

장주기 광섬유 격자에서 교차 위상 변조를 이용한 광스위칭

All-Optical Switching Using Cross-Phase Modulation in Long Period Fiber Grating

정 윤 찬, 이 병 호

서울대학교 전기공학부

E-mail : byoungcho@plaza.snu.ac.kr

장주기 광섬유 격자는 광섬유 브래그 격자에 비해서 광섬유 격자 내에서의 효과 굴절률 변화에 따른 투과 스펙트럼 특성이 매우 민감한데, 이는 공명 모드 결합을 유도하는 격자 벡터가 상대적으로 작기 때문이다. 다시 말해서, 진행하는 단일 모드의 코어 모드와 공명 모드 결합되는 클래딩 모드 사이의 효과 굴절률 차이가 작기 때문에 온도, 광강도 등에 따른 작은 효과 굴절률 변화에도 투과 스펙트럼이 영향을 받게 되는 것이다. 이러한 특성을 이용하여 최근 장주기 광섬유를 이용한 전 광스위칭에 대한 연구가 주목 받고 있다^[1]. 즉, 입사광의 광강도에 따른 광섬유 모드의 효과 굴절률 변화를 유도하여 장주기 광섬유 격자의 투과 손실 스펙트럼을 변화시킴으로써 전 광스위칭에 응용하는 것이다. 특히, 수 센티미터의 광섬유 격자 길이만으로도 효과적인 스위칭이 가능하기 때문에 긴 도파 경로를 갖는 기존의 광섬유 감쇠계를 이용하는 구조에 비해 보다 간단해 질 수 있는 장점이 있다.

이러한 장주기 광섬유 격자의 비선형적 특성에 대한 이론적 연구로 표본화된 결합 모드 이론을 이용한 광섬유 격자 해석법이 최근 발표된 바 있다^[2]. 이에 따르면 광강도에 따른 효과 굴절률 변화를 유도하는 비선형 유전율은 다음의 식과 같이 표현된다.

$$\Delta\epsilon_{NL(q)} = \epsilon_0 \frac{3}{4} \chi^{(3)}(r, \phi, z) \cdot \sum_{(q,s)} \alpha_{(q,s)} |E_s(t, z)|^2 |\hat{e}_s|^2, \quad \alpha_{(q,s)} = \begin{cases} 1 & (q=s) \\ 2 & (q \neq s) \end{cases}$$

그림 1과 같은 장주기 광섬유 격자 광스위칭 구조에서 공명 광파장을 광신호 파장보다 수 나노미터 짧은 쪽에 위치 시킬 때, 진행하는 광신호에 강한 펄프광을 동기 시키게 되면 펄프광으로부터의 교차 위상 변조에 의해 동기된 광신호의 효과 굴절률이 증가하게 된다. 효과 굴절률의 증가는 장주기 광섬유 격자 공명 광파장의 장파장 쪽 천이를 유도하여, 이로부터 광신호 파장에서 공명 결합이 일어나게 되고 따라서, 동기된 광신호는 장주기 광섬유 격자를 진행하면서 클래딩모드로 손실된다. 다음의 그림들은 장주기 광섬유 격자에서 자기 및 교차 위상변조에 의한 광펄스의 투과 특성에 대한 해석 결과들이다.

[참고 문헌]

1. B. J. Eggleton, R. E. Slusher, J. B. Judkins, J. B. Stark, and A. M. Vengsarkar, *Opt. Lett.*, vol. 22, 883, 1997.
2. 정윤찬, 이병호, 제13회 파동 및 레이저 학술 발표회, p. 12, 1998.

[그림 설명]

그림 1. 장주기 광섬유 격자에서 교차 위상 변조를 이용한 광스위칭.

그림 2. 입사 광강도에 따른 장주기 광섬유 격자의 광투과율. 입사광 : 80 ps (FWHM), 1064 nm
굴절률 변조 : 5×10^{-4} , 격자 길이 75 mm, 격자 주기 : (a) 330 μm , (b) 331.05 μm , (c) 330.55 μm .그림 3. 선형 공명 광파장이 입사광 파장보다 짧은 경우 광강도에 따른 광펄스의 투과. 입사광 : 80 ps (FWHM), 1064 nm, 굴절률 변조 : 5×10^{-4} , 격자 길이 75 mm, 격자 주기 : 330 μm .

그림 4. 선형 공명 광파장이 입사광 파장과 일치 할 경우 광강도에 따른 광펄스의 투과. 입사광 : 80 ps

(FWHM), 1064 nm, 굴절률 변조 : 5×10^{-4} , 격자 길이 75 mm, 격자 주기 : 331.05 μm .

그림 5. 교차 위상 변조에 의한 광스위칭. 신호광 : 80 ps (FWHM), 1550 nm, 25 MW/cm² (최대 광강도), 펌프광 : 80 ps (FWHM), 1064 nm, 25 GW/cm² (최대 광강도), 굴절률 변조 : 2.5×10^{-4} , 격자 길이 55 mm, 격자 주기 : 490 μm .

그림 6. 교차 위상 변조에 의한 광스위칭. 신호광 : 80 ps (FWHM), 1550 nm, 25 MW/cm² (최대 광강도), 펌프광 : 160 ps (FWHM), 1064 nm, 25 GW/cm² (최대 광강도), 굴절률 변조 : 2.5×10^{-4} , 격자 길이 55 mm, 격자 주기 : 490 μm .

※ 본 연구는 KIST를 통해 지원 받은 과학기술부 미래원천기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

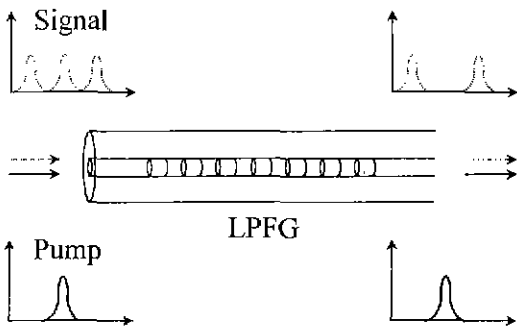


그림 1.

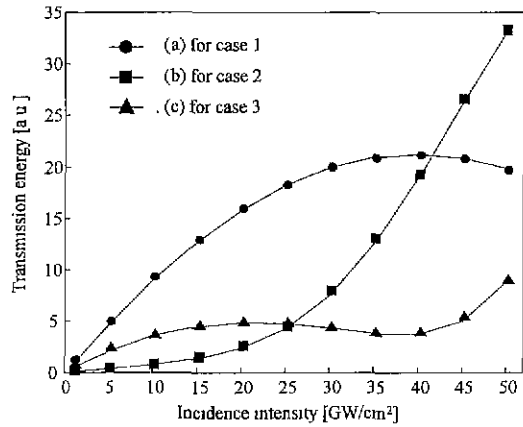


그림 2.

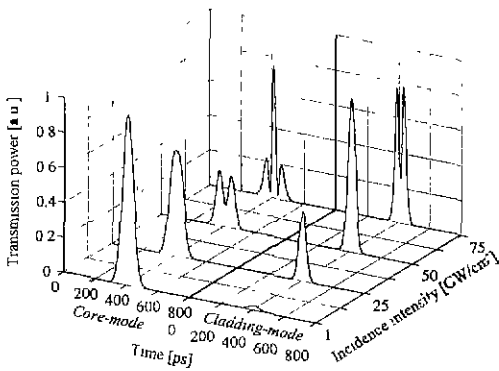


그림 3.

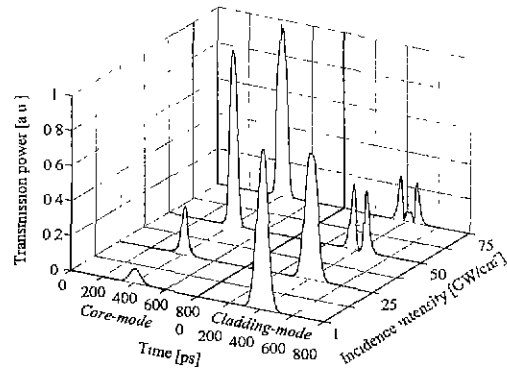


그림 4.

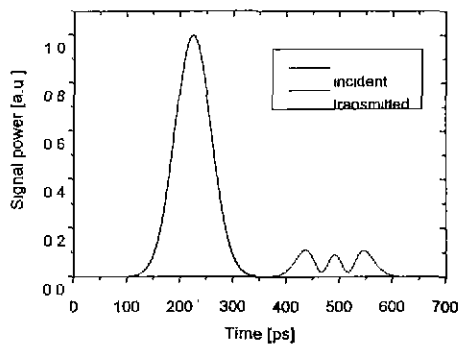


그림 5.

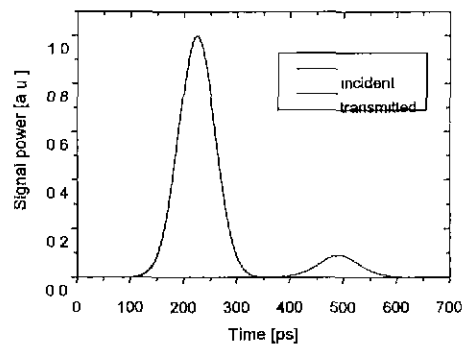


그림 6.

