

## 잡음축소된 광섬유 증폭기형 광원 방식의 자이로스코프

### Noise Subtraction in a Fiber-Optic Gyroscope with Fiber Amplifier/Source Configuration

진영준\*, 박태용, 박희갑\*

전북대학교 물리학과

hgpark@phy0.chonbuk.ac.kr

Erbium 첨가 광섬유(EDF) 광원은 출력 특성과 온도에 대한 파장 특성이 우수하여 Sagnac 간섭계의 원리를 이용한 광섬유 자이로스코프(이하 줄여 자이로라 함)에 많이 사용되고 있다. 이득매질인 EDF를 광원 겸 광증폭기로 사용하는 광섬유 증폭기형 광원 (Fiber Amplifier/source : FAS) 방식<sup>[1-2]</sup>은 기존의 single-pass 방식<sup>[3]</sup>에 비해서 구조가 단순하고 검출광 power가 크다는 장점이 있다. 그런데, 검출광 power가 큰 경우에 자이로의 SNR이 광원의 과잉잡음(excess noise)에 의해서 제한되므로 실제로 자이로의 측정감도는 개선되지 않는 문제점이 있다.<sup>[4]</sup> Single-pass 방식의 광원을 사용하는 경우, 적절한 신호처리를 통해 자이로 출력신호에 포함된 광원의 과잉잡음의 적정주파수 성분을 소거함으로써 자이로 신호의 SNR을 개선시킨 바 있었다.<sup>[5]</sup> 그러나, 일반적으로 single-pass 방식의 경우에는 검출광 power가 작아서 자이로의 SNR이 광원의 과잉잡음에 의해서 제한되는 경우는 드물다. 반면에 증폭기형 광원 방식은 자이로로부터 되돌아오는 신호광이 다시 광원으로 입사되어 EDF를 반대 방향으로 진행하는 동안 증폭되기 때문에 충분히 큰 검출광 power를 얻을 수 있다. 따라서, 자이로 신호에 포함된 광원의 과잉잡음이 소거된다면 자이로 신호의 SNR은 크게 개선될 것으로 여겨진다. 이 논문에서는 광섬유 증폭기형 광원 방식(FAS)의 자이로에 대해 위와 같은 신호처리를 이용하여 광원의 과잉잡음의 적정주파수 성분을 소거하는 실험을 하였다.

그림 1은 자이로 출력에 포함된 잡음을 소거하기 위한 실험장치 구성도이다. 이 실험에서의 증폭된 평균 검출광 power는 1 mW였으며, 자이로의 적정주파수는 455 kHz였다. 한편, single-pass 방식으로 광원을 구성한 경우에는 자이로 신호의 평균 검출광 power가 28  $\mu$ W로 증폭기형 광원 방식이 상대적으로 35배 정도의 큰 검출광 power를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 그림 1에서 광원에 포함된 잡음성분을 ac 결합된 광검출기(PD2)로 검출하여, 광원의 잡음신호를 전기적 증폭기를 거쳐 자이로 출력 신호와 곱하였다. 이 곱한 신호를 다시 자이로 출력 신호에 더해 주면 자이로 출력 신호와 광원의 잡음신호간의 시간지연에 해당하는 주파수 성분의 광원 과잉잡음이 소거된다. 그림 2는 증폭된 자이로 신호와 광원 출력의 규격화된 광학적 스펙트럼을 나타낸 결과인데, 자이로 신호와 광원 출력의 스펙트럼들이 서로 일치되지 않음을 알 수 있었다. 자이로에 위상변조를 하지 않은 경우에 대해서, 자이로 출력단에서의 noise floor를 스펙트럼 분석기(RF spectrum analyzer)로 측정하여 그 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림 3-(a)는 광원의 잡음을 소거하기 전의 자이로 출력을 그림 1의 "A"의 위치에서 측정한 결과이고, 3-(b)는 신호처리를 거쳐 잡음을 소거한 자이로 출력을 그림 1의 "B"의 위치에서 측정한 결과이다. 그림 3에서 신호처리를 통해 잡음을 소거한 경우가 소거하지 않은 경우에 비해서 자이로 출력 스펙트럼의 적정주파수 성분의 잡음이 8.5 dB가 감소하였다. 한편, single-pass 방식의 경우에 같은 신호처리를 통해서 14 dB의 잡음을 소거했었는데,<sup>[5]</sup>

\* 진영준 : 한국과학기술원 전자광학특화연구센터에서 전북대 기초과학연구소로 파견중

증폭기형 광원 방식의 경우에는 자이로 신호의 SNR이 광원 출력과 자이로 신호 스펙트럼간의 불일치에 의해서 제한된 것으로 여겨진다. 그리고, single-pass 방식에서는 소거되는 주파수 성분이 적정주파수와 일치하지만,<sup>[5]</sup> 증폭기형 광원 방식에서는 자이로 출력 신호가 다시 EDF를 반대 방향으로 통과하기 때문에 적정주파수 성분에서 벗어난 주파수 성분의 광원 과잉잡음이 소거되었다. 따라서, 증폭기형 광원 방식에서 적정주파수 성분의 과잉잡음을 소거하려면 짧은 길이의 EDF를 사용하여 그 효과를 상쇄시키거나, 아니면 EDF의 길이만큼의 지연광섬유를 광원잡음을 검출하기 전에 연결하면 해결할 수 있다.

[참고문헌]

- [1] H. G. Park, K. A. Lim, Y.-J. Chin, and B. Y. Kim, J. Lightwave Technol. 8, 1587 (1997).
- [2] H. G. Park, Y.-J. Chin, and B. Y. Kim, Electron. Lett. 35, 1100 (1999).
- [3] P. F. Wysocki, M. J. F. Digonnet, B. Y. Kim, and H. J. Shaw, J. Lightwave Technol. 12, 550 (1994).
- [4] R. P. Moeller and W. K. Burns, Optics Lett. 16, 1902 (1992).
- [5] 진영준, 박대용, 김택중, 박희갑, 제 16회 광학 및 양자전자 학술발표회 226 (1999.7).

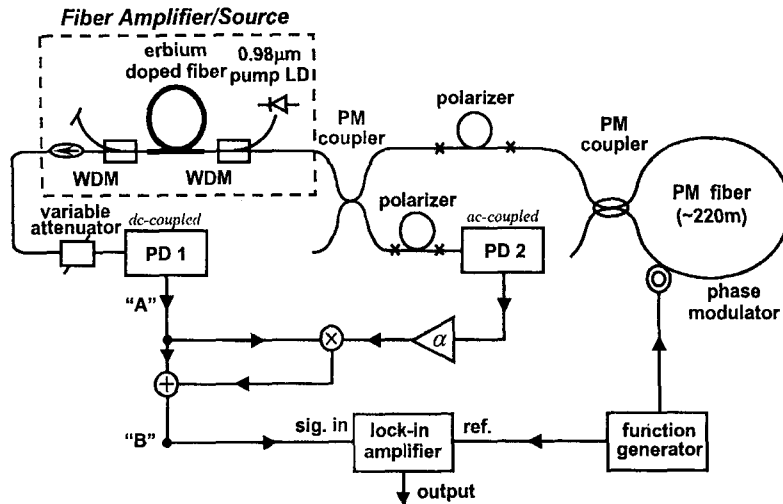


그림 1. 실험장치 구성도.

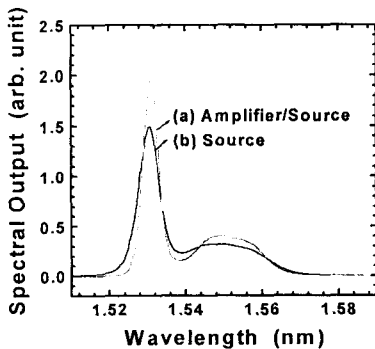


그림 2. (a) 증폭된 자이로 신호의 스펙트럼, (b) 광원 출력 스펙트럼.

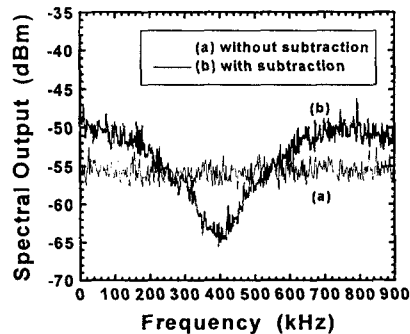


그림 3. 자이로 출력의 잡음 스펙트럼 : (a) 잡음 소거전, (b) 잡음 소거후.