talk의 영향을 줄이기 위해서 그림 1(a)와 같이 푸리에 렌즈 사이의 푸리에 평면에 사각구멍(aperture)을 사용하게 되는데 이것이 곧 기록면적이 되며, 그 크기는 다음과 같은 방법으로 결정하게 된다.

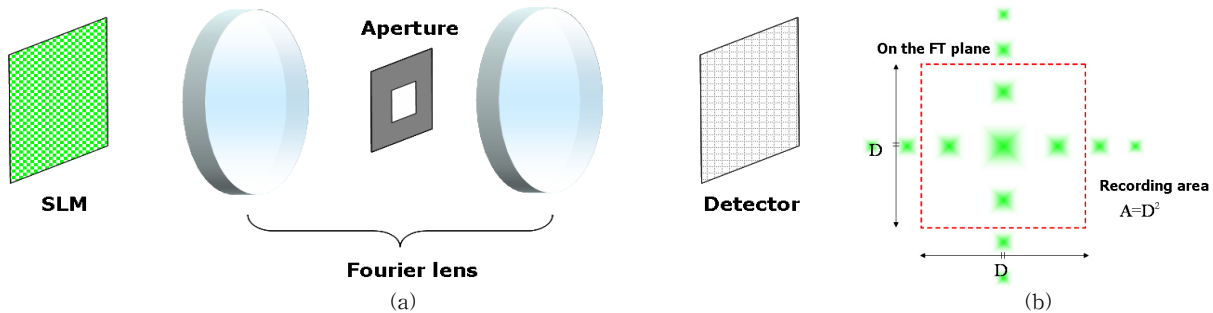


그림 1. 페이지 방식 홀로그래프 정보저장 장치의 기록면적

그림 1(b)와 같이 푸리에 평면위의 붉은 점선 정사각형으로 표시된 기록면적을 A 의 한 변의 크기 D 는 Nyquist sampling condition 으로 정의되는 D_N 의 1.36배인 다음 정의를 따른다.^(2,3)

$D = 1.36D_N$, $D_N = \lambda f / \sigma$ [2] 여기서, λ 는 광원의 파장, f 는 푸리에 렌즈의 초점거리, σ 는 SLM(spatial light modulator)의 pixel pitch이다. 본 연구에서는 그림 2와 같이 기록매질을 이동시켜서 공간다중화 할 때 D 만큼 이동시키지 않고 오버랩하는 방법으로 기록면적 A 를 감소시켜서 단위면적당 저장밀도를 증가시키는 방법을 사용하였다. 그림 3과 실험 장치를 구성하고 다음과 같은 방법으로 제안된 방법을 검증하였다. 수식[2]에 따라서 푸리에 평면에 2.4 mm^2 크기를 갖는 사각구멍을 설치해서 기록매질을 원 위치에서 홀로그래프를 한 번 기록한 후 사각구멍은 고정시킨 채 기록매질을 이동시켜서 오버랩 홀로그래프를 기록하였다.

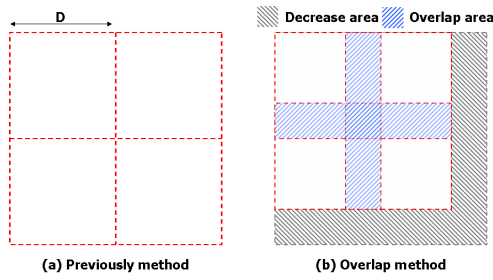


그림 2. 4개의 공간 다중화시 기록되는 면적

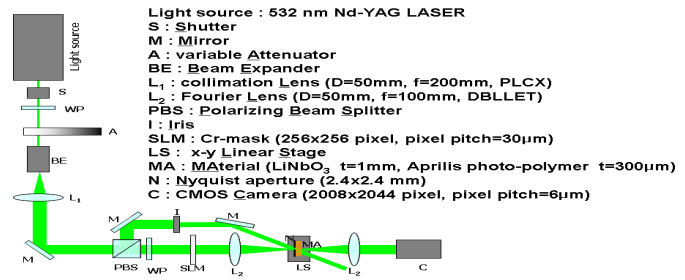


그림 3. 오버랩 홀로그램 기록/재생을 위한 실험 장치 구성

홀로그램 재생시 CMOS 카메라를 사용하여 재생된 홀로그램의 BER을 산출하여서 평가 하였다. 기록매질은 두께 1 mm의 LiNbO₃ 결정을 사용하였고 오버랩은 0.2 mm, 0.5 mm, 0.8 mm 의 경우로 나누어 실험하여서 어느 정도까지 오버랩 할 수 있는지 확인 하였다. 표 1은 실험결과로 오버랩 홀로그램 재생 이미지와 각각의 BER을 도시하였다. 10⁻¹ ~ 10⁻² BER이 산출되는 실험결과로 보아 0.5 mm 이상 오버랩은 불가능한 것을 확인할 수 있었다.

0.2 mm overlap		0.5 mm overlap		0.8 mm overlap	
Hologram 1	Hologram 2	Hologram 1	Hologram 2	Hologram 1	Hologram 2
BER					
3.05E-5 (2 pixel error)	9.16E-5 (6 pixel error)	6.56E-4 (43 pixel error)	7.32E-4 (48 pixel error)	3.50E-2 (2297 pixel error)	1.12E-1 (7335 pixel error)

표 1. 오버랩 홀로그램 데이터의 재생 이미지, BER

제안된 방법을 통한 홀로그램 정보 저장장치의 저장밀도 증가비율은 다음과 같이 계산 하였다. 수식[1]의 저장밀도 정의에서 M값과 N_{bit}는 변함이 없으므로 기록면적 A의 비율이 곧 기존 방법 대 오버랩 방법의 저장밀도 비율로 나타낼 수 있다. 그러므로 저장밀도 증가비율 I%는 다음과 같이 정의할 수 있다. $I\% = (A_p/A_o - 1) \times 100$ [3] 여기서, A_p와 A_o는 기존과 오버랩 방법의 기록면적이다. 그림 2와 같이 홀로그램을 기록했다고 하면 실험 조건을 만족하는 A_p = 23.04 mm² 이고 A_o = 18.49 mm² 이며 저장밀도 증가비율은 24.6 % 이다.

참고문헌

1. G. Zhou et al., "Holographic read-only memory", Optical and Quantum Electronics, vol. 32, pp. 405-417, 2000.
2. Maria-P. Bernal et al., "Balancing interpixel cross talk and detector noise to optimize areal density in holographic storage systems", Applied Optics, vol. 37. no. 23, 1998.
3. G. W. Burr et al., "Volume holographic data storage at an areal density of 250 gigapixels/in²", Optics Letters, vol. 26, no. 7, 2001. cross talk and detector noise to optimize areal density in holographic storage systems", Applied Optics, vol. 37. no. 23, 1998.