

Phase-shift multiplexing 시스템에서 동일한 회절효율을 얻기 위한 기록시간 분배

The optimum hologram recording times for the equal diffraction efficiencies in phase-shift multiplexing system

김 유 현*, 이 연 호

성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부

optics@nature.skku.ac.kr

일반적으로 Phase-shift multiplexing 기법을 이용하여 다중 홀로그램을 기록할 때 기준빔의 위상변위는 0° 또는 180° 들로 이루어진 코드를 사용하여 저장한다. 홀로그램 다중 저장에 있어서 먼저 기록한 홀로그램은 나중에 기록한 홀로그램에 의해 지워지게 되어 동일한 회절 효율을 얻기 위해서는 먼저 기록한 홀로그램의 기록시간을 나중에 기록한 홀로그램의 기록시간보다 더 길게 하여야 한다. 본 논문에서는 그림 1처럼 8개의 Pixel로 이루어진 기준빔에 Walsh-Hadamard 코드를 적용하여 Phase-shift multiplexing 기법으로 다중 홀로그램을 저장할 때 각 홀로그램을 얼마의 기록시간을 갖고 기록을 하여야 동일한 회절효율을 얻을 수 있는지를 모의실험을 통해서 찾아보고 그 기록시간을 특정함수(예상곡선)로 표시할 수 있는지 알아본다. 그리고 이 함수로부터 8개의 Pixel 뿐 아니라 16 Pixel 및 32 Pixel의 경우에 대해서도 확장하여 적용할 수 있는지 확인한다.

모의실험을 간단하게 만들기 위해서 먼저 그림 2처럼 저장매체에 입사한 두 입사빔을 각각 투과빔과 회절빔의 합으로 가정한다. 이처럼 입사한 두 입사빔에 의해서 간섭패턴이 일어나고 도전대역모델에 따라 공간전하전계가 형성되고 이 전계는 결국 Pockels' effect에 따라 광굴절 격자를 형성하게 된다. 이 광굴절 격자가 고정되어 있다고 가정하였을 때 빔 1에 대한 투과빔과 회절빔간의 관계는 다음과 같은 에너지 결합 방정식에 의해 표현할 수 있다.

$$\frac{\partial E_1^t}{\partial x} = \Gamma^* \frac{m^*}{2} E_1^d \quad (1)$$

$$\frac{\partial E_1^d}{\partial x} = -\Gamma \frac{m}{2} E_1^t \quad (2)$$

여기서 $\Gamma = i \frac{\pi}{\lambda \cos \theta} [n_1 e^{i\phi} (\hat{e}_1 \cdot \hat{e}_2)]$, $m = \frac{2E_1^* E_2}{I_0} (\hat{e}_1 \cdot \hat{e}_2)$ 이다. m 은 두 빔간의 변조율, ϕ 는 광굴절 격자와 간섭패턴간의 위상차, θ 는 광굴절 결정체에 입사된 두 빔간의 사잇각, n_1 은 광굴절 격자의 변조율이고 \hat{e}_1 과 \hat{e}_2 는 두 빔의 편광 방향 단위벡터, I_0 는 전체 빔 세기를 나타낸다. 빔 2에 대해서도 위의 빔 1에 대한 식과 유사하게 표시할 수 있다.

본 논문에서 우선 8 Pixel로 이루어진 기준빔을 이용하여 각 홀로그램을 기록할 때 얼마의 기록시간으로 기록하여야 동일한 회절효율로 복원할 수 있는지 모의실험을 통해서 찾는다. 이렇게 찾은 기록시간을 특정함수(예상곡선)로 표시한다. 그림 3은 서로 다른 입사빔 세기에 대해서 저장매체에 저장된 8개의 홀로그램이 동일한 회절효율을 갖고 복원되기 위해서는 얼마의 기록시간을 갖고 각 홀로그램을 기록해야 하는지를 모의실험을 통해 구한 결과를 보여 준다. 이 그림에는 또한 예상곡선도 함께 표시하였다. 이 그림의 x축은 저장된 홀로그램의 순서를 나타내었고 y축은 각 홀로그램의 기록시간을 나타낸다. 그림 4는 서로 다른 두 빔간의 변조율에 대하여 각 홀로그램이 동일한 회절효율을 갖고 복원되기 위해서 사용한 각 홀로그램의 기록시간이 그림 3에서

얻은 예상곡선과 얼마나 일치하는가를 보여주고 있다. 이 결과로부터 변조율이 작은 경우, 각 홀로그램의 기록 시간이 예상곡선과 매우 일치함을 알 수 있다. Phase-shift multiplexing을 이용하여 여러개의 홀로그램을 저장하려고 할 때 본 논문에서 얻은 예상곡선으로부터 구한 기록시간을 이용한다면 복원되는 홀로그램의 각각의 회절효율이 평균값에 대해 $\pm 5\%$ 이내의 오차로 균일한 값을 얻을 수 있다.

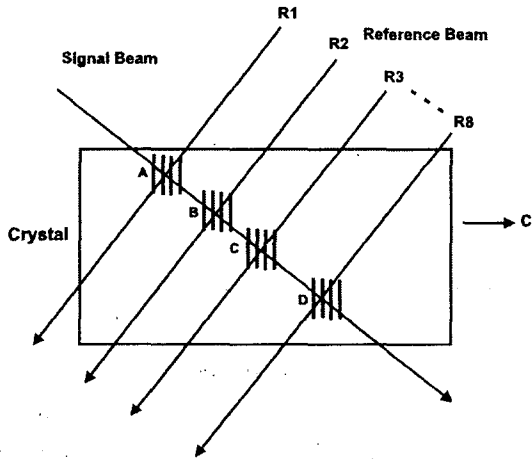


그림 1

8개의 Pixel 로 이루어진 기준빔을 이용하여 이미지를 기록 및 재생하는 개략도

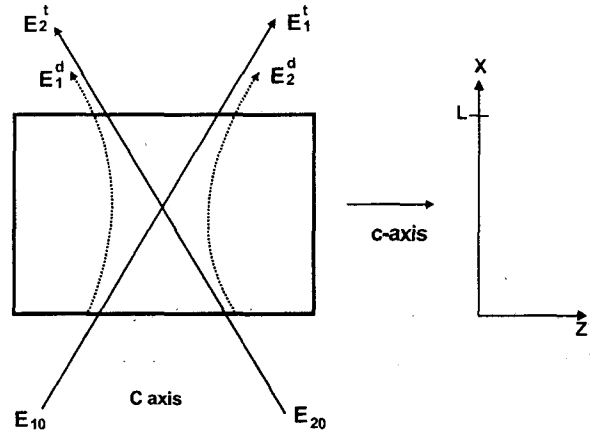


그림 2

광굴절 결정체에 입사한 두 빔을 각각 투과빔과 회절빔의 합으로 나타낸 개략도

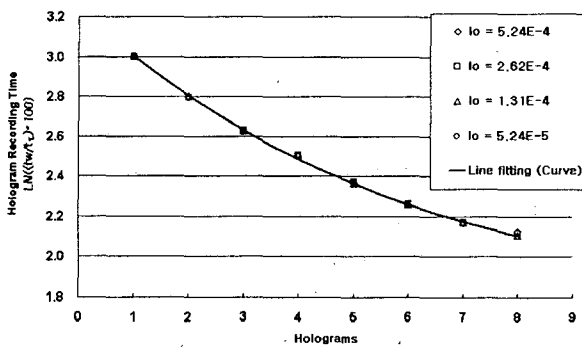


그림 3

서로 다른 입사빔 세기에 대하여 저장매체에 저장된 8개의 홀로그램이 동일한 회절효율을 갖고 복원되기 위한 각 홀로그램의 기록시간 분배

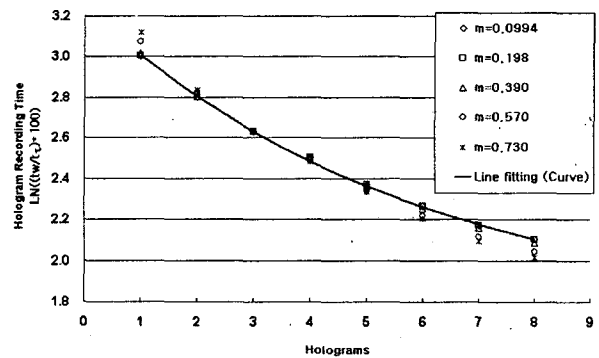


그림 4

서로 다른 두 빔간의 변조율에 대하여 저장매체에 저장된 8개 홀로그램이 동일한 회절효율을 갖고 복원되기 위한 각 홀로그램의 기록시간 분배

참고 문헌

1. N.V.Kukhtarev, V.B.Markov, S.G.Odulov, M.S.Soskin, V.L.Vineskii, Ferroelectrics, Vol.22, 949, 1979
2. A.C.Strasser, E.S.Maniloff, K.M.Johnson, and S.D.D.Goggin, Optics Letters, Vol.14, No.1, 6, 1989
3. Yeon H.Lee, You-Hyun Kim, Jae-cheol Kim, Hyun-sung kim, Ho-Hyung Suh, El-Hang Lee, Optics Communications, Vol.144, 70, 1997