

# 빛의 세기 측정을 이용한 광섬유 격자 비틀림 센서

## Fiber Grating-based Torsion Sensor with Intensity Measurement

박현수, 송중섭\*, 한원택, 백운출, 정영주\*\*  
 광주과학기술원 정보통신공학과, \*Kovecom  
 \*\*ychung@kjist.ac.kr

광센서로 이용되는 광섬유 브래그 격자(이하 FBG)는 주변 환경에 대한 반응을 공진파장의 이동으로 나타내기 때문에 이것을 측정하기 위해서는 광 스펙트럼 분석기(OSA)가 반드시 필요하다. 그러나 상용화된 광 스펙트럼 분석기는 고가이며 부피가 커서 광섬유 격자가 광센서로 상용화되는데 걸림돌이 되어 왔다. 이런 단점을 보완하기 위해서 많은 연구가 진행되어 왔으며 그 중에서 가장 잘 알려진 기술로는 Mach-Zehnder Interferometer(MZI) 같은 간섭계를 이용한 방법과 Fabry-Perot (FP) filter, acousto-optic filter, FBG-based filters 등과 같은 변조기를 사용하여 광신호를 전기 신호로 바꿔 실시간으로 측정하는 방법들이 있다.<sup>(1)-(3)</sup> 그러나 이런 방법들은 광섬유 격자 자체를 이용하는 것이 아니고 추가의 광부품이 사용되어 이점을 충분히 사용하지 못하는 단점을 갖는다. 그래서 최근 광섬유 격자 자체를 이용하여 공진 파장 변화가 아닌 광신호의 세기를 변화시키는 기술들이 연구되고 있다.<sup>(4)</sup> 이 논문에서는 광섬유 격자의 공진 파장의 변화를 대신에 광신호의 세기를 측정하는 기술을 이용한 새로운 광섬유 격자 비틀림 센서에 대하여 논의하고자 한다.

### 1. 실험 및 결과

광섬유 격자는 5일간 100℃, 100 기압에서 5일간 수소처리된 Fibercore의 광민감성(Photosensitivity) 광섬유에 주기 1060 nm의 위상마스크와 244 nm의 파장을 가진 엑시머 레이저를 이용하여 제작되었고 그림 1에서처럼 유연한 플라스틱 바 위에 접착되었다. 광섬유 격자의 길이는 2.5 cm이고 공진 파장은 1538 nm이며 처평되어 있지 않은 단순 광섬유 격자이다. 광섬유 격자의 반사 스펙트럼을 측정하기 위해서 HP broadband source 83437A와 OSA, circulator가 사용되었고 광섬유 끝단에서의 반사 잡음을 제거하기 위해서 index matching oil을 처리하였다.

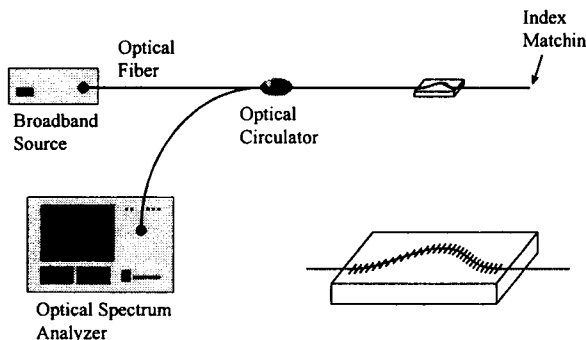


그림 1. 광섬유 격자 센서 시스템 구성도.

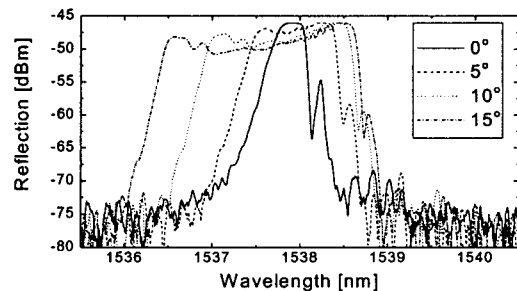


그림 2. 비틀림에 따른 반사스펙트럼의 변화.

비틀림 측정을 위하여 광섬유 격자가 부착된 플라스틱의 한쪽 끝은 고정시키고 다른 한쪽을 비틀면서 광섬유 격자의 반사 스펙트럼을 관찰하였다. 그림 2에 알 수 있듯이 광섬유 격자 센서의 비틀림이 커질수록 반사 스펙트럼의 밴드폭이 넓어진다. 비틀림에 따라 광섬유 격자 반사 스펙트럼의 밴드폭이 변하는 이유는 광섬유 격자를 플라스틱 바에 직선형태로 부착한 것이 아니고 곡선을 가진 형태로 부착함으로써 비틀림이 발생할 때 각 구간별로 광섬유 격자에 가해지는 스트레인의 차이에 의하여 광섬유 격자에 비선형적인 처핑이 생성되게 되고 이것으로 인해 반사 스펙트럼의 밴드폭이 변하게 되는 것이다. 그림 3은 비틀림에 따른 광섬유 격자 반사 스펙트럼의 밴드폭 변화를 나타낸 것으로 거의 비례적으로 변하는 것을 알 수 있다. 이 비틀림에 따른 비선형적인 처핑 현상을 광센서에 적용하면 밴드폭이 커짐이 따라 더욱 많은 파장을 반사하게 되어 반사되는 광신호의 세기가 증가하게 된다. 따라서 그림 4에서 보여지는 것과 같이 OSA 없이도 비틀림을 광신호의 세기만으로 측정할 수 있게 된다. 그림 4에서 반사된 광신호의 출력이 비례적으로 증가하지 못하고 4° 이상부터는 점차 줄어들어 포화되는 것처럼 보이는 것은 입력된 broadband source의 광세기가 1550 nm를 기준으로 점차 감소하고 반사 스펙트럼에서 밴드폭은 넓어지는 반면에 세기는 감소하기 때문이다. 다시말하면 입력된 신호의 세기와 반사 신호의 세기가 줄어들어서 측정결과에 포화현상이 발생한 것이다. 이것은 그림 3과 그림 2를 통하여서도 확인할 수 있는데 그림 3에서 보면 반사 스펙트럼의 밴드폭은 계속해서 증가하는 것을 볼 수 있으며 그림 2에서 보면 반사 스펙트럼의 최고치가 점차 줄어드는 것을 알 수 있다. 이것은 입력 광원과 광섬유 격자 설치, 부착될 광섬유 격자 모양의 의하여 해결될 수 있다.

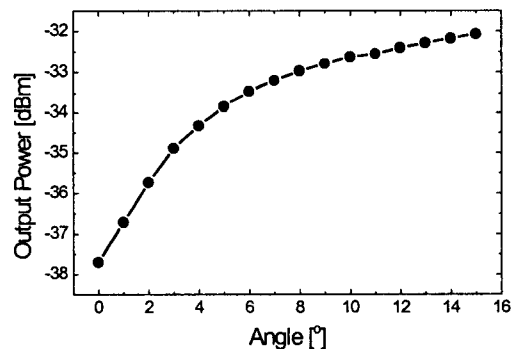
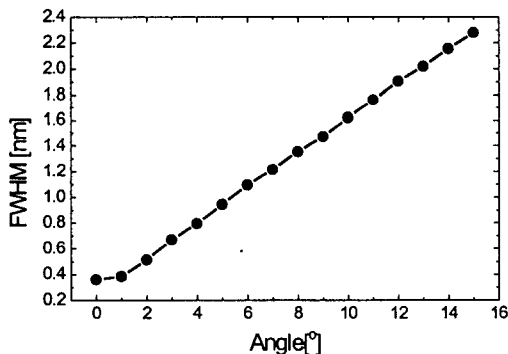


그림 3. 비틀림에 따른 격자의 밴드폭 변화.      그림 4. 반사된 광신호와 비틀림과의 관계.

## 2. 결론

FBG나 LPFG를 이용하는 광섬유 센서는 일반적으로 OSA를 사용하거나 처핑된 FBG를 이용하는데 OSA는 고가이며 처핑된 FBG는 제작공정이 복잡하고 제작비용이 비싼 문제가 남는다. 이 논문에서는 훨씬 간단하며 경제적인 일반 FBG를 이용하여 비틀림을 OSA 없이도 광신호의 세기로만 측정할 수 있는 방법을 제시하였다. 이 광섬유 격자 센서는 스트레인, 온도, 압력 등을 측정하는데도 사용될 수 있으며 공진 파장의 이동 측정 대신에 광신호의 세기만을 측정하므로 보다 쉽게 광센서에 활용될 수 있다.

## 3. References

1. M. A. Davis *et al*, *Proc. SPIE 1995*, vol. 2446, p. 227, (1995).
2. M. G. Xu *et al*, *Electron. Lett.*, vol. 29, no. 17, pp. 1510-1511, (1993).
3. D. A. Jackson *et al.*, *Opt. Lett.*, vol. 18, no. 14, pp. 1192-1194, (1993).
4. S. Y. Set *et al*, *CLEO'01*, Baltimore, MD, pp. 496-497, paper CTh02, (2001).
5. J. Song *et al*, *OFS 2002*, Portland, pp. 231-234, paper TuP27, (2002).