

출력 평면에서 빔 확산을 위한 홀로그래픽 디퓨저의 구현

Implementation of the holographic diffuser for beam expanding in the output plane

최경식, 윤진선, 김남, 최윤선*, 최병소*
 충북대학교 전기전자 공학부, *삼성종합기술원
 kschoi@osp.chungbuk.ac.kr

페이지 지향 데이터의 고밀도 홀로그래픽 데이터 저장 시스템이나 홀로그래피 현상에서 필름에 기록되는 스펙트럼을 평탄화하기 위해 확산 광원의 사용은 필수적이다. 또한, 출력 평면에서 균일한 분포를 갖는 회절 빔의 세기 분포와 회절 격자로서의 높은 회절 효율, 홀로그램 손상 시 재생 가능한 용장성 (redundancy)의 증가를 위해 간유리나 특정 패턴들로 인코딩된 유사 랜덤 디퓨저가 이용되고 있으나, 이들은 무한한 공간 대역폭을 갖기 때문에 공간적으로 유한한 데이터 마스크만이 이용되거나 기록 매질이 임의의 크기로 제한된다면, 입사 광원의 전력 낭비와 균일도 측면에서 비효율적이고, 여러 단계의 제작과정이 필요한 단점을 가지고 있다.⁽¹⁻³⁾

홀로그램 설계 시 원하는 출력이 나오도록 각 셀들의 위상 값을 결정해 주기 위해서는 반복적이고 많은 시간이 소요되는 최적화 과정을 필요로 한다. 최적화 시킬 비용함수로는 디퓨저의 회절 효율과 균일도 모두를 고려하기 위해서 다음과 같이 정의하였고, 수정된 IFTA를 이용하여 위상형 CGHD를 설계하였다.

$$E = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L [I(k, l) - T(k, l)]^2 + W \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L [I(k, l) - I_{avg}(k, l)]^2 \quad (1)$$

여기서, W는 가중 인자(weighting factor)이며, $T(k, l)$ 은 목표값, $I_{avg}(k, l)$ 은 발생시키고자 하는 패턴들에 대한 출력 세기를 평균한 값이다. 식 (1)에서 정성적인 해석을 할 경우, 첫 번째 항이 효율성을 나타내고, 두 번째 항은 균일도를 나타내게 된다.

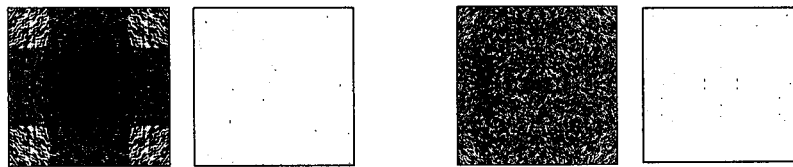
수정된 IFTA 알고리즘을 이용해 설계한 홀로그램을 BPH와 MPH인 경우에 대해 홀로그램의 크기변화에 따른 회절 효율과 균일도, 최소 신호 대 잡음비, 표준편차, 반복횟수, 계산시간을 표 1에 나타내었다.

표 1. BPH와 MPH인 경우 각각의 크기에 따른 비교

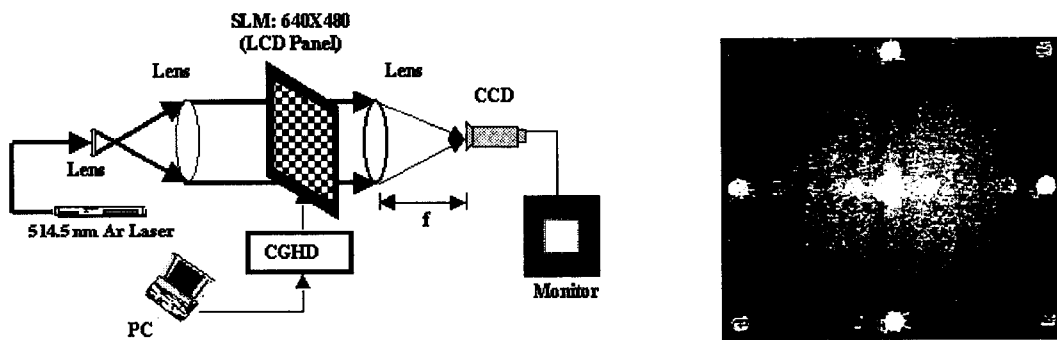
위상	BPH(2위상)			MPH(16위상)		
	32X32	64X64	128X128	32X32	64X64	128X128
홀로그램 크기	32X32	64X64	128X128	32X32	64X64	128X128
회절효율[%]	70.28	72.06	72.90	82.14	84.60	85.20
균일도[%]	16.04	21.20	22.54	1.56	1.88	2.43
SNR _{min} [dB]	-25.69	-7.98	-2.18	-22.56	-7.65	-2.14
표준편차[%]	0.3805	0.0953	0.0231	0.0990	0.0221	0.0062
반복횟수[회]	25	63	207	198	1363	1000
계산시간[초]	101	14695	245766	2317	27590	563673

위의 표 1에서 볼 수 있듯이 위상 레벨이 증가함에 따라 회절 효율과 균일도, 최소 신호 대 잡음비, 표준편차가 더욱 좋아짐을 볼 수 있으나, 계산시간이나 반복횟수는 증가됨을 볼 수 있다. 또한, 각각의 위상 값에 대해서 홀로그램의 크기가 증가할수록 회절 효율이 증가하였다. 여기서, 주목할 만한 것은 홀로그램의 크기가 증가할수록 최소 신호 대 잡음비가 상당히 개선된다는 것이다. 이는 실제의 광학소자를 제작하기 위해서 반드시 필요한 것이다.

그림 1에는 BPH와 MPH인 경우에 대해서, Fourier 변환 홀로그램의 대칭성과 공간 불변성을 이용해 새롭게 제안한 방법으로 설계한 CGHD와 각각의 출력 패턴을 나타내었으며, 그림 2에는 광학적 실험을 위한 구성도와 BPH인 경우에 대해서 광학적 실험을 통해 얻은 CGHD의 출력 패턴을 나타내었다.



(a) BPHD와 출력 패턴 (b) MPHD와 출력 패턴
그림 1. 새로운 제작 방법을 이용한 BPHD, MPHD와 각각의 출력 패턴



(a) 광학적 실험 구성도 (b) BPHD인 경우의 출력 결과
그림 2. 광학적 실험 구성도와 BPHD인 경우의 출력 결과

설계한 CGHD를 광학적 실험을 통해 Fourier 평면에서 홀로그래픽 디퓨저로서의 활용 가능성과 차세대 디스플레이용 소자로 유용하게 이용될 수 있음을 제시하였다.

참고 문헌

1. R. Brauer, U. Wojak, F. wyrowski, and O. Bryngdahl, "Digital diffusers for optical holography", Opt. Lett. 16, 1427-1429 (1991).
2. M. Poutous, "Dammann gratings as phase diffusers in Fourier holography", Appl. Opt. 33, 6827-6832 (1994).
3. W. Chao, S. Chi, C. Y. Wu, and C. Kuo, "Computer-generated holographic diffuser for colormixing", Opt. Comm. 15, 21-24 (1998).