

# 선형적으로 처핑된 광섬유 격자의 측면 식각을 이용한 가변대역 반사형 필터

## Bandwidth-tunable reflection type filter using a side-polished linearly chirped fiber Bragg grating

전영희, 권재중, 이병호  
서울대학교 전기 공학부  
byoungcho@snu.ac.kr

파장 분할 다중화 시스템에서 특정한 파장 대역을 선택적으로 투과하거나 반사할 수 있는 가변적인 광소자는 매우 중요한 역할을 수행한다. 이러한 가변 대역 필터로는 평면 광파회로(1)를 이용하거나 MEMS 칸틸레버(2)를 이용하는 방법, 처핑된 광섬유 격자(3)를 이용하는 방법 등이 보고 된 바 있다. 그 중 처핑된 광섬유 격자(Chirped Fiber Bragg Grating, CFBG)를 이용하는 방법이 광섬유 격자 특유의 저 손실, 소규모, 낮은 비선형성, 그리고 반사파장 변화의 용이성으로 인해 크게 각광받고 있다. CFBG는 일반적인 광섬유 격자와는 달리 넓은 영역의 반사파장을 가지는 광소자이다. 반사파장을 조절하는 일반적인 방법에는 스트레인 분포를 조절하는 방법과 온도 분포를 조절하는 방법이 있다. 이것은 광섬유 격자의 반사 파장이 온도와 스트레인에 대해 선형적인 변화를 보이는 것을 이용한 것이다. 그러나 이러한 방법은 광섬유 격자 전체에 변화를 가하는 것으로 특정 파장을 선택적으로 변화시킬 수 없는 단점이 있었다. 따라서 본 논문에서는 선형적으로 처핑된 광섬유 격자를 측면 식각을 통해 클래딩 모드를 제거하여 반사 파장 대역을 외부에서 쉽게 변화시킬 수 있도록 함으로써 반사 파장 대역의 변화가 가능한 반사형 필터를 제안하고자 한다.

### 1. 실험 개요 및 개념

그림 1의 오른쪽 삽입그림은 식각을 통해 한 쪽 측면의 클래딩이 제거된 CFBG의 단면을 보여주고 있다. 클래딩 영역이 제거되면 광섬유의 코어로 진행하는 빛의 에버네스트 필드가 외부로 노출되게 된다. 이 노출된 영역은 외부의 변화에 민감해지게 되어 외부 굴절률 변화에 쉽게 반응하게 된다.

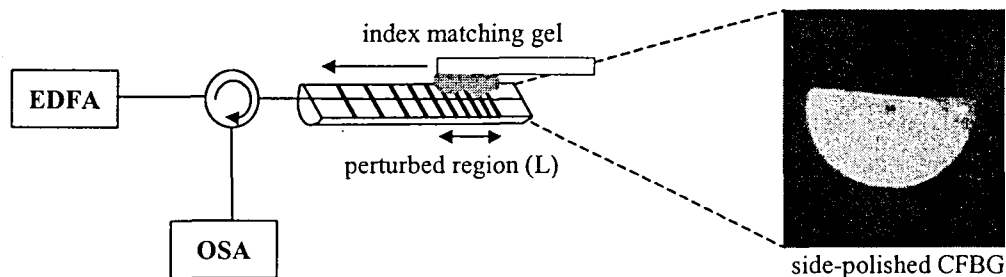


그림 1. 실험 구성도와 측면 식각된 광섬유 격자의 단면 (삽입 사진)

본 실험에서는 광섬유의 코어보다 굴절률이 높은 굴절률 정합 젤(index matching gel)을 사용하여 광섬유 격자의 식각된 면에 변화를 주었다. 간단한 실험도는 그림 1과 같다. 굴절률 정합 젤이 묻은 영역에 해당하는 반

사파장은 코어에 새겨진 굴절률의 변화 즉 격자구조를 느끼지 못하기 때문에 더 이상 반사가 일어나지 않아 격자가 지워지는 효과를 보이게 된다.

2. 실험 결과 및 결론

실험에서 사용한 광섬유 격자는 코어와 클래딩의 반지름이 각각 4  $\mu\text{m}$ , 62.5  $\mu\text{m}$ 인 단일 모드 광섬유에 5 cm 길이의 선형적으로 처핑된 위상 마스크를 사용하여 제작되었다. 이를 각각 15, 9, 5, 3  $\mu\text{m}$ 의 래핑 필름을 이용하여 코어 영역 근처까지 약 51  $\mu\text{m}$  정도를 식각하였다. 실험에서는 식각된 광섬유 격자의 단파장 쪽에서부터 굴절률 정합 젤을 가해 지역적인 전파 손실을 조절하였다. 굴절률 정합 젤은 코어의 굴절률보다 약간 높은 굴절률을 갖기 때문에 장파장 영역으로 입력 신호를 넣었을 때 짧은 반사 파장부터 소멸되는 것을 확인 할 수 있었다. 그림 2는 그러한 반사 스펙트럼의 변화를 나타내고 있다. 외부 굴절률에 영향을 받는 길이가 늘어날수록 찌그러진 파형을 보이는데 이는 좀더 균일한 식각 과정을 통해 해결할 수 있을 것이다. 그림 3은 변조 위상 천이 방법을 통한 상대적인 그룹 지연을 측정된 결과 그래프이다. 외부 굴절률 변화의 길이가 길어질수록 단파장쪽 반사 대역이 줄어들고 따라서 그에 따른 상대적인 그룹 지연의 선형적인 구간도 줄어든다는 것을 확인 할 수 있었다.

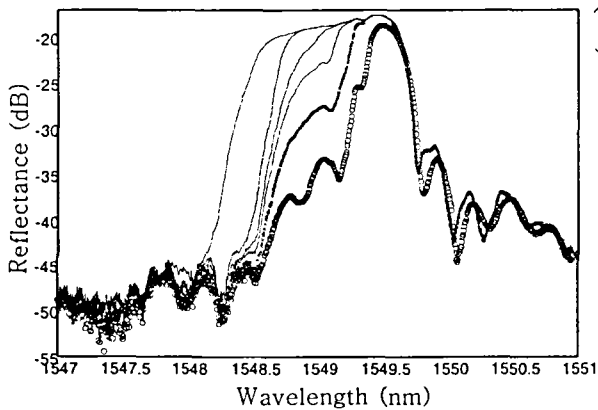


그림 2. 반사 스펙트럼  
( 왼쪽에서부터 L=0, 1, 2, 3, 4, 5 cm )

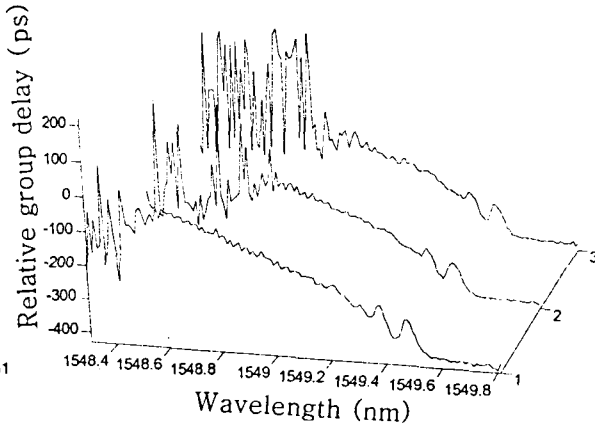


그림 3. 그룹 지연  
( 1: L=0 cm, 2: L=1cm, 3: L=4cm )

그림 2의 결과로부터 선형적으로 처핑된 광섬유 격자의 측면을 식각함으로써 외부의 굴절률 변화에 따라 반사대역을 가변시킬 수 있는 필터로의 응용 가능성을 확인하였다. 또한 그림 3의 결과로부터 각기 다른 L값에 대한 상대적인 그룹 지연의 변화를 확인하였다. 이로부터 측면 식각한 CFBG를 구부림으로써 반사 스펙트럼을 조절하면 파장대역을 고정시키면서 그룹 지연의 기울기를 조절하는 것이 가능하기 때문에 색분산 보상을 위한 광통신 소자로 응용할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이에 대한 연구가 현재 진행 중에 있다.

1. E. Pawlowski, K. Takiguchi, M. Okuno, K. Sasayama, A. Himeno, K. Okamoto, and Y. Ohmori, "Variable bandwidth and tunable centerfrequency filter using transversal-form programmable optical filter," *EL* 32, 113-114 (1996)
2. E. Fourn, C. Quendo, E. Rius, A. Pothier, P. Blondy, C. Champeaux, J.C. Orlianges, A. Catherinot, G. Tanne, C. Person, and F. Huret, "Bandwidth and central frequency control on tunable bandpass filter by using MEMS cantilevers," *MTT-S* 1, 523-526 (2003)
3. S. W. Kwon, H. Yoon, S. H. Lee, S. B. Lee, and S. S. Choi, "Bandwidth controllable filter using the chirped fiber Bragg gratings," *OFC3*, 141-143 (1999)

FD