

High-Low 열정착 기법을 이용한 WDM 홀로그래픽 역다중화기의 설계

Design of WDM holographic demultiplexer using a High-Low thermal fixing

박 정 호*, 전 석 희, 정 상 혁*, 정 재 원*, 이 권 연*, 김 남**

인천대학교 전자공학과, *순천대학교 전자공학과, **충북대학교 전기전자컴퓨터공학부

e-mail : abaca@incheon.ac.kr

Abstract

Holographic demultiplexer for the wavelength-division multiplexing optical communication system is proposed, and some experimental results are presented. To record the multiple holographic grating channels in the Fe:LiNbO₃ crystal, angular multiplexing and High-Low thermal fixing method are used.

1. 서론

DWDM(dense wavelength division multiplexing) 방식의 광전송을 위해서는 다수의 파장을 다중화 및 역다중화하기 위한 다채널 파장다중화기(MUX : multiplexer)와 역다중화기(DMUX : demultiplexer)의 기술개발이 필수적이라 할 수 있다. 본 논문에서는 홀로그래픽 광굴절 결정(photorefractive crystal)에 형성된 열정착-위상 부피 격자를 이용하여 DMUX를 설계하고 그 특성을 살펴보았다.

2. High-Low 열정착을 이용한 역다중화기 설계

광굴절 결정에 형성된 반사형 부피격자를 이용한 DMUX의 기본구조를 살펴보면, 파장이 λ_w 인 코히런트한 두 기록빔이 θ_{w1} , θ_{w2} 의 외부 입사 반각을 갖고 결정에 입사되면, 광굴절 효과에 의해 매질 내에 Λ 의 간격을 갖는 홀로그래픽 부피격자를 형성하게 된다. 이러한 부피격자에 1550nm 대역의 다파장 판독빔을 결정의 광축 방향에 대해 θ_R 의 각으로 입사시키게 되면, Bragg 조건을 만족하는 파장 λ_c 만 결정의 광축에 대해 θ_D 각으로 반사되고 이외의 파장은 결정을 그대로 투과하게 된다. 이러한 반사형격자 구조에서 중심파장 λ_c 를 결정하는 Bragg 조건은 다음과 같다

$$\lambda_c = \frac{n_c \cdot \lambda_w}{\sin[(\theta_{w1} + \theta_{w2})/2]} \cos[(\theta_R + \theta_D)/2]$$

여기서, n_c 는 선택되는 중심파장에 대한 매질의 굴절률이다. 따라서 광굴절 부피격자에 의해 반사되는 신호의 중심 파장은 기록빔의 파장 λ_w , 기록각, 판독빔의 입사각 θ_R 에 의해 결정된다. 본 실험에서는 홀로그래픽 위상 부피격자를 기록하기 위해 Fe의 농도가 0.015 wt.%인 CAXIS사의 LiNbO₃(5×5×16mm³)를 이용하였고 기록 광원으로는 532nm 파장의 Nd:YAG 레이저를 사용하였다. 그리고 두 기록빔의 입사각 조정을 위해 홀로그래픽 메모리 시스템에서 일반적으로 적용하고 있는 4-f 시스템을 이용하였으며, 또한 두 기록빔의 입사각을 $\theta_{w1}=50^\circ, \theta_{w2}=48^\circ$ 로 하였다. 그리고 각 채널의 중심파장에 따른 기록각을 0.001°까지 변화시켜주기 위해 컴퓨터로 제어가 가능한 정밀 회전 모터 스테이지(moterized rotation

stage) 및 렌즈 조합을 사용하였고 결정에 입사되는 편광빔의 파장은 1520~1600nm 범위의 파장 대역을 갖는 파장 가변 레이저(wavelength tunable laser)를 사용하였다. 실험 과정은 Fe:LiNbO₃ 결정을 Heating Plate에 위치시키고 온도에 대한 물리적 손상을 줄이기 위해 상온에서 100~200°C까지 순차적으로 온도를 증가시킨 후 기록하고 온도를 순차적으로 감소시켰다. 그리고 결정의 온도가 상온이 된 후 할로겐 램프를 이용해서 현상을 하고, 기록된 홀로그래픽 필터의 스펙트럼 특성을 관찰하기 위해 다파장 가변 레이저와 OSA를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과

그림 1은 LiNbO₃ 결정에서 읽기빔을 조사하는 동안 시간에 따른 회절효율 특성 곡선(A), 열 정차 후에 두 기록빔 중 기준빔만을 결정에 통과시켜 현상시켰을 경우 정착된 홀로그래픽에 대한 회절효율 특성 곡선(B) 그리고 할로겐 램프로 현상시켜 향상된 홀로그래픽에 대한 회절 효율 특성곡선(C)을 나타내었다. 그림 2는 High-Low 방법을 이용한 4채널 DMUX에서의 스펙트럼 특성곡선을 나타내었다.

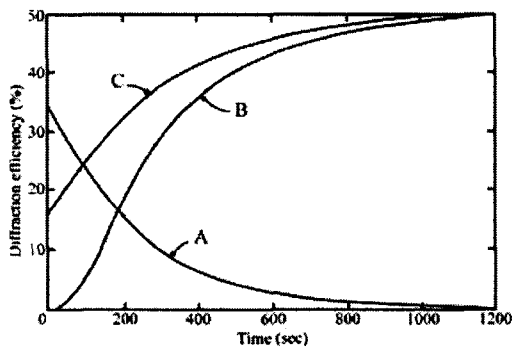


그림 1. 위상 부피 격자 회절효율 특성 곡선.

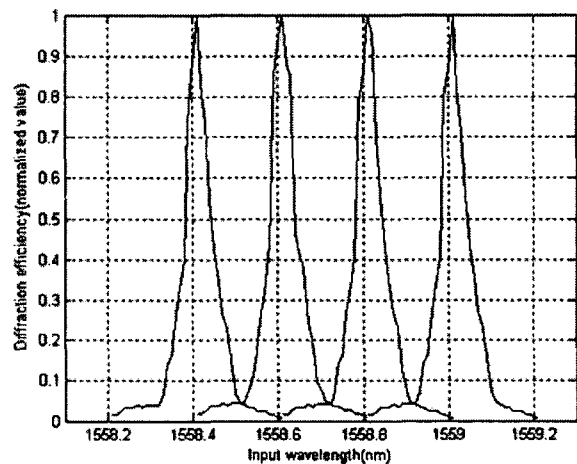


그림 2. 4채널 DMUX에서의 스펙트럼 특성

4. 결론

본 논문에서는 Fe:LiNbO₃결정을 이용하여 홀로그래픽 DMUX를 구성하기 위한 이론적 설계 조건 등을 분석하고 실험하였다. 그리고 부피 격자를 고정시키기 위해 High-Low 열정착 기법을 도입하여 기록하고 그 특성을 분석하였고, 광학 소자로의 적용 가능성을 입증하였다.

* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01 -2001-000-00324-0(2002))와 인천대학교 교내연구비(2003년도) 지원으로 수행되었음.

[참고문헌]

- [1] S. Breer, K. Buse, "Wavelength demultiplexing with volume phase holograms in photorefractive lithium niobate," Appl. Phys., B 66, pp. 339-345, 1998
- [2] J. W. An, N. Kim, K. Y. Lee, "Volume holographic wavelength demultiplexer based on rotation multiplexing in the 90° geometry," Opt. Comm, vol. 197, pp. 247-254, 2001