

광굴절  $\text{LiNbO}_3$  결정의 다중 기록 특성을 이용한  
협대역  $1 \times 16$  역다중화기  
Narrowband  $1 \times 16$  DMUX using multiple recording of  
photorefractive  $\text{LiNbO}_3$  crystal

안준원\*, 김 남\*, 이권연\*\*, 이현재\*\*\*, 서완석\*\*\*

\*충북대학교 공과대학 전기전자공학부

\*\*순천대학교 공과대학 전자공학과

\*\*\* 한국전자통신연구원 광다중화팀

jwahn@osp.chungbuk.ac.kr

광전달망에서 전송용량의 폭발적인 수요 증가에 대처하기 위한 최적의 솔루션으로 파장분할다중화(WDM: wavelength division multiplexing) 방식이 도입되고 있으며, 그 적용 영역 또한 장거리 시외망, 단거리 시내망부터 인터넷 트래픽 전달용 백본망을 위한 핵심기술로 정착될 것으로 예측하고 있다. WDM 광전송 방식은 기존의 시분할 다중(TDM: time division multiplexing) 방식이 갖는 동기식(SDH: synchronous digital hierarchy) 전송기술의 한계를 보완할 수 있으며, 신호의 다중화 및 역다중화 구성 체계가 단순하고, 입력 광신호에 대한 신호속도나 형태등의 제한도 없기 때문에, 기존의 동기식 전송에 비해 전송용량을 쉽게 확장할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 WDM 광전송 시스템에서 서로 다른 파장을 갖는 광원의 신호들을 결합하여 단일 광섬유를 통해 전송하고, 수신단에서는 파장에 따라 신호를 분리하기 위한 다채널 다중화기(MUX: multiplexer) 및 역다중화기(DMUX: demultiplexer)는 가장 필수적인 소자이다. ITU-T의 권고안에 따르면 채널별 출력광원의 파장은  $1552.32\text{nm}(193.1\text{THz})$ 를 기준 파장으로 하고, 기준파장으로부터  $0.8\text{nm}(100\text{GHz})$ 의 정수배에 해당하는 채널간격으로 분리된 파장을 할당하고 있으며, 광 다중/역다중화 소자 구현시에는 소자의 삽입손실, 채널간의 손실차, 채널 대역폭, 채널간격, 편광 의존성, 온도 의존성 등이 고려되어야한다. 본 논문에서는 광굴절 부피격자의 협대역 파장선택성과 회전다중화 기술을 이용해 서로 다른 파수벡터 방향을 갖는 다수의 회절격자를 결정 내의 동일한 위치에 다중기록 시킨 후 기록된 격자 수만큼의 독립 채널 신호를 공간적으로 분리·선택해 낼 수 있는 구조를 적용하였다. 이 경우 N개의 서로 다른 파장 신호를 동시에 선택하기 위해 요구되는 수신빔의 입사각은 한 각도로 고정되므로 소자 구현이 쉽고, N개의 회절격자가 한 위치에 다중 기록되므로 잡음 및 손실의 누적이 없을 뿐 아니라 채널 확장이 용이한 이점을 갖는다. 동일한 파장선택성을 갖는 다수의 회절격자를 결정 내의 한 위치에 다중 기록하기 위해 홀로그래픽 광 메모리 시스템에 일반적으로 적용되고 있는 회전 다중화(rotation multiplexing) 기법<sup>[1]</sup>이 이용되었으며, 각 채널의 균일한 회절효율을 유도하기 위해 노출시간계획(exposure time schedule)<sup>[2]</sup>이 적용되었다.

그림 1은 두 기록빔의 입사각 변화와 필터 중심파장 변화의 상호관계를 나타내기 위한 벡터도이다. 그림에서 S, R은 초기 회절격자를 기록하기 위한 신호빔과 기준빔을 나타내며, 이때 형성되는 파수 벡터의 방향은 K라 가정한다. 이러한 회절격자에 다중화되어 수신된 빔 M이 기준빔에 대해  $\theta_R$ 의 각도로 입사되면  $M_f$  방향으로  $\lambda_f$  파장의 빔이 회절되고, 신호빔과 기준빔이  $\delta\theta$ 만큼 변화된 조건으로 입사되면 파수벡터의 방향은 K'으로 변화되어 회절되는 빔은  $\lambda_f + \delta\lambda$ 의 중심파장을 갖게된다. 따라서, 중심파

장을  $\delta\lambda$  만큼 변화시키기 위한 각도  $\delta\theta$  만큼 변화시켜 N개의 회절격자를 다중 기록시키면  $1 \times N$  DMUX 로의 적용이 간단히 이루어진다. 그림 2는 광굴절 16 채널 DMUX 구현을 위한 실험 구성도이다. 기록광원은 42mW의 출력 파워를 갖는 632.8nm의 헬륨-네온 레이저를 사용하였으며, 신호빔은  $3.19\text{mW}/\text{cm}^2$ , 기준빔은  $8.71\text{mW}/\text{cm}^2$ 의 세기를 갖는다. 기록빔은 공간 필터(S.F: spatial filter)와 렌즈를 통해  $8 \times 1\text{mm}$ 의 폭을 갖고 결정에 입사되도록 조정하였고, 빔 분할기(B/S: beam splitter)에 의해 나뉘어진 두 빔이 결정 내에서 결합된다. 16개 채널을 모두 기록한 후 각 채널의 특성을 조사하기 위한 가변 광원은 660~680nm 범위에서 튜닝 가능하며, 파장은 광 주파수 분석기(OSA: optical spectrum analyzer)를 통해 관찰하였다.

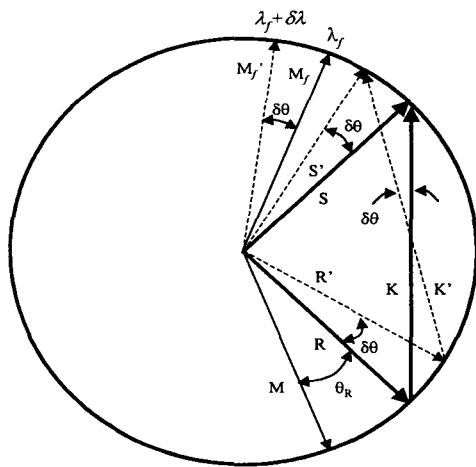


그림 1. 기록빔 각도 변화와 중심파장

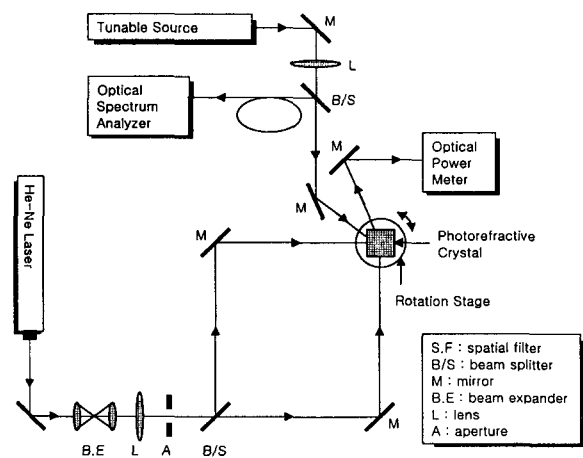


그림 2. 광굴절 DMUX 실험 구성도

실험 결과 각 채널의 3dB 통과대역은  $0.16\text{nm} \pm 0.005\text{nm}$ 의 특성을 보였으며, 채널 간격은  $0.46\text{nm} \sim 0.5\text{nm}$ 이다. 각 채널의 반사율은  $8.3\% \pm 0.62\%$ 이고, 이 값은 격자 기록 및 판독시 최적의 회절효율을 갖는 조건 도출에 의해 향상될 수 있다. 각 채널 반사율에 있어서의 편차는 평균값에 대해 약 7.5%의 차이를 갖는데, 광굴절 매질의 기록상수 및 삭제 상수를 정확히 측정해 노출 시간 계획을 적용하면 더욱 일정한 반사 특성을 갖는 DMUX 구현이 가능하며, 프레넬 반사 및 흡수에 의한 손실은  $\sim 2.22\text{dB}/\text{cm}$ 이다.

본 연구는 한국전자통신연구원의 연구비지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

- [1] J. Hong, I. McMichael, T. Y. Chang, W. Christian, and E. G. Paek, "Volume holographic memory systems: techniques and architectures," Opt. Eng., vol. 34, no. 8, pp. 2193-2203, Aug., 1995
- [2] H. Y. S. Li and J. Hong, "Nonuniformity in hologram diffraction efficiency from time constant error in the recording schedule," J. Opt. Soc. Am. B, vol. 13, no. 5, pp. 894-899, May 1996