

(19) 대한민국특허청(KR) (12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ G01C 19/66	(45) 공고일자 1999년07월 15일	(11) 등록번호 10-0208773
(21) 출원번호 10-1997-0031241	(24) 등록일자 1999년04월 17일	(65) 공개번호 특 1999-0008998
(22) 출원일자 1997년07월05일	(43) 공개일자 1999년02월05일	

(73) 특허권자	한국과학기술원 윤덕용 대전광역시 유성구 구성동 373-1
(72) 발명자	김병윤 대전광역시 유성구 구성동 373-1 장순혁 대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 물리학과 안성준 대전광역시 유성구 문지동 103-16 전력연구원 시스템 통신 연구소
(74) 대리인	이원희

심사관 : 강정석

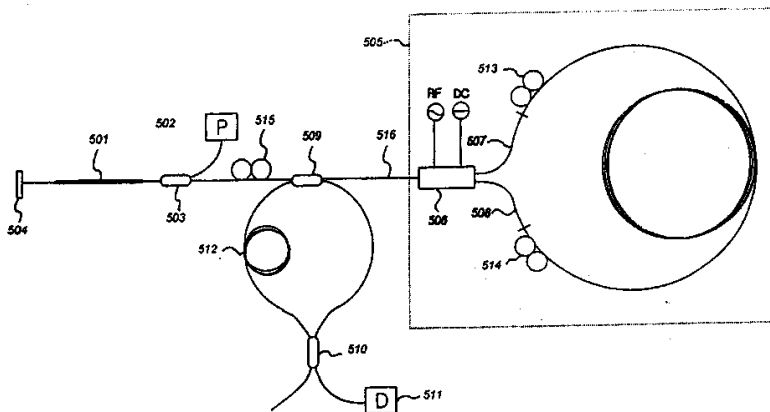
(54) 진행방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프

요약

본 발명은 레이저 자이로스코프에 관한 것으로 특히, 레이저 이득 매질과 광경로를 포함하고, 일측은 반사체와 연결되며 다른 일측이 Sagnac 간섭계로 이루어져 있는 레이저 공진기와, 상기 Sagnac 간섭계와 연결된 광스위치에 의하여 펄스로 구동되는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프를 제공함으로써, 종래의 He-Ne형 레이저 자이로스코프에 비하여 그 견고함에 있어서 우수성을 가지며, 회전율에 해당하는 출력이 주파수로 나타나므로 간섭계형 광섬유 자이로스코프에 비하여 신호 처리에 있어 훨씬 간단해질 수 있다.

또한, 펄스로 구동되므로, 연속 발진(Continuous wave)의 경우에 비하여 작은 회전량을 측정하지 못하는 현상(Lock-in effect)이 줄어들 수 있는 가능성이 있다.

대표도



명세서

도면의 간단한 설명

- 제1도는 종래의 기술중 링 레이저 자이로스코프의 예시도.
 제2도는 종래의 기술중 간섭계형 광섬유 자이로스코프의 예시도.
 제3도는 종래의 기술 중 모드 록킹된 광섬유 레이저 자이로스코프의 예시도.
 제4도는 Sagnac 간섭계의 반사율 변조.

제5도는 본 발명의 제1실시예의 구성 예시도.

제6도는 리튬나이오베이트 광스위치의 변조 원리.

제7도는 출력된 펄스들의 간섭.

제8도는 회전에 의한 간섭 주파수의 변화.

제9도는 본 발명의 제2실시예의 구성 예시도.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 자이로스코프에 관한 것으로 특히, 한 쪽 끝이 반사체로 다른 한 쪽 끝은 Sagnac 간섭계로 이루어진 공진기 구성을 가지며 광스위치에 의하여 펄스로 동작함으로써 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프에 관한 것이다.

일반적으로, 레이저는 여러 가지 광학 시스템의 광원으로만 단순히 사용되어 왔으나, 근래에 들어 외부 물리량에 대해 레이저의 특성이 변화하는 특성을 이용한 센서가 제시되었다. 특히 희토류 첨가 광섬유를 이용한 광섬유 레이저가 개발되면서 이를 이용한 레이저 센서의 개발이 이루어지고 있다. 레이저 센서의 구성이 간단하고 신호 처리가 간단하다는 등의 여러 가지 장점이 있다.

그에 따라, 개발된 대표적인 예가 자이로스코프로써 종래에 연구 개발되어 온 자이로스코프는 크게 링 레이저 자이로스코프(Ring Laser Gyroscope)와 간섭계형 광섬유 자이로스코프(Interferometric Fiber Optic Gyroscope)로 대표되는데, 상기 자이로스코프 들의 내용을 첨부한 제1도와 제2도를 참조하여 살펴보면 다음과 같다.

제1도는 종래기술인 링 레이저 자이로스코프를 간략하게 나타낸 것으로 그 구성은 두개의 반사경(101, 102)과 부분 반사경(103)에 의하여 이루어진 레이저 공진기 내부에 레이저이득 매질(104)이 놓여 있다.

상기와 같은 구조의 링 레이저 자이로스코프는 아래의 참조문헌에 기록되어 있다. (참고문헌 : W. W. Chow et. a., The ring laser gyro, Rev. of Mod. Phys. Vol. 57, No. 1, P61, Jan 1985).

따라서, 그 상세한 동작의 설명은 생략하고 그 내용을 간략히 설명하면, 외부에서의 에너지공급, 즉 펌핑에 의하여 레이저 이득 매질(104)이 빛을 방출하며 레이저 공진기에 의하여 이 빛이 증폭되어 레이저로서 발진하게 된다. 이때 레이저 내부에서는 제1레이저 광(109)과 제2레이저 광(110)의 서로 다른 방향에서 각각 서로 다른 레이저 모드가 발진하며 부분 반사경(103)으로 나온 출력광을 광분할기(107)를 이용하여 간섭시킨 후 광검출기(108)로 검출한다. 이때 회전을 하게 되면 제1레이저 광(109)과 제2레이저 광(110)의 방향의 각 모드는 서로 다른 공진기 길이를 겪게 되어 다른 주파수에서 발진하게 되고 이 주파수 차이를 광검출기(108)에서 검출함으로써 회전량을 측정할 수 있게 된다.

그러나, 상기 제1도에 도시되어 있는 링 레이저 자이로스코프에서는 He-Ne 기체를 이득 매질로 하는 경우가 이미 상용화되어 있으나, 그 수명이 비교적 짧고 충격에 약한 단점이 있다.

상기 제1도에 도시되어 있는 링 레이저 자이로스코프와 다른 경우인 종래의 간섭계형 광섬유 자이로스코프의 기본 구성은 첨부한 제2도에 도시되어 있으며, 그 구성상의 특징은 아래의 참조문헌에 기록되어 있다(참고문헌 : R. A. Bergh, H. J. Shaw, An overview of Fiber-Optic Gyroscope, J. of Lightwave Technology, Vol. LT-2, P91 1984).

따라서, 그 상세한 동작의 설명은 생략하고 그 내용을 간략히 설명하면, 광원(201)에서 나온 빛이 방향성 결합기에 의해 50/50으로 나누어져 Sagnac 간섭계(206)에서 서로 다른 방향으로 진행한 후 다시 방향성 결합기(203)에서 만나게 된다. 이때, 서로 다른 방향으로 진행한 빛이 겪는 위상차를 $\Delta\phi$ 라 하면, 방향성 결합기(202)를 통해 광검출기(204)에서 측정되는 빛의 세기는 $1+\cos(\Delta\phi)$ 에 비례하는 양이다. 만일, 이 시스템이 회전을 하게 되면 양방향으로 진행한 두 빛은 서로 다른 길이를 지나게 되고 $\Delta\phi$ 는 회전 각 속도에 비례하는 양으로 나타나므로 출력된 빛의 세기를 측정함으로써 회전량을 알 수 있다.

그러나, 일반적인 Sagnac 간섭계는 오차요인을 없애기 위해 긴 길이의 편광 유지 광섬유를 사용하게 되는데 편광유지 광섬유는 고가이므로 이 시스템의 가격이 비싼 편이다. 또한, 성능이 우수한 편광기를 사용하여야 하며, 빛의 세기로부터 위상차를 알아내기 위하여 복잡한 신호 처리 방식을 도입해야 하는 단점이 있다.

따라서, 상술한 바와 같이 종래의 대표적이라 할 수 있는 자이로스코프중 링 레이저 자이로스코프는 그 수명이 비교적 짧고 충격에 약한 단점이 있으며, 간섭계형 광섬유 자이로스코프는 시스템의 가격이 비싼 편이며 복잡한 신호 처리 방식을 도입해야 하는 단점이 있어 이러한 단점을 극복하기 위해 최근에 제안된 자이로스코프가 첨부한 제3도에 도시되어 있는 바와 같다.

제3도는 모드 록킹된 광섬유 레이저 자이로스코프로써 그 기본 구성은 첨부한 제3도에 도시되어 있으며, 그 구성상의 특징은 아래의 참조문헌에 기록되어 있다(참고문헌 : 'Mode-Locked Fiber Laser Gyroscope' Opt. Lett. Vol. 13, No. 4 P320 Feb. 15, 1993).

따라서, 그 상세한 동작의 설명은 생략하고 그 내용을 간략히 설명하면, 한쪽 끝은 반사체(301)로 다른 한 쪽 끝은 Sagnac 간섭계(303)로 이루어져 있으며, 레이저 이득 매질(302)을 외부에서의 에너지 공급, 즉 펌핑함으로써 레이저를 발진시킬 수 있다. 이때, Sagnac 간섭계(303)에서의 빛의 출력은 입력(307)에 비

$\frac{1}{2}(1 + \cos \varphi_{nr})$ 의 값을 가진다.

여기서, φ_{nr} 은 역 위상(nonreciprocal phase)에 해당한다. 즉 $\varphi_{nr} = 0$ 인 경우 입력된 빛은 모두 출력으로 나오게 된다. 이러한 의미에서 이 Sagnac 간섭계(303)를 Sagnac 루프미러(loop mirror)라고 부른다. 이때, Sagnac 간섭계(303)의 한 쪽에 위치한 위상 변조기(304)를 구동하면 $\varphi_{nr} = \varphi_M \sin \omega t$ 와 같이 변조되며, 이것은 곧 루프 미러의 반사율을 변조시키는 것이 된다.

만약, 변조의 주기를 라운드 트립 타임(round trip time)과 같게 하면 루프 미러의 반사율 변조에 의한 모드 록킹을 구현할 수 있으며, 이때 레이저의 출력은 연속된 펄스로 얻어지는데, 정지 상태에서의 반사율의 변조는 첨부한 제4a도와 같이 위상 변조의 한 주기에 2개의 펄스가 얻어진다. 또한, 이 레이저를 회전시키면 회전에 의해 유도되는 역위상 φ_R 에 의하여 $\varphi_{nr} = \varphi_R + \varphi_M \sin \omega t$ 로 변환되며, 이 때 반사율의 변조는 첨부한 제4b도와 같이 변화되어 두 펄스의 간격이 달라진다.

그러므로, 상기 제3도에 도시되어 있는 모드 록킹된 광섬유 레이저 자이로스코프에서는 이 두 펄스간의 간격을 측정함으로써 회전량을 알 수 있게 된다.

그러나, 모드 록킹된 광섬유 레이저 자이로스코프는 아직 연구단계에 있으며 신호처리의 문제에서 펄스간의 간격측정은 본 발명의 자이로스코프에서의 주파수 측정과 다른 개념이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상기와 같은 문제점을 해소하기 위한 본 발명의 목적은 한 쪽은 반사경이며 다른 한 쪽은 Sagnac 간섭계로 형성되며, 광스위치에 의하여 모드 록킹된 레이저로 동작되며, 레이저의 출력은 펄스로 얻어지는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프를 제공하는 데 있다.

또한, Sagnac 간섭계에서 서로 다른 방향으로 진행하는 두 개의 펄스 쌍이 존재하며 이 두 펄스들을 간섭한 상태에서 회전을 주게 되면 두 펄스는 회전율에 비례하는 주파수 차이를 가지며 이 주파수 차이를 측정함으로써 회전량을 알 수 있도록 구성하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징은, 레이저 자이로스코프에 있어서, 레이저 이득 매질과 광경로를 포함하고, 일측은 반사체와 연결되며 다른 일측이 Sagnac 간섭계로 이루어져 있는 레이저 공진기와, 상기 Sagnac 간섭계와 연결된 광스위치에 의하여 펄스로 구동되는 데 있다.

이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.

제5도는 본 발명에 의한 레이저 자이로스코프의 구성 예로서, 이득 매질로는 어븀(Erbium) 첨가 광섬유(501)를 사용하였고, Ar^+ 레이저나 980nm의 레이저 다이오드 등의 펌프광(502)을 파장 분할기(503)를 통하여 어븀 첨가 광섬유(501)에 입사하면 어븀 첨가 광섬유에서는 이 펌프광을 흡수하여 1.53 μ m 파장대의 빛을 방출하며 이것은 공진기에 의하여 증폭되어 레이저가 발진한다.

이때, 레이저 공진기는 반사경(504)과 Sagnac 간섭계(505)에 의해 형성된다. 상기 반사경(504)은 거울 또는 광섬유 브래그 격자를 사용할 수 있다. 광 경로(507, 508)는 각 1m 정도의 편광유지 광섬유로 구성되고 다른 부분은 모두 일반 통신용 단일 모드 광섬유로 구성되었다. 반사경(504)과 광스위치(506)까지의 거리를 L_{linear} , Sagnac 간섭계의 전체 길이를 L_{loop} 라 한다면 L_{loop} 를 $2L_{linear}$ 보다 더 길게 하였다. 또한, 편광 조절기(513, 514)에 의하여 Sagnac 간섭계(505)내에서의 빛의 편광 상태가 조절되었으며, 편광조절기(515)에 의하여 선형 부분에서의 빛의 편광 상태가 조절되었다.

광스위치(506)는 리튬나이오베이트(LiNbO₃) 기판에 만들어진 마하젠더 간섭계 형태의 1×2의 광스위치를 사용하였으며 이것은 광섬유로 피그테일링(pigtailing)되어 있다. 이 광스위치에 전기 신호를 인가함으로써 광스위치의 투과율을 변조할 수 있으며 이러한 변조 원리는 제6도에 도시되어 있는 바와 같다.

광스위치를 형성하는 마하젠더 간섭계의 한쪽 방향의 출력은 간섭계의 양 팔의 위상차($\Delta\phi$)에 대하여 참조번호 601로 지시하고 있는 바와같이 나타난다. 이때, 구형파(square wave)의 전기 신호를 빛이 레이저 공진기를 한 번 진행하여 돌아오는데 걸리는 시간(round trip time)에 해당하는 주기로 광스위치에 걸어주고, 이 간섭계의 DC 바이어스는 참조번호 601에서 포인트 a와 같은 위치에 있도록 DC 전압을 광스위치에 걸어준다. 이렇게 하면 $\Delta\phi$ 는 참조번호 602로 지시하고 있는 바와같이 변조되어 나타나며, 따라서 광스위치의 한쪽 방향의 투과율은 참조번호 603로 지시되는 바와같이 나타난다. 이 투과율이 가장 큰 A, B 지점에서 레이저는 진폭 변조 모드 록킹에 의해 펄스의 형태로 발진한다.

모드 록킹은 각각의 중모드가 인접 모드간의 에너지 교환에 의하여 서로 일정한 위상차를 가지면서 동시에 발진하도록하여 펄스의 출력을 얻는 기술로서 레이저를 이용하여 짧은 광펄스를 얻고자 하는 목적으로 이용되는 비교적 잘 알려진 기술이다. 이러한 기술에 대하여 상세히 기술되어 있는 참고문헌은 아래와 같다(참고문헌 : A. E. Siegman, Lasers, Chap.27 University Science Books, Mill Valley CA. (1986)).

이때, 첨부한 제6도에서의 참조번호 603과 같은 투과율을 가지는 방향이 첨부한 제5도의 광섬유(516)과 제1편광 유지 광섬유(507)에 의해 연결된다고 하고, 이 투과율을 나타내는 함수를 T(t)라 정의한다면 광섬유(516)와 제2편광 유지 광섬유(508)를 연결하는 방향에서의 투과율은 1-T(t)에 해당한다.

그래서, 첨부한 제6도에서의 참조번호 603에 도시되어 있는 파형의 A 지점에서 발생한 펄스가 제1편광 유지 광섬유(507)의 방향으로 진행한다면, Sagnac 간섭계를 진행하여 다시 광스위치에 도달하였을 때에도 역시 1의 투과율을 겪게 되어 이 펄스는 잘 진행할 수 있다.

그러나, A지점에서 발생한 펄스가 제2편광 유지 광섬유(508)의 방향으로 진행한다면, 다시 광스위치에 도달하였을 때 큰 손실을 겪게 되므로 이런 펄스는 사라지게 된다(L_{loop} 이 $2L_{linear}$ 보다 길게 하였으므로). 따라서, A 지점에서 발생한 펄스는 Sagnac 간섭계에서 항상 시계방향(clockwise, CW)으로만 진행할 수가 있다.

반대로, B지점에서 발생한 펄스가 제1편광 유지 광섬유(507)의 방향으로 진행한다면, Sagnac 간섭계를 지난 후 광스위치에 도달하였을 때 큰 손실을 겪게 되므로 이 펄스는 사라지게 된다. 따라서, B 지점에서 발생한 펄스는 제2편광 유지 광섬유(508)의 방향으로 진행하였을 때는 다시 광스위치에 도달하였을 때 1의 투과율을 겪게 되므로 잘 진행할 수 있다. 그러므로, B지점에서 발생한 펄스는 Sagnac 간섭계에서 항상 반시계방향(*counterclockwise, CCW)으로만 진행할 수가 있다.

이상의 설명에서와 같이 투과율을 첨부한 제6도와 같이 변조함으로서, 한 주기에 Sagnac 간섭계에서 CW로 진행하는 펄스 1개와 CCW로 진행하는 펄스 1개가 발진하도록 구동하였다.

광스위치의 DC 바이어스를 첨부한 제6도의 참조번호 601에서 b, c, d 등과 같이 위치를 바꾸어 주면 두 펄스의 위치를 변화시킬 수 있으며 또한 두 펄스간의 간격을 변화시킬 수도 있다.

이상과 같은 방법으로 한주기에 CW로 진행하는 펄스 1개, CCW로 진행하는 펄스 1개가 발진하도록 구동하였으며, CW로 진행하는 펄스는 항상 CW로, CCW로 진행하는 펄스는 항상 CCW로 진행하도록 유지되도록 하였다. 이 펄스들을 방향성 결합기(509)를 이용하여 공진기 내부에서 진행하는 빛의 일부분을 공진기 밖으로 끌어낸 후 방향성 결합기(510)에서 서로 다른 방향으로 진행한 두 펄스를 만나게하여 광검출기에서 이를 검출하였다.

제7도는 출력된 펄스들의 간섭현상을 나타내고 있는데, 광스위치에서 반사경의 방향으로 진행할 때 공진기 밖으로 나온 두 펄스는 참조번호 701에 나타내고 있는 파형에 해당하고, 반사경에서 광스위치의 방향으로 진행할 때 공진기 밖으로 나온 두 펄스가 참조번호 702에 해당한다. 따라서, 적당한 지연시간을 줌으로써 CW로 진행한 펄스와 CCW로 진행한 펄스를 만나게 하였으며, 이 두 펄스는 서로 간섭하게 된다.

이 레이저가 회전을 겪게 되면 양방향으로 진행한 두 펄스는 서로 다른 주파수를 갖게 되고 이 주파수 차이는 회전에 비례하며, 이를 광검출기에서 측정함으로서 회전량을 알 수 있다.

$$\frac{4A}{\lambda n L}$$

첨부한 제8도에서는 회전에 따른 두 펄스의 주파수 차이를 보이고 있다. 이 때의 기울기는 $L=L_{loop}+2L_{linear}$ 의 값을 가진다(A는 Sagnac 간섭계에 의해 형성되는 면적, n은 광섬유의 굴절율, λ 는 레이저의 발진 파장이다). 이 값은 기존에 알려진 Sagnac 효과에 의한 이론값과 일치하는 것으로 이것은 이 레이저가 자이로스코프로서 동작할 수 있음을 나타내는 것이다.

제9도는 본 발명에 의한 레이저 자이로스코프의 다른 구성을 나타낸 것으로서, 레이저 이득 매질로서 헬륨 네온(He-Ne) 방전관, 루비 로드(Ruby rod), 다이오드 증폭기 등등(예를들어, Nd: YAG rod, dye cell)을 사용할 수 있으며 광스위치로서 음향 광학 변조기(acousto-optic modulator)와, 전자 광학 변조기(electro-optic modulator), 및 집적공학소자 등을 사용한다.

첨부한 제9도의 참조번호 903, 904, 905는 반사경으로서 공진기를 형성한다. 또한, 참조번호 902는 광스위치로서 모드 록킹이 되며, Sagnac 간섭계에서 CW로 진행하는 펄스와 CCW로 진행하는 펄스가 발진하도록 구동하여야 한다.

또한, 참조번호 906은 양방향으로 진행하는 펄스를 간섭시키기 위한 셋업(set-up)으로서 참조번호 905의 거울을 통해 나온 CW 방향의 펄스와 CCW 방향의 펄스를 각각 참조번호 907, 908의 거울에 의하여 광검출기의 위치에서 두 펄스가 만나도록 하여 회전에 의한 주파수 차이를 검출하게 된다.

발명의 효과

본 발명에서는 새로운 형태의 레이저 자이로스코프를 제안하였다. 특히 제5도에서와 같이 공진기의 구성이 광섬유로 이루어진 경우는 여러 가지 장점을 가진다. 고리형 레이저 자이로스코프에 비하여 그 견고함에 있어서 우수성을 가지며, 회전에 의해 해당하는 출력이 주파수로 나타나므로 간섭계형 광섬유 자이로스코프에 비하여 신호처리에 있어 훨씬 간단해질 수 있다.

또한, 고가의 편광유지 광섬유를 사용할 필요가 줄어들므로 그 가격에 있어서도 장점을 가질 수 있다. 그리고 펄스로 구동되므로, 연속 발진(Continuous wave)의 경우에 비하여 작은 회전량을 측정하지 못하는 현상(Lock-in effect)이 줄어들 수 있는 가능성이 있다.

또한, 종래 모드 록킹된 광섬유 레이저 자이로스코프의 경우는 펄스의 간격을 측정하는데 반하여 본 발명에서의 레이저 자이로스코프에서는 주파수의 출력을 얻을 수 있는 장점이 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

레이저 자이로스코프에 있어서, 레이저 이득 매질과 광경로를 포함하고, 일측은 반사체와 연결되며 다른 일측이 Sagnac 간섭계로 이루어져 있는 레이저 공진기와; 상기 Sagnac 간섭계와 연결된 광스위치에 의하여 펄스로 구동되는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 이득 매질로는 어븀(Erbium) 첨가형 광섬유를 사용하는 것을 특징으로 하는 진행

방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 반사체는 광섬유 브래그 격자를 사용하는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 광 경로는 전체 또는 일부분이 광섬유로 구성되는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 반사체와 광스위치까지의 거리는 Sagnac 간섭계의 전체 길이의 1/2 이하로 형성되는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 Sagnac 간섭계에는 간섭계내의 빛의 편광 상태를 조정하기 위한 시계방향 편광 조절기와 반시계방향 편광 조절기가 구비되어 있는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 광스위치는 리튬나이오베이트(LiNbO₃) 기판에 만들어진 마하젠더 간섭계 형태의 1×2의 광 스위치를 사용하는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 레이저 이득 매질로서 He-Ne 기체, Nd-YAG 막대(rod), Nd: 유리막대, Nd 막대, 루비 막대, 염료 셀(Dye Cell), 희토류 원소 첨가 광섬유 및 다이오드 증폭기중 어떤 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 광경로로서 진공, 대기, 유리, LiNbO₃ 결정, 유기 결정 및 광섬유 중에서 선택된 어떤 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 반사체로서 반사경, 광섬유 브래그 격자, 패러데이 반사경, 광파장 필터 중에서 선택된 어떤 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 광스위치로서 음향 광학 변조기(acousto-optic modulator), 전자 광학 변조기(electro-optic modulator), 집적 광학 소자 중에서 선택된 어떤 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 광스위치의 변조 주기는 빛이 공진기를 한 번 돌아 다시 제자리로 오는데 걸리는 시간(round trip time)으로 하는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 광스위치의 변조 주기는 빛이 공진기를 한 번 돌아 다시 제자리로 오는데 걸리는 시간의 1/n(n은 정수)과 같도록 하는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 14

제1항과 제12항 및 제13항중 어느 한 항에 있어서, 상기 광스위치는 레이저의 모드 록킹을 구현하여 연속적인 펄스의 출력을 얻는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 15

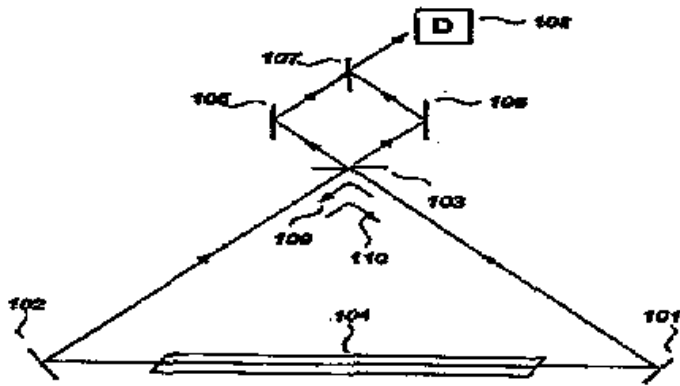
제1항에 있어서, 상기 광스위치는 Sagnac 간섭계에서 시계 방향으로 진행하는 펄스는 항상 시계 방향으로, 반시계방향으로 진행하는 펄스는 항상 반시계 방향으로 진행하도록 구동하는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

청구항 16

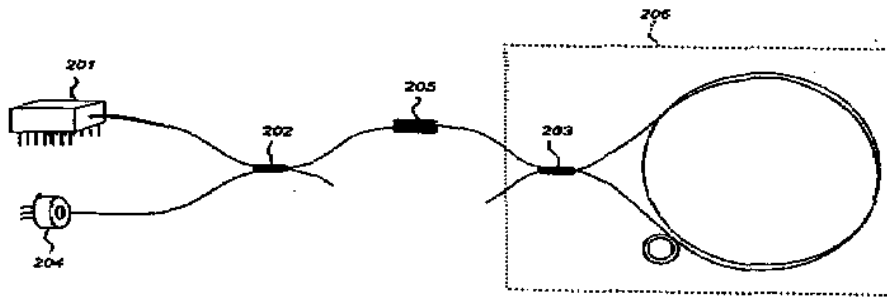
제1항에 있어서, 상기 Sagnac 간섭계를 시계 방향으로 진행한 펄스와 반시계 방향으로 진행한 펄스의 일부를 특정 광학계를 통하여 공진기 외부로 추출하여 서로 만나게 하여 Sagnac 효과에 의한 회전에 비례하는 간접 주파수를 측정하는 것을 특징으로 하는 진행 방향이 스위칭되는 펄스형 링 레이저 자이로스코프.

도면

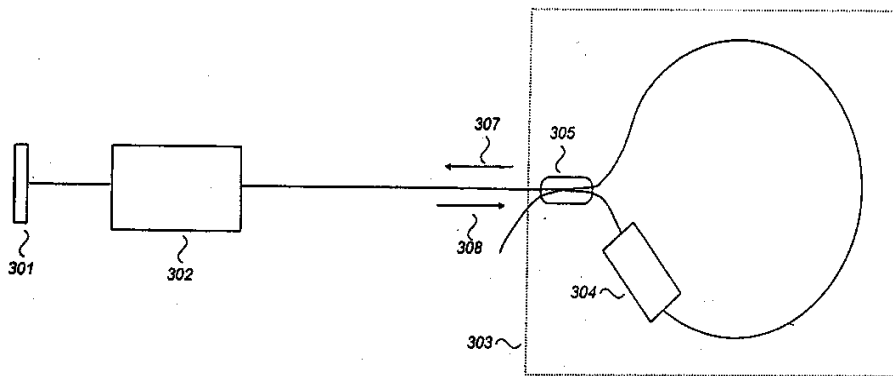
도면1



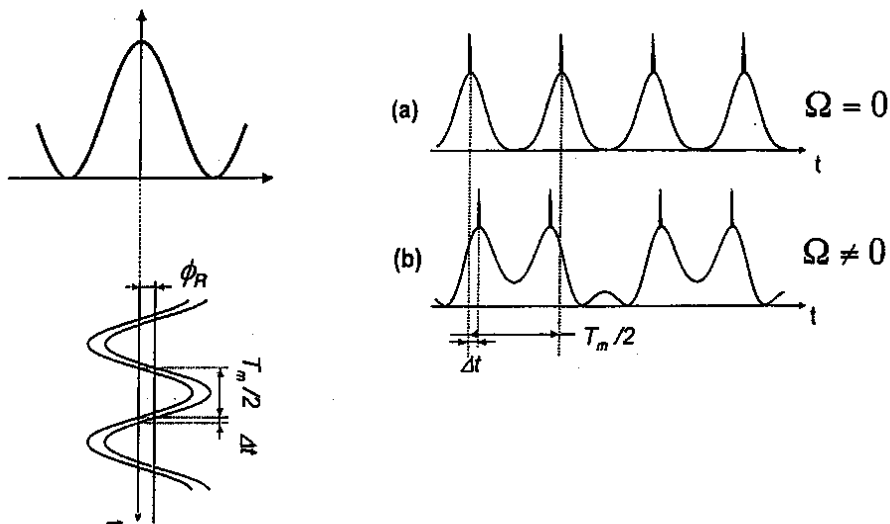
도면2



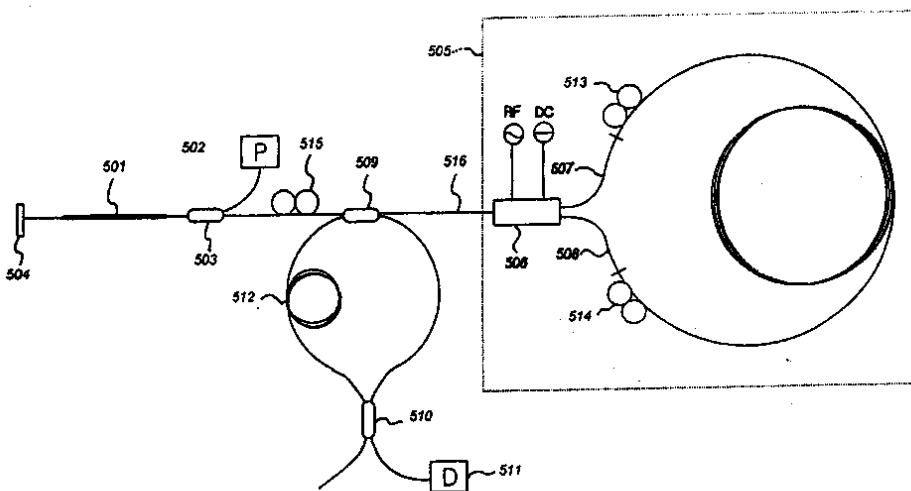
도면3



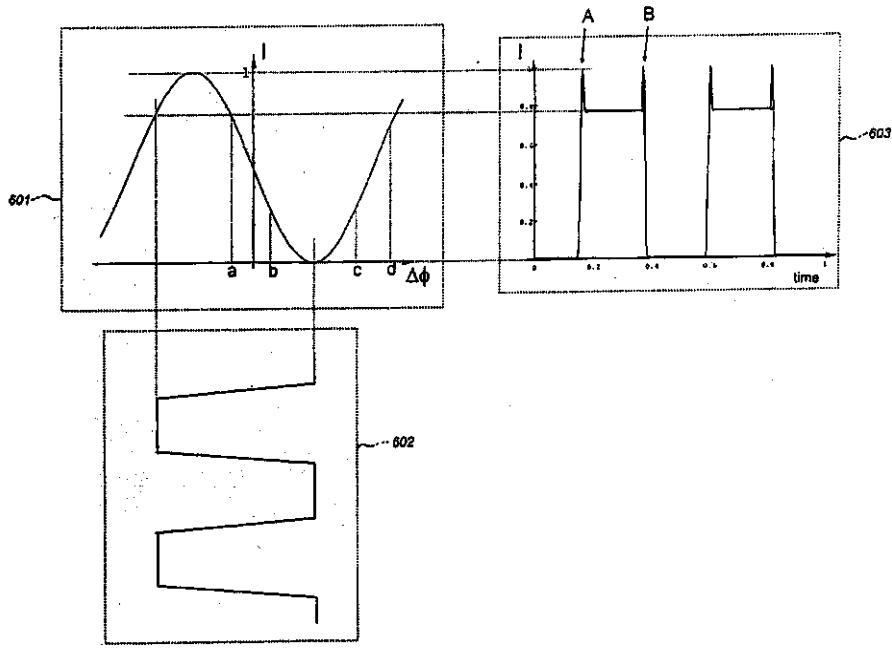
도면4



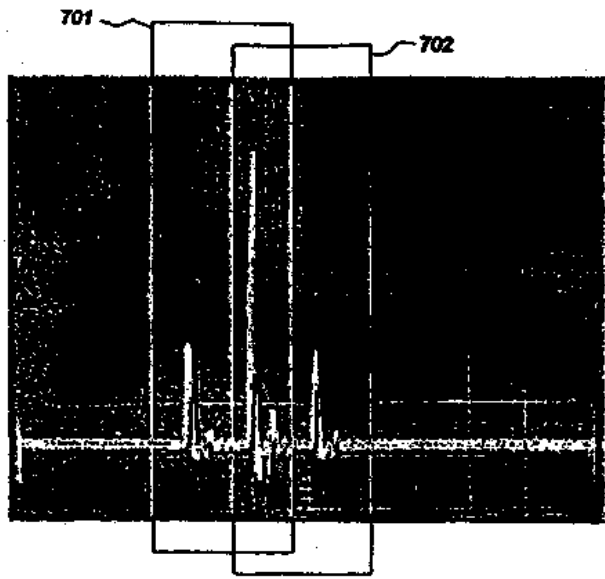
도면5



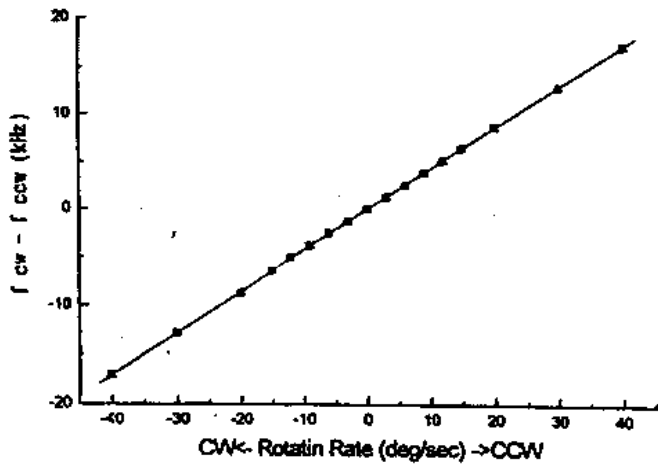
도면6



도면7



도면8



도면9

