

DFB laser diode를 위한  $\pi$ -위상변화 회절격자 제작

백운석, 김대영, 송재원  
 경북대학교 전자공학과

Fabrication of  $\pi$  phase shifted diffraction gratings for a DFB Laser Diode

Woon-Suek Baek, Dae-Yueng Kim, Jae-Won Song  
 Dept. of Electronics Eng., Kyungpook National Univ.

Abstract

$\pi$ -phase shifted diffraction gratings for a DFB laser diode were fabricated by a laser holographic lithography on an ASA32 film. The holographic method was performed in a Michelson interferometer set-up with a quarter wavelength(exposure light source) step coated mirror.

I. 서론

DFB(Distributed Feedback) laser-diode는 좁은 스펙트럼폭을 가지므로 광대역 광 통신System의 광원(light source)으로 쓸수 있다. 그런데, 종래의 DFB laser는 Bragg 파장으로부터 같은 간격에 2개의 횡축 모드(longitudinal mode)가 발전하여 Bragg파장의 편이(deviation or jump)가 생긴다[1]. 이와 같은 문제점은 laser내의 회절격자(grating)에 위상변화를 주어 해결할 수 있다. 회절격자 제작은 정밀하게 pitch를 조정하여 전자 beam을 쬐는 방법[2], positive와 negative photoresistor를 동시에 사용하여 laser 간섭에 의한 방법[3], 부평한 contact 마스크를 이용하여 laser 간섭에 의한 방법[4], 그리고 holographic wavefront 재생 방법[6]등이 보고되었다.

본 논문에서는 Al이 1차 코팅된 거울표면에 마스크를 이용하여 간섭 광원파장의 1/4두께를 2차

코팅하고 holographic 방법(Michelson 간섭계 구조)을 이용하여  $\pi$ -위상변화 회절격자를 ASA 32 흑택필름에다 제작하였다. 제작된 회절격자에 대해서  $\pi$ -위상변화가 제대로 기록되었음을 확대사진과 회절 pattern으로 확인하였다.

II. 이론

종래의 회절격자를 가지는 DFB Laser가 Bragg 파장에서 단일모드로 발전할수 없는 것은 cavity 거울면의 영향 때문이며, 이것을 제거하여 Bragg 파장에서 단일모드로 발전할수 있도록 하는 방법은 회절격자 중앙에  $\pi$ -위상변화를 주어 얻을 수 있다.

종래의 DFB laser와  $\pi$ -위상변화의 회절격자를 가지는 DFB laser의 비교는 그림 1로 설명할수 있다.

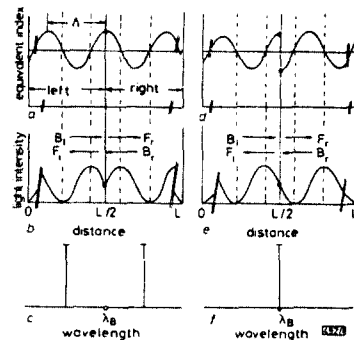


그림 1. 종래의 DFB laser와  $\pi$ -위상변화 회절격자를 가진 DFB laser의 비교. (a),(d) 등가굴절율 분포, (b),(e) 회절격자 중심부분의 Intensity분포, (c),(f) 공진 Sp-spectrum. [5]

그림 1에서  $\Lambda$ ,  $\lambda_0$ ,  $l_0$ 은 격자주기, Bragg 파장, cavity 길이이며  $F_F, B_F$ , 그리고  $F_B, B_B$ 은 각각 Forward, Backward파를 표시한다(그림 1b, e). 그림 1a는 회절격자 중앙에서 왼쪽과 오른쪽부분으로 나누어 등가굴절을 분포를 나타낸 것이다. Bragg 파장에서 정재파의 모든 마부는 등가굴절율이 진행파 방향으로 빠르게 증가되는 점에서 발생하며(그림 1b) 종래의 DFB Laser는 정재파가 부드럽게 연결되지 않아(그림 1b) Bragg 파장에서 공진이 일어나지 않는다(그림 1c). 그러나,  $\pi$ -위상변화 회절격자를 갖는 DFB Laser는 그림 1d와 같이 회절격자 중앙에서 등가굴절율이  $\pi$ -위상변화되며, 정재파는 부드럽게 연결되어(그림 1e) Bragg 파장에서 단일모드로 발진이 일어난다.

### III. 회절격자 제작 및 결과

Laser를 이용한 회절격자 pattern의 기록은 종래의 holographic 사진술과 Michelson 간섭계 구조의 holographic 사진술에 의해서 얻어질 수 있다. 전자는 비교적 긴 주기(10  $\mu\text{m}$  이상)의 pattern일 경우 set-up상의 어려움 때문에 짧은 주기(10  $\mu\text{m}$  이하) pattern을 만드는데 적당하며 후자는 긴 주기의 pattern을 얻는데 적당하다.

실험에서는 후자를 이용하였고 개략도는 그림 2와 같다. 그리고 그림 3은 실제 설치장치이다.

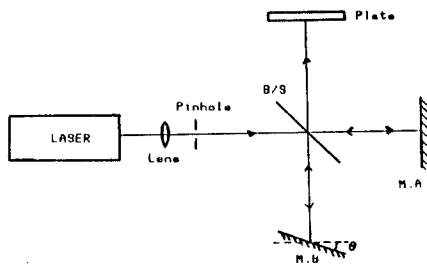


그림 2. Michelson 간섭계 구조의 holographic lithography 개략도. B/S : beam splitter, M.A, M.B : mirror

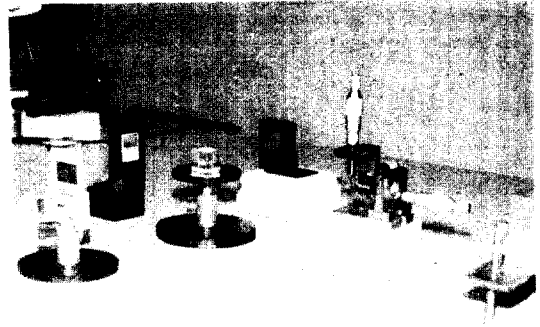
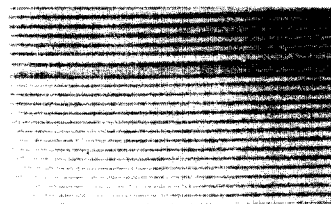
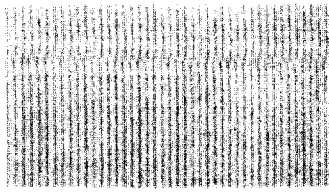


그림 3. Holographic lithography의 실제장치도

그림 2에서  $\theta$ 를 조정하여 격자주기를 조절하였다( $\Lambda = \lambda / 2\sin\theta$ ). 광원은 He-Ne laser (0.6328  $\mu\text{m}$ , 0.5mW)이며 beam폭을 확장시키고 beam의 강도분포를 균일하게 하기 위하여 대물lens(x10)와 pinhole(25 $\mu\text{m}$ )로 구성된 공간여파기(spatial filter)를 사용했다. 그리고 거울A는 Al이 열증착 방법에 의해 1차 코팅된 표면에 동판 마스크를 사용하여, 광원 파장의 1/4인 1600  $\text{\AA}$  정도의 두께를 2차 코팅하였다. 코팅된 두께 때문에 기준 beam과는  $\pi$ -위상 차이가 생긴다. 회절격자를 기록할 기판은 ASA 32 흑백필름이고 lens를 제거한 camera에 장치하여 노출 시켰다. 노출시간은 1/1000초가 적당하였다. 그림 4의 (a)는  $\pi$ -위상변화가 격자에 수평되게 제작한 격자(격자 주기 100  $\mu\text{m}$ )이고 (b)는 수직되게 제작한 경우(격자 주기 70  $\mu\text{m}$ )이다. 그림에서  $\pi$ -위상변화를 잘 보여주고 있다.



(a)



(b)

그림 4. 제작한  $\pi$ -위상변화 회절격자의 확대사진  
 (a) 격자에 수평인 회절격자, 주기 100 um  
 (b) 격자에 수직인 회절격자, 주기 70 um

주기 10 um인  $\pi$ -위상변화 회절격자를 제작하여 He-Ne laser로 회절 pattern을 관찰하였다. 그림 5에 그 1차 회절 pattern을 보여주고 있다. 그리고  $\pi$ -위상변화 때문에 생긴 중앙의 검은 부분을 볼 수 있다. 이것으로도 위상변화가 제대로 기록되었음을 알 수 있다.

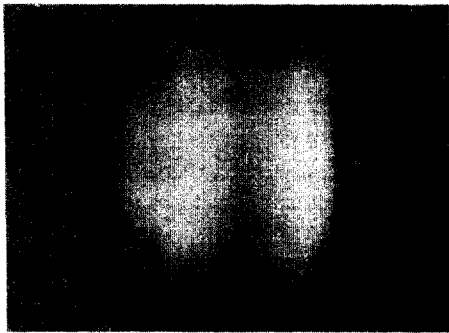


그림 5.  $\pi$ -위상변화 회절격자의 1차 회절 pattern  
 주기 10 um

#### IV. 결론

$\pi$ -위상변화 회절격자를 Al이 1차 코팅된 기판 표면에 동판 마스크를 이용하여 간섭 광원 마스크의 1/4주기로 Al을 2차 코팅하고 holographic (Michelson 간섭계 구조) 방법을 이용하여  $\pi$ -위상변화 회절격자를 ASA32 흑백필름에나 제작을

하였다. 제작된 회절격자에 대해서  $\pi$ -위상변화가 제대로 기록되었음을 확대사진과 회절 pattern으로 확인하였다.

#### 참고문헌

- [1] H.Kogelnik and C.V.Shank, J.Appl.Phys., Vol. 43,2327(1972).
- [2] Sekartedjo,k.,Eda,N.,Furuya,k.,Koyama,F., and Tanbun-Ek,T., Electron.lett., Vol.20,80-81(1984).
- [3] Utaka,k., Akiba,s., Sakai,k., and Matsushima,Y., ibid., Vol.20,1008-1010(1984).
- [4] Shilasaki,M., Soda,H., Yamakoshi,S., Ishikaya,H., and Nakajima,H., report of IBCE of Japan,QQE85-60(1985).
- [5] Ono,Y., Takano,S., Mito,I., and Nishida,N., Electron.Lett., Vol.23,57-59(1987).