

광섬유센서 및 관련소자에 관한 연구

金炳允 / 한국과학기술원(KAIST)
물리학과 교수

광섬유 와 레이저를 이용한 초정밀 Gyroscope, 자기센서 및 수중 음향탐지기 등 첨단 국방과학 기술의 기초기술을 확보하고 전문인력을 양성합니다.

그럼으로써 방위 산업체 및 군의 참여를 바탕으로 첨단 국방장비의 대외 의존도를 줄여 자주국방에 기여하며 차차 예상되는 국제정세의 변화에 따라 우리나라 국방력의 상대적 우위를 확보하는데 기여합니다.

- 신형 Fiber Laser Gyroscope의
제안, 구성 및 특성 측정

희토류 금속이 함유된 광섬유를 광섬유 gyro coil에 연결해 새로운 광섬유 자이로스코프를 구성하였습니다.

이 방법은 종래의 광섬유 gyro와 달리 짧은 광 pulse 출력이 나오며 이 pulse들의 간격을 측정해 회전각속도를 잴수 있어 간단한 신호

처리로 gyro를 구성할수 있는 가능성을 갖고 있습니다.

이번 실험에 사용한 광섬유 레이저로는 Polarioid에서 제조한 double clad Nd-doped fiber이며, 이 광섬유의 입력단에 dichroic mirror를 붙이고, 다른쪽 끝은 자이로 루프와 연결해 새로운 레이저 공진기를 구성하였습니다. 이 시스템의 장점은 본래의 open gyro나 closed loop gyro에서 실행된 복잡한 신호처리 과정을 거치지않고 바로 회전률을 얻어낼수 있다는 점입니다.

- 편광유지 광섬유를 이용한
Integrated optic Gyroscope 제작과
Fiber Optic Gyroscope 제작

자이로스코프에서 일반 통신용 광섬유를 사용하면 편광 변화등에 의한 phase error등 많은 문제들이 발생합니다. 이러한 것을 줄이기 위해 편광 유지 광섬유가 사용됩니다.

Integrated optics를 이용할 경우 신호처리 방식에 광대역 변조기를 사용하는 방식 등을 사용할수 있습니다.

한편, All fiber optic gyroscope를 구성하기 위해서는 polarizer와 방향성 결합기가 필요하며, 이러한 광섬유 소자를 자체개발하여 자이로스코프를 제작중에 있습니다.

- Nd 첨가 광섬유 레이저 센서
희토류 이온이 첨가된 광섬유는 광증폭기, 선폭이 넓은 광원, 센서, 광섬유 레이저 등의 개발로 각광을 받아왔으며, 그 이용범위가 확대되고 있습니다.

이번 연구에서는 희토류 첨가 광섬유를 이용한 레이저 형태의 새로운 광섬유 센서를 구현하였습니다. Nd가 첨가된 13m 길이의 광섬유의 양 끝에 dichroic mirror를 붙여 Fabry-Perot 공진기 형태의 광섬유 레이저를 구성하였습니다.

레이저 광섬유에 압력을 가하면 공진기의 이방성이 변하고 두 고유 편광모드의 beat 진동수가 변화합니다.

이러한 원리를 이용해 광섬유 레이저를 능동적인 압력 센서로 응용할수 있는데, 진동수 변화를 읽게되므로 종래의 광섬유를 이용한

압력센서의 경우 복잡한 신호처리 과정에 비해 훨씬 신호처리가 간단하다는 장점이 있습니다.

• 광섬유 고리형 레이저

회토류 첨가 광섬유를 이용한 Ring Laser Gyroscope의 실현 가능성을 알아보기 위해, 코어에 Nd³⁺가 첨가된 광섬유에 광섬유 방향성 결합기(coupling ratio = 50/50 @ 830nm)를 연결하여 고리형 공진기를 구성하였습니다.

• 모드 결합 광섬유 격자를 이용한 소자 개발

광섬유 격자를 이용한 소자는 광섬유만으로 구성되므로, 높은 안정성과 적은 손실을 가질수 있습니다. 특히 이중모드 격자는 transmission 격자라는 점에서 Bragg Reflection 격자에 대해 여러 장점을 지닙니다.

Strain과 온도변화가 있을 때 빛의 파장과 편광에 대한 격자의 특성변화를 연구하였고, 이를 이용한 소자들을 개발하였습니다.

Strain을 주었을 때 격자간격이 변하는 것을 이용해서 가변파장 필터, 가변편극기, 광 스위치를 구현하였습니다. 필터는 격자의 길이가 60cm일 때, 500nm 파장을 중심으로 약 50nm Tuning Range와 5nm 폭을 가지며 편극기에서는 11dB 소극률을 얻었습니다.

• 광섬유 수중음파 탐지 센서 최적 설계

수중음파 탐지를 위한 센서로서 짧은 펄스를 이용하는 Time Division Multiplexing(TDM) 방식의 센서 array를 구성하였습니다.

광원으로는 파장이 830nm인 CW LD를 사용하였고, TDM에 필요한 펄스는 Acousto-optic Modulator로 LD의 CW 출력을 gating해서 약 100nm의 폭을 갖도록 하였습니다.

광검출기로는 rising time이 수 nano second인 실리콘 PIN photodetector를 사용하였습니다. 간섭계의 광경로차는 대략 70m이고 두 간섭계의 차이는 대략 5cm 이하로 만들었습니다.

보상 간섭계에는 신호처리에 필요한 위상변조기, 편광조절기 등의 광섬유 광학 소자를 장치하였고 감지 간섭계에는 음향신호를 시뮬레이션하기 위한 위상변조기를 두었습니다.

• 자기센서 제작 및 특성 측정

광섬유로 Mach-Zehnder 간섭계를 구성해 외부 자기장의 변화를 위상변화로 변환시켜 그 크기를 측정하는데, 여기서는 잔류신호를 효과적으로 억제해 안정도를 향상시킬수 있는 새로운 밸런스 감지기법을 제안하였습니다.

이 방법은 종래의 교류 디더기법에 구형과 변조를 첨가하는 방식으로 metallic glass의 대칭적 반응 특성을 토대로 잔류신호를 감지, 대역폭 밖으로 옮겨 자기장 감지에 미치는 영향을 배제시키는 개념입니다.

잔류신호는 위상이 어긋난 성분으로서 자기장에 대한 metallic glass의 비균일 반응의 결과로 생성되는데, 이것은 외부 자기장이 없는 경우에도 존재하며, 대역폭의 제한 및 감도 저하의 주요 요인이 됩니다.

따라서, 밸런스 감지기법을 사용해 잔류신호를 제거하므로 안정도를 향상시킬수 있고, 대역폭을 증가시키는 가능성이 있게 되었습니다.

• 방향성 결합기

광섬유 Gyroscope에는 beam splitter의 역할을 하는 방향성 결합기가 필요합니다.

Fused Coupler의 문제점은 결합이 일어나는 영역에서 빛이 cladding으로 진행하고 evanescent field가 광섬유 밖으로 나오게 된다는 점입니다.

이 점을 해결하기 위해 상당부분의 cladding을 연마에 의해 제거한 후 용융하는 방식인 기존의 polished coupler와 fused coupler의 각 장점을 최대한 살리는 새로운 방식의 방향성 결합기를 제작 중입니다.

그 제작과정은 크게 3부분으로 나눌수 있습니다. 첫째, core 가까이 접근하기 위해 상당부분의 cladding을 연마하는 연마 과정, 둘째로 연마한 두 가닥의 광섬유를 붙이는 용융 과정, 마지막으로 원하는 결합비율을 얻기 위해 결합이 일어나는 영역을 늘리는 인장(pulling) 과정입니다.

특히 연마 과정은 감도가 좋은 광섬유 Gyroscope에서 사용하는 편광유지 광섬유로 결합기를 만들기 위해서는 필수적입니다. *