

# Computer generated phase mask를 이용한 격자 array 제작 Fabrication of the grating array using computer generated phase mask

원형식, 김상인\*, 박선택, 송석호, 오차환, 김필수  
한양대학교 물리학과, \*한국통신 가입자망연구소  
won@optics.hanyang.ac.kr

과장분할다중 방식에서 필요로 하는 격자들 간의 격자주기 차이는 1nm이하를 요구한다. 따라서, 하나의 위상형 마스크로 서로 다른 주기의 격자를 동시에 제작하려면 하나의 위상형 마스크 패턴들 간에도 nm 정도의 차이를 갖는 미세한 패턴이 있어야 한다. 그러나, 일반적으로 마스크를 제작하는데 이용되는 장비인 전자빔 묘화장치(electron-beam lithographic system)의 분해능은 수십 nm이므로, 그러한 nm 정도의 정확도로서 조합된 마스크 패턴들을 만드는 것은 매우 어렵다. 따라서, 과장분할방식용 격자 어레이의 제작에 대한 필요성은 매우 큰데 반하여, 지금까지는 하나의 위상형 마스크로써 제작하는 것이 거의 불가능하였다고 할 수 있다.<sup>(1)</sup>

본 연구에서는 1 $\mu$ m 이상의 분해능을 갖는 하나의 위상형 마스크를 이용하여, 1nm 이하의 격자주기차를 갖는 격자 어레이를 하나의 기판에 동시에 제작할 수 있는 방법을 제안하였다. 위상형 마스크는 이미 광 정보 처리용으로 널리 쓰이고 있는 것으로,<sup>(2),(3)</sup> 하나의 입력 광을 균일한 세기를 갖는 여러 개의 광으로 나누어주는 역할을 하도록 위상형 마스크를 제작하였고, 이를 이용하여 1nm 이하의 격자 주기 차이를 갖는 격자 어레이를 하나의 기판에 동시에 생성시킬 수 있는 방법을 시도하였다. 따라서, 지금까지 과장분할다중용 격자 어레이의 제작에 사용되었던 위상형 마스크에 비해 수백배 이상의 분해능인 1 $\mu$ m 이상의 정확 허용도 만으로 제작된 하나의 위상형 마스크를 이용하여서도, 서로 다른 격자 구조들을 하나의 기판 위에 동시에 형성할 수 있다. 본 연구에서 제안한 방식을 이용하면 광통신 등에서 사용되는 과장분할다중 용 광소자들을 하나의 기판 위에 동시에 제작하는 데, 활용도가 매우 클 것으로 기대된다.

그림 1은 CGPM(Computer Generated Phase Mask)를 이용하여 주기가 다른 여러 개의 격자를 동시에 제작하기 위한 광학계가 도시되어 있다. 두 개의 사각 구멍을 통과한 간섭성이 있는 노출광은 위상형 마스크와 원통형 렌즈를 통과한 후, 회절판에 의해 기판에서 서로 만나게 된다. 또한, 두 개의 사각 구멍을 통과한 각각의 노출광은 위상형 마스크 및 원통형 렌즈에 의해 기판면위에서 x-축으로 집중된 N개의 줄무늬 패턴들이 y-축 방향으로 배열되어 나타난다. 따라서, 각각의 사각구멍에 의해 생긴 N개의 줄무늬 패턴들이 기판의 중앙에서 겹쳐지게 되고, 각각의 줄무늬 패턴에서는 광의 간섭현상에 의해 미세한 주기를 갖는 격자들이 생성된다. 그러나, 회절판의 중심점으로부터 N개 줄무늬 패턴까지의 거리가 각각에 대하여 다르게 되므로, 각각의 줄무늬 패턴에 생기는 격자들의 주기는 서로 다르게 된다. 일반적으로 N개 줄무늬 패턴의 차수를  $m = -(N-1)/2, -(N-1)/2+1, \dots, 0, \dots, (N-1)/2-1, (N-1)/2$  와 같이 표현하면, 각 줄무늬에 생성되는 격자의 주기는 다음과 같이 정의된다.<sup>1</sup>

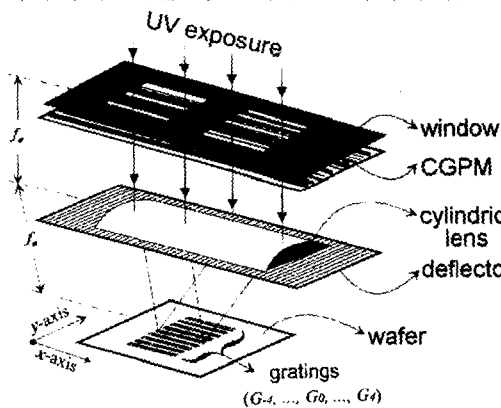


그림 1. 실험 장치도

$$G_m = \left(\frac{\lambda f_0}{2r}\right) \sqrt{1 + (m\lambda/p)^2} \quad (1)$$

여기서,  $\lambda$ 는 자외선 노출광의 파장이고,  $f_0$ 는 원통형 렌즈의 초점거리,  $r$ 은 윈도우에 있는 두 개의 사각구멍 중심간의 거리, 그리고,  $p$ 는 위상형 마스크에 있는 반복되는 패턴의 한 주기를 나타낸다.

본 연구에서는 248nm의 파장에서 초점거리가 47mm인 원통형 렌즈를 사용하였으며, 사용된 레이저는 파장인 248nm인 KrF excimer 레이저이다. 회절판은 주기가 895.5nm인 것을 사용하였고, CGPM은 초점거리 50mm인 렌즈를 사용하였을 경우 248nm 레이저빔을 400 $\mu$ m 간격으로 9개 분배하도록 설계하였다.

사용된 도파로 어레이는 도파로 폭이 6 $\mu$ m, core와 cladding의 굴절률차이가 0.75%로 1.5 $\mu$ m 파장에서 단일 모드이다. 도파로 사이의 간격은 400 $\mu$ m이며, 120 기압, 100 $^{\circ}$ C의 H<sub>2</sub> gas 분위기에서 3일간 수소처리 하였다.

실험은 회절판을 도파로에 붙여서 같은 주기의 격자 여러 개를 동시에 제작하는 것과, 회절판을 렌즈 뒤에 놓아서 다른 주기의 격자를 동시에 제작하는 것 두 가지를 하였다. 그림 2는 첫 번째 방법으로 형성한 격자에서 반사된 중심 파장을 나타낸 것이다.

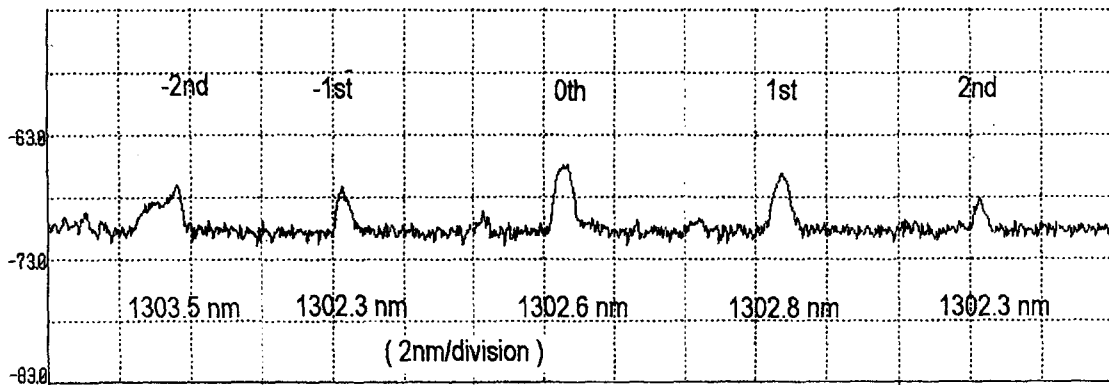


그림 2. 각 도파로에서 반사파의 중심파장

격자의 주기가 약간씩 다르게 나타난 이유는 도파로의 유효굴절률 차이에 의한 것으로 추정되며, 9개의 반사파가 아닌 5개의 반사파가 나온 것은 도파로와 분기된 빔파의 정렬이 일치하지 않기 때문이다. 첫 번째 실험에서는 격자의 형성을 확인할 수 있었으나, 두 번째 실험에서는 격자의 형성을 확인할 수 없었다. 그 이유는 excimer 레이저의 가간섭거리가(수백  $\mu$ m) 짧아서 나타난 결과로 생각된다. 따라서, spatial filtering으로 레이저의 간섭성을 향상시키면 격자를 형성시킬 것으로 기대된다.

본 연구에서는 CGH 위상형 마스크를 이용하여 도파로 어레이에 여러개의 같은 주기격자를 동시에 형성할 수 있음을 확인하였다. 또한 레이저의 간섭성을 향상시키면 다른 주기의 격자를 도파로 어레이에 동시에 형성할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

1. S. H. Song, H. H. Suh, E. H. Lee, "Generation of multi-pitch gratings in WDM devices by using a single computer-generated phase mask", IEEE Phot. Tech. Lett., 9(1), 1997.
2. J. B. McCormick, "Generation of large spot arrays from a single laser beam by multiple imaging with binary phase grating", Opt. Eng., 281, 1989
3. H. H. Suh, C. H. Kwak, E. H. Lee, "Combined binary-phase holograms for free-space optical interconnection", Opt. Lett., 20, 1995