

## Depolarized 자이로스코프의 특성 및 분석

### Characteristics and Analyzation of Depolarized Gyroscope

진 영 준, 김 택 중\*, 박 태 용\*, 박 희 갑\*

한국과학기술원 전자광학특화연구센터, \*전북대학교 물리기술학과

jinyj@kaist.ac.kr

광섬유 자이로스코프(이하 자이로라 함)는 Sagnac 간섭계의 원리를 이용한 회전감지 센서로서 다양한 용도로 활용되고 있다. 일반적으로 자이로에서 불필요한 간섭을 억제해주기 위해서 간섭계 loop를 편광유지 광섬유를 사용하여 구성한다. 그러나 편광유지 광섬유는 상당한 고가로서 자이로 제작비용의 상당부분을 차지하므로, 중·저급 자이로에 적용하기에는 많은 부담이 되고 있다. 이러한 비용상의 문제를 해결하기 위해서 간섭계 loop를 일반 단일모드 광섬유와 depolarizer를 사용하여 상대적으로 저가의 자이로를 구성하는 depolarized 자이로스코프 방식이 제안되었다.<sup>[1-3]</sup> 그런데, 이 방식은 간섭계 loop내에 삽입된 depolarizer의 영향으로, 자이로 출력 파형이 편광유지 광섬유 자이로의 경우보다 상당히 복잡한 형태로 되어 있으며, 새로운 형태의 잡음이 추가되어 있다.<sup>[2]</sup> 이러한 추가된 잡음을 소거하기 위해서는 적정주파수로 위상변조해 주거나 또는 depolarizer를 이루는 두 편광유지 광섬유의 결합각을 정확히 45°로 맞춰주어야 한다. 그러나, 제작과정에서 이러한 조건들을 완벽하게 맞추기는 어려우므로 실제의 경우 depolarized 자이로만의 고유한 특성을 가지는 잡음이 추가되게 된다. 본 연구에서는 이러한 depolarized 자이로의 신호대 잡음비(SNR)가 최대가 되는 위상차 변조진폭을 이론적으로 구하고, 이를 실험을 통해서 확인하였다. 또한, 자이로의 성능을 제한하는 여러 가지 특성들을 측정하여, 자이로가 최대의 특성을 가질 수 있는 최적동작조건을 구하였다.

Depolarized 자이로 출력의 SNR은 편광유지 광섬유 자이로의 경우와,<sup>[4,5]</sup> depolarized 자이로에서 추가로 발생하는 잡음을 고려하여<sup>[2]</sup> 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$SNR = \frac{J_1(\phi)^2 \cdot \Delta\phi_R^2}{\left(\frac{e}{\langle I \rangle} + \frac{1}{2\Delta\nu}\right) \{1 + J_0(\phi)\}^2 B + \frac{1}{2} \xi^2 \{1 + J_0(\phi) - J_2(\phi)\}^2} \quad (1)$$

여기서,  $\phi$ 와  $\Delta\phi_R$ 은 각각 위상차 변조진폭과 자이로의 회전속도를 나타내는 양이고,  $B$ 와  $e$ 는 전기적 bandwidth와 전자 전하량을 의미한다.  $\Delta\nu$ 는 광원의 주파수선폭이며,  $\xi$ 는 depolarized 자이로에서 추가로 발생하는 잡음성분이다. (1)식에서  $\xi = 0$ 인 경우, 파장선폭이 25 nm와 50 nm인 경우에 대해서 자이로 검출광 power에 대한 자이로의 SNR이 최대가 되는 위상차 변조진폭을 계산해서 그림 1에 나타내었다. 이때, 광원의 중심파장은 1550 nm인 경우로 생각했다. 그림 1로부터 자이로 출력의 SNR이 가장 좋은 위상차 변조진폭은 검출광 power의 크기뿐만 아니라 광원의 파장선폭에도 영향을 받을 수 있는데, 자이로 검출광 power는 3  $\mu$ W인 경우에 적정 위상차 변조진폭은  $\sim 2.4$  rad이었다. 반면에 0.5  $\mu$ W의 작은 검출광 power에서는 위상차 변조진폭이  $\sim 2.3$  rad인 경우에 자이로 출력 신호의 SNR이 최대가 되었다.

실험에 사용된 depolarized 자이로는 중심파장과 파장선폭이 각각 1540.4 nm와 35.5 nm인 erbium 첨가 광섬유 광원을 사용하여, 자이로 출력광 power가 3  $\mu$ W인 경우에 대해서 실험하였으며, 적정주파수인 61.4 kHz로 위상변조 해주었다. (1)식에서  $\xi = 0$  인 경우, 불규칙 잡음계수가 최소가 되는, 즉, 자이로 출력의 SNR이 최대가 되는 최적 위상차 변조진폭의 이론치는 2.4 rad였으며, depolarized 자이로에서는 새로운 잡음이 추가되었기 때문에 실제 최적 위상차 변조진폭은 이보다 소폭 증가할 것으로 예상된다. 실험결과는 그림 2에 나타내었는데, 불규칙 잡음계수가 최소가 되는 최적 위상차 변조진폭은 2.5~2.6 rad 사이에 존재하였는데, 이는 이론값에 근접함을 알 수 있었다.

감사의 글: 본 연구는 한국과학재단(특정기초연구과제:1999-2-302-005-2)과 한국과학기술원 전자광학특화연구센터의 지원으로 이루어졌습니다.

[참고문헌]

- [1] R. J. Fredricks and R. Ulrich, Electron. Lett. 20, 330, (1984).
- [2] B. Szafraniec and J. Blake, J. Lightwave Technol. 12, 1679, (1994).
- [3] J. Blake, B. Szafraniec, and J. Feth, Opt. Lett. 21, 1192, (1996).
- [4] P. R. Morkel, R. I. Laming, and D. N. Payne, Electron. Lett. 26, 97 (1990).
- [5] W. K. Burns, R. P. Moeller, and A. Dandridge, IEEE Photonics Technol. Lett., 2, 606 (1990).

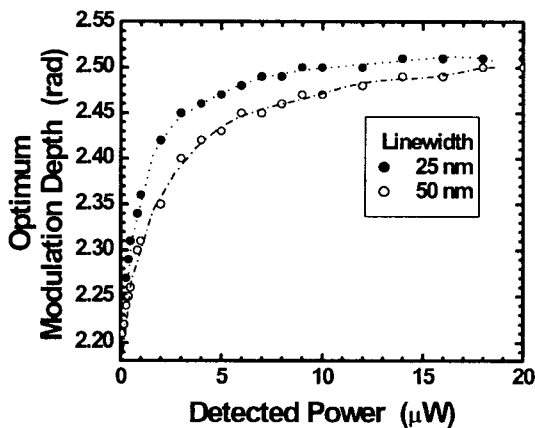


그림 1. 자이로 검출광 power에 대한 자이로 SNR이 최대가 되는 위상차 변조진폭.

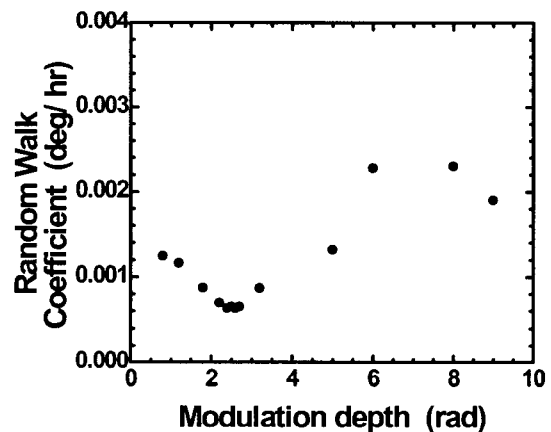


그림 2. 위상차 변조진폭에 따른 불규칙 잡음 계수.