

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2018 년 9 월 20 일 (20.09.2018) WIPO | PCT

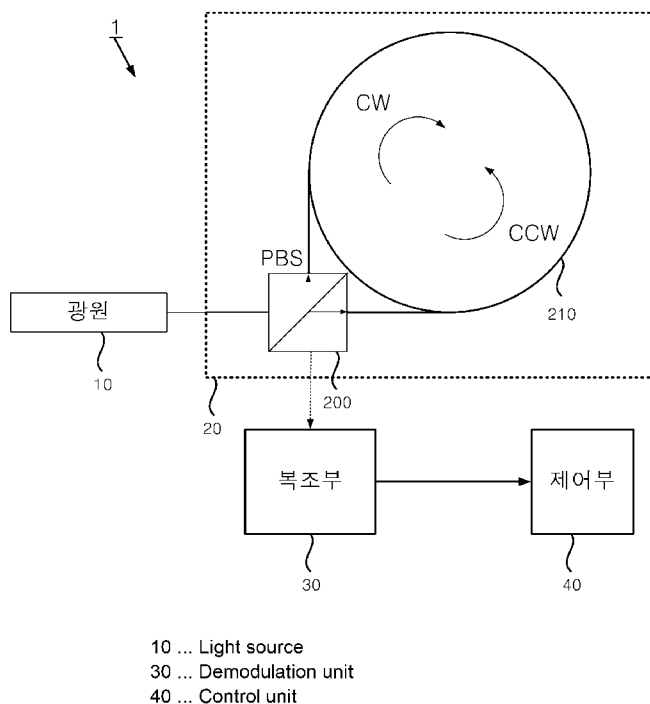


(10) 국제공개번호
WO 2018/169165 A1

- (51) 국제특허분류: *G01P 3/486* (2006.01) *G02B 27/28* (2006.01)
G02B 6/293 (2006.01) *G01C 19/72* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2017/013876
- (22) 국제출원일: 2017 년 11 월 30 일 (30.11.2017)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2017-0031015 2017 년 3 월 13 일 (13.03.2017) KR
- (71) 출원인: 서강대학교 산학협력단 (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION SOGANG UNIVERSITY) [KR/KR]; 04107 서울시 마포구 백범로 35, 서강대학교 데이아르관 306호, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 조규만 (CHO, Kyu Man); 01020 서울시 강북구 인수봉로79길 93 4동 201호, Seoul (KR). 윤승현 (YOON, Seung Hyun); 02726 서울시 성북구 송인로2길 61, 113동 1504호, Seoul (KR). 앙성희 (EANG, seang hor); 04107 서울시 마포구 백범로 35, Seoul (KR). 박준규 (PARK, June Gyu); 03959 서울시 마포구 포은로 127-26, 201호, Seoul (KR). 임효섭 (IM, Hyo Seop); 22703 인천시 서구 검암로20번길 47, 201동 1603호, Incheon (KR).
- (74) 대리인: 이지연 (LEE, Ji-Yeon); 08793 서울시 관악구 남부순환로 1922, 청동빌딩 301호, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ,

(54) Title: OPTICAL FIBER SAGNAC INTERFEROMETER USING POLARIZING BEAM SPLITTER

(54) 발명의 명칭: 편광 빛살 가르계를 이용한 광섬유 사냥 간섭계



(57) Abstract: The present invention relates to an improved Sagnac interferometer. The Sagnac interferometer comprises: a light source; a sensing unit splitting light inputted from the light source into a first beam and a second beam which are polarized orthogonally to one another, moving the first beam and the second beam in opposite directions in one closed path, and then recombining and outputting the same; and a demodulation unit for allowing the first beam and the second beam outputted from the sensing unit to interfere with each other so as to measure the phase change induced therebetween. The sensing unit comprises: a polarizing beam splitter splitting light inputted from the light source into the first beam and the second beam, which are polarized orthogonally to one another, so as to respectively output the first beam and the second beam to different output ports; and a polarization-maintaining optical fiber coil

[다음 쪽 계속]

LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

changing directions of the first beam and the second beam outputted from the polarizing beam splitter, so as to move the first beam and the second beam in opposite directions, thereby inputting the first beam to an output port of the second beam and inputting the second beam to an output port of the first beam, wherein the first beam and the second beam outputted from the polarization-maintaining optical fiber coil are polarized orthogonally to one another so as to be combined in the polarizing beam splitter and outputted on the same path therefrom, and thus are provided to the demodulation unit. The Sagnac interferometer detects and provides a rotational angular velocity by using the phase difference between the first beam and the second beam.

(57) 요약서: 본 발명은 개선된 사냥 간섭계에 관한 것이다. 상기 사냥 간섭계는, 광원; 상기 광원으로부터 입력된 광을 서로 수직 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누고, 상기 제1 빔과 제2 빔을 하나의 닫힌 경로에서 서로 반대 방향을 따라 이동시킨 후 다시 합쳐서 출력하는 감지부; 상기 감지부로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 간섭시켜 이들 사이에 유도된 위상 변화를 측정하는 복조부;를 구비한다. 상기 감지부는, 상기 광원으로부터 입력된 광을 서로 수직 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누어 서로 다른 출력 포트로 각각 출력하는 편광 빔살 가르개; 상기 편광 빔살 가르개로부터 출력된 상기 제1 빔과 제2 빔의 방향을 전환시켜 서로 반대 방향을 따라 이동시켜 제1 빔은 제2 빔의 출력포트로 입력시키고 제2 빔은 제1 빔의 출력 포트에 입력시키는 편광 유지 광섬유 코일;을 구비하며, 상기 편광 유지 광섬유 코일로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 서로 수직으로 편광되어 편광 빔살 가르개에서 합쳐져 동일한 경로로 출력되어 상기 복조부로 제공한다. 상기 사냥 간섭계는 제1 빔과 제2 빔의 위상차를 이용하여 회전 각속도를 검출하여 제공한다.

명세서

발명의 명칭: 편광 빔살 가르계를 이용한 광섬유 사냥 간섭계 기술분야

- [1] 본 발명은 광섬유 사냥 간섭계에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 편광 빔살 가르계(polarizing beam splitter, PBS)를 이용하여 입력 빛을 서로 수직인 편광 성분으로 분리시킨 후 각각을 한 번 이상 감긴 편광유지 광섬유 코일(coil)의 양쪽 끝에 입력시켜 동일한 광섬유를 따라 서로 반대 방향, 즉 시계방향(clockwise, 이하 'CW'라 한다.)과 반시계 방향(counter clockwise, 이하 'CCW'라 한다.)으로 진행시켜 다시 PBS에서 합쳐주면, PBS에서 출력되어 함께 진행하는 각각의 편광성분은 입력 빛과 90도로 분리되어 출력되기 때문에 이들을 간섭시켜 전형적인 간섭계 신호처리 방법을 이용하여 복조시키면 CW 방향과 CCW 방향으로 진행한 서로 다른 편광성분들 사이의 위상 차이를 측정할 수 있는 사냥 간섭계에 관한 것이다.

배경기술

- [2] Sagnac 간섭계는 1913년에 G. Sagnac에 의하여 처음으로 개발되었다. 도 1은 종래의 Sagnac 간섭계를 도시한 블록도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 사냥 간섭계는 빔살 가르계(beam splitter, BS)에 의해 반으로 나누어진 두 빔살이 두 개의 이상의 거울에 의해 고리(ring) 구조를 갖고 각각 CW 및 CCW 방향으로 진행하여 다시 BS에 의해 합쳐져 간섭을 일으키게 하는 구조를 가지며 광 검출기로 측정된 간섭신호를 분석하여 CW와 CCW 방향으로 진행한 두 빛 사이의 위상 차이를 측정할 수 있도록 고안된 간섭계이다.
- [3] Sagnac 간섭계는 CW와 CCW 방향에 대하여 광학적으로 비가역적인 변화를 유도시키는 현상을 측정/관측하는데 응용되며 그 대표적인 예로 회전센서와 전류센서 등이 있다. 예를 들어, 간섭계가 CW 방향으로 회전할 경우 같은 방향으로 진행하는 빛은 정지했을 때 보다 조금 먼 거리를 이동하고 반대 방향으로 진행하는 빛은 조금 짧은 거리를 이동하기 때문에 CW 방향으로 진행하는 빛(이하 CW 광이라고 함)과 CCW 방향으로 진행하는 빛(이하 CCW 광이라고 함) 사이에 위상차이가 발생하여 간섭신호가 달라진다. 따라서 광 검출기에서 출력되는 간섭신호를 복조시킴으로써 회전 각속도를 측정할 수 있다.
- [4] 기존의 Sagnac 간섭계는 도 1에서 볼 수 있듯이 CW와 CCW 경로가 정확히 일치하기 때문에 이들 사이의 위상 차이가 0이며, 따라서 간섭계의 회전에 의해 작은 위상 차이 $\Delta\varphi$ 가 유도될 경우 간섭신호는 $\cos\Delta\varphi$ 에 비례하게 된다. 그러나 cosine 함수는 매우 작은 위상 변화 $\Delta\varphi$ 에 대하여 민감하게 변하지 않기 때문에 Sagnac 간섭계는 CW와 CCW 경로 사이의 아주 작은 위상변화를 측정하는데 적절치 못하다. 간섭신호가 작은 위상 차이에 대하여 민감하게 반응하기

위해서는 CW와 CCW 경로 사이에 정지 상태에서 위상 차이가 $(2n+1)\pi/2$ 가 되게 해야 하는데, 여기서 $n = 0, \pm 1, \dots$, 즉 간섭신호가 회전에 의해 유도된 위상 차이 $\Delta\varphi$ 의 sine에 비례하게 만들어 주어야 하는 데 기존의 Sagnac 간섭계의 대칭성 때문에 이 조건을 만들어 줄 수 있는 방법이 없다. 따라서 기존의 Sagnac 간섭계는 각속도가 작은 회전을 측정하는 데는 적합하지 않다.

- [5] 또한 BS에서 반사된 빛과 투과된 빛 사이에는 90도 만큼 위상 차이가 발생하는데, 도 1의 Sagnac 간섭계에서 CW 광은 BS에서 반사되어 광 검출기로 출력되면서 BS에서 두 번 반사를 하고, 반면에 CCW 광은 광 검출기에 도달하기 위해서 두 번 투과하기 때문에 광 검출기에 도달하는 CW 광과 CCW 광 사이에는 180도 위상차이가 발생한다. 즉, 회전이 없는 경우 CW와 CCW 광 사이에 소멸 간섭이 발생하여 검출기로 향하는 빛의 세기가 0이다. 따라서 회전 각속도가 매우 작을 경우 광 검출에 대한 잡음은 광검출기를 포함한 전자 소자들에 의해 주어지는 전자적인 잡음(electronics noise)에 의해 주어지기 때문에 작은 회전 각속도에 대한 측정에 적합하지 않다.
- [6] 자이로스코프(gyroscope)는 회전 물체의 회전 운동 역학을 측정하는 장치로서, 특히 회전 각속도를 측정하여 제공한다. 자이로스코프의 응용분야로는 비행기, 미사일, 우주선, 잠수함 등에 사용되는 항법장치, 카메라, 로봇, 무인 자동화 기기 등의 자세 제어, 그리고 자이로 콤파스 등으로 매우 넓다. 자이로스코프는 그 응용에 따라서 요구되는 정밀도와 안정도가 다르다. 전술한 자이로스코프에는 기계식 자이로스코프와 광학식 자이로스코프가 있으며, 초정밀 계측 분야에서는 대부분 광학식 자이로스코프가 사용된다. 전술한 광학식 자이로스코프에는 링(ring) 레이저 자이로스코프, 광섬유 자이로스코프 등이 있다.
- [7] 링 레이저 자이로스코프는 3개 또는 그 이상의 반사경으로 이루어진 공진기 안에 서로 반대 방향, 예컨대 시계 방향과 반시계 방향으로 진행되는 레이저 빔이 동시에 발진하도록 하고, 이 레이저 빔의 진동수는 외부에서 자이로스코프를 회전시킬 때의 회전 각속도에 따라 달라지게 되며, 이 진동수의 차이 즉, 회전에 의해 주어지는 CW 및 CCW 방향으로의 유효 공진기 길이 차이를 검출하여 회전각속도를 측정하는 장치이다. 링 레이저 자이로스코프는 바이어스 안정성과 환산계수 선형성이 높고, 측정범위가 넓고, 온도 민감도가 낮기 때문에 항법 장치에 대부분 적용된다.
- [8] 하지만, 링 레이저 자이로스코프의 출력은 사인파(sine wave)의 형태로 나타나며, 회전 각속도의 크기에 따라 사인파의 주파수가 바뀌게 된다. 그런데, 외부 회전 각속도의 크기가 작은 경우, 반사경에서 일어나는 역 산란에 의하여 양방향으로 발진하는 두 레이저 빔의 진동수가 서로 같아지려고 하는 현상인 주파수 잠금 현상(Lock-in Effect)이 발생하게 되며, 이로 인하여 회전 각속도의 크기가 어느 한계치 이하일 때는 자이로스코프의 측정이 불가능하게 되는 문제점이 있다.

- [9] 한편, 광섬유 자이로스코프는 기본적으로 광원과 광섬유를 원형으로 감아놓은 광섬유 코일로 구성된 감지부를 구비한다. 광섬유 자이로스코프의 동작을 간단하게 설명하면 다음과 같다. 먼저, 광원에서 나온 빛이 방향성 결합기를 지난 후 두 개의 빛으로 나뉘어서 광섬유 코일을 지나게 되며, 서로 반대 방향으로 광섬유 코일을 지난 두 빛은 다시 방향성 결합기에서 만나서 간섭한다. 자이로스코프가 정지 상태에 있는 경우, 두 빛은 광섬유 코일을 지나는 동안 똑같은 위상 변화를 경험하므로, 방향성 결합기에서 보강 간섭하고, 광검출기의 출력은 최대가 된다. 반면, 자이로스코프가 회전하고 있는 경우, Sagnac 효과에 의하여 두 빛 사이에는 회전각속도에 비례하는 위상차가 발생하고, 광검출기의 출력이 변화된다. 그러므로 광검출기의 출력 세기 변화를 측정함으로써 회전각속도를 검출할 수 있다. 이러한 광섬유 자이로스코프는 다른 형태의 자이로스코프에 비하여 가격, 안정도, 내구성, 빠른 기동 시간 등에서 큰 이점을 가지고 있다. 하지만, 광섬유 자이로스코프는 회전에 의해 유도된 위상 차이를 측정하기 위해 고가이고 복잡한 신호처리 과정을 필요로 하는 복조장치를 사용하여야 하며, 온도에 민감한 바이어스 특성을 갖고, 측정 감도를 높이기 위해 광섬유 길이를 확장하는 경우 비선형성이 증가하게 되는 문제점이 발생한다.
- [10] 전술한 바와 같이, 사냥 간섭계를 이용하여 자이로스코프를 구성하는 경우, 종래의 사냥 간섭계의 문제점들로 인하여 자이로스코프의 측정 성능이 제한되는 문제점이 발생된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [11] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 편광 빔살 가르계를 사용하여 서로 수직으로 편광된 2개의 빔이 편광유지 광섬유를 한 번 이상 원형으로 감아 준 광섬유 코일(이하, '편광 유지 광섬유 코일'이라 함)에 의해 형성된 경로를 따라 시계 및 반시계 방향으로 각각 진행하도록 구성되어 측정 성능을 향상시킨 개선된 구조의 Sagnac 간섭계를 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [12] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 제1 특징에 따른 광섬유 사냥 간섭계는, 선형 또는 원형 편광된 광을 제공하는 광원; 상기 광원으로부터 입력된 광을 서로 수직 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누고, 상기 제1 빔과 제2 빔을 편광 유지 광섬유 코일의 양쪽 끝에 입력시킴으로써 각각의 빔을 서로 반대 방향을 따라 이동시킨 후 다시 합쳐서 출력하는 감지부; 상기 감지부로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 간섭시켜 이들 사이에 유도된 위상 변화를 측정하는 복조부;를 구비하며,
- [13] 상기 감지부는, 상기 광원으로부터 편광 빔살 가르계의 주축에 대하여 45도로 선형 편광되거나 또는 원형 편광된 광을 입력받고, 상기 입력된 광을 서로 수직

편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누어 서로 다른 출력 포트에 각각 출력하는 편광 빔살 가르개; 상기 편광 빔살 가르개의 상기 제1 빔과 제2 빔의 출력 포트에 양단이 연결되어, 상기 편광 빔살 가르개로부터 출력된 상기 제1 빔과 제2 빔을 서로 반대 방향으로 진행시키는 편광 유지 광섬유 코일;을 구비하며, 상기 편광 유지 광섬유 코일로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 서로 수직으로 편광되어 편광 빔살 가르개에서 합쳐져 동일한 경로로 출력되어 상기 복조부로 제공된다.

- [14] 본 발명의 제2 특징에 따른 광섬유 사냥 간섭계는, 45도 선형 편광되거나 원형 편광된 광을 제공하는 광원; 상기 광원으로부터 입력된 광을 서로 수직 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누고, 상기 제1 빔과 제2 빔을 편광 유지 광섬유 코일에서 서로 반대 방향을 따라 이동시킨 후 다시 합쳐서 출력하는 감지부; 상기 감지부의 입력지점 및 출력지점에 형성되어 감지부의 제1 빔과 제2 빔을 공진시키는 공진기; 및 상기 공진기로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 간섭시켜 제1 빔과 제2 빔의 사이에 유도된 위상 차이를 측정하는 복조부;를 구비하며,
- [15] 상기 감지부는 상기 광원으로부터 편광 빔살 가르개의 주축에 대하여 45도로 선형 편광되거나 원형 편광된 광을 입력받고, 상기 입력된 광을 서로 수직으로 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누어 서로 다른 출력 포트에 각각 출력하는 편광 빔살 가르개; 상기 편광 빔살 가르개의 상기 제1 빔과 제2 빔의 출력 포트에 양단이 연결되어, 상기 편광 빔살 가르개로부터 출력된 상기 제1 빔과 제2 빔을 서로 반대 방향으로 진행시키는 편광 유지 광섬유 코일;을 구비하며, 상기 편광 유지 광섬유 코일로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 서로 수직으로 편광되어 편광 빔살 가르개에서 합쳐져 동일한 경로로 출력되어 상기 복조부로 제공된다.
- [16] 전술한 제2 특징에 따른 광섬유 사냥 간섭계에 있어서, 상기 공진기는 상기 감지부의 입력지점 및 출력지점에 각각 배치된 제1 및 제2 거울; 상기 제1 거울과 상기 감지부의 사이에 배치된 제1 사분파장판(Quarter Wave Plate : QWP); 및 상기 제2 거울과 상기 감지부의 사이에 배치된 제2 사분파장판;을 구비하는 것이 바람직하다.
- [17] 본 발명의 제3 특징에 따른 광섬유 사냥 간섭계에 있어서, 편광된 광을 제공하는 광원; 상기 광원으로부터 제공된 광을 편광 방향에 따라 제1 빔과 제2 빔으로 나누고, 상기 제1 빔과 제2 빔을 편광 유지 광섬유 코일에서 서로 다른 방향을 따라 이동시킨 후 다시 합쳐서 출력하는 감지부; 상기 감지부로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 간섭시켜 이들 사이에 유도된 위상 변화를 측정하는 복조부; 상기 광원과 감지부의 사이에 배치되어, 광원으로부터 제공된 빔의 일부는 투과시키고 감지부로 출력하고, 감지부로부터 제공된 빔의 일부는 반사시켜 복조부로 출력하는 빔살 가르개;를 구비하며,
- [18] 상기 감지부는, 빔살 가르개를 통해 상기 광원으로부터 제공된 광을 서로 수직으로 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누어 서로 다른 출력 포트에 각각 출력하는 편광 빔살 가르개; 상기 편광 빔살 가르개의 상기 제1 빔과 제2 빔의 출력 포트에 양단이 연결되어, 상기 편광 빔살 가르개로부터 출력된 상기 제1

- 빔과 제2 빔을 서로 반대 방향으로 진행시키는 편광 유지 광섬유 코일; 및 상기 편광 빔살 가르게의 출력 포트 중 하나에 붙여서 배치되어, 상기 편광 유지 광섬유 코일로 입력되는 제 1 또는 제2 빔의 편광 방향과 상기 광섬유로부터 출력되어 상기 편광 빔살 가르게로 입력되는 제2 또는 제1 빔의 편광 방향을 각각 90도씩 회전시키는 반파장판(Half Wave Plate; HWP);를 구비하며,
- [19] 상기 편광 유지 광섬유로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 편광 빔살 가르게에서 합쳐져 출력된 후 상기 빔살 가르게에 의해 반사되거나 투과되어 상기 복조부로 제공된다.
- [20] 본 발명의 제4 특징에 따른 광섬유 사냥 간섭계는, 편광된 광을 제공하는 광원; 상기 광원으로부터 제공된 광을 편광 방향에 따라 제1 빔과 제2 빔으로 나누고, 상기 제1 빔과 제2 빔을 편광 유지 광섬유에서 서로 다른 방향을 따라 이동시킨 후 다시 합쳐서 출력하는 감지부; 상기 감지부로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 간섭시켜 이들 사이에 유도된 위상 변화를 측정하는 복조부; 상기 광원과 감지부의 사이에 배치되어, 광원으로부터 제공된 빔의 일부는 투과시키고 감지부로 출력하고, 감지부로부터 제공된 빔의 일부는 반사시켜 복조부로 출력하는 빔살 가르게;를 구비하며,
- [21] 상기 감지부는, 빔살 가르게를 통해 상기 광원으로부터 제공된 광을 서로 수직으로 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누어 서로 다른 출력 포트에 각각 출력하는 편광 빔살 가르게; 및 상기 편광 빔살 가르게의 상기 제1 빔과 제2 빔의 출력 포트에 양단이 연결되어, 상기 편광 빔살 가르게로부터 출력된 상기 제1 빔과 제2 빔을 서로 반대 방향으로 진행시키는 편광 유지 광섬유 코일;을 구비하고, 상기 편광 유지 광섬유 코일의 일단의 주축(principal axes)은 90도 회전되도록 배치하여, 상기 편광 유지 광섬유를 투과하는 광의 편광 방향을 90도 회전시키는 것을 특징으로 하며,
- [22] 상기 편광 유지 광섬유 코일로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 편광 빔살 가르게에서 합쳐져 출력된 후 상기 빔살 가르게에 의해 반사되거나 투과되어 상기 복조부로 제공된다.
- [23] 본 발명의 제3 및 제4 특징에 따른 광섬유 사냥 간섭계에 있어서, 상기 광섬유 사냥 간섭계는 상기 빔살 가르게와 상기 감지부의 편광 빔살 가르게의 사이에 공진기를 더 구비하며,
- [24] 상기 공진기는, 상기 빔살 가르게와 감지부의 편광 빔살 가르게의 사이에 배치된 거울; 및 상기 거울과 상기 감지부의 사이에 배치된 사분파장판(Quarter Wave Plate : QWP); 을 구비하는 것이 바람직하다.
- [25] 전술한 특징들에 따른 상기 광섬유 사냥 간섭계는, 복조부로부터 제1 빔과 제2 빔의 위상 변화에 따른 위상차($\Delta\varphi$)를 제공받고, 상기 위상차를 이용하여 회전 각속도(Ω)를 측정하여 제공하는 제어부를 더 구비하는 것이 바람직하다.
- [26] 전술한 특징들에 따른 상기 광섬유 사냥 간섭계에 있어서, 상기 복조부는, 상기 감지부로부터 제공된 서로 수직 편광상태인 제1빔과 제2빔의 사이에 바이어스

위상을 인가시키기 위한 위상 지연 장치; 상기 위상 지연 장치로부터 출력된 빔을 제3빔과 제4빔으로 나누어 각각 출력하는 빔살 가르개; 상기 빔살 가르개를 투과한 제3빔으로부터 I 출력신호를 검출하여 출력하는 I 신호 출력부; 상기 빔살 가르개에서 반사된 제4빔으로부터 Q 출력신호를 검출하여 출력하는 Q 신호 출력부; 를 구비하는 것이 바람직하다.

[27] 전술한 특징들에 따른 상기 광섬유 사냥 간섭계에 있어서, 상기 복조부는, 상기 감지부로부터 제공된 서로 수직 편광상태인 제1빔과 제2빔의 사이에 바이어스 위상을 인가시키기 위한 위상 지연 장치; 상기 위상 지연 장치에 의해 위상 지연된 제1빔과 제2빔을 45도로 정렬시켜 제1빔과 제2빔의 간섭 신호를 출력하는 편광자(Polarizer); 및 상기 편광자로부터 출력된 빔을 검출한 검출 신호를 출력하는 광검출소자;를 구비하는 것이 바람직하다.

[28] 전술한 특징들에 따른 상기 광섬유 사냥 간섭계에 있어서, 상기 복조부는 상기 감지부로부터 제공된 서로 수직 편광상태인 제1빔과 제2빔 사이에 바이어스 위상을 인가시키기 위한 위상 지연 장치; 상기 위상 지연 장치로부터 출력된 제1빔과 제2빔을 간섭시키고 편광 상태에 따라 나누어 출력하는 편광 빔살 가르개; 상기 편광 빔살 가르개로부터 반사된 제3 빔을 검출하여 제1 검출신호를 출력하는 제1 광검출소자; 상기 편광 빔살 가르개를 투과한 제4 빔을 검출하여 제2 검출신호를 출력하는 제2 광검출소자; 상기 제1 및 제2 검출신호의 차를 검출하여 출력하는 차동 증폭기; 를 구비하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[29] 본 발명에 따른 사냥 간섭계는 편광 빔살 가르개를 이용하여 구성함으로써, 종래의 사냥 간섭계와는 달리 각속도가 작은 회전까지도 정밀하게 측정할 수 있다.

[30] 또한, 본 발명의 제2 실시예와 제4 실시예에 따른 사냥 간섭계는 공진 구조를 구성함으로써, CW광과 CCW광이 공진기내에서 다수 회를 진행된 후 출력된다. 그 결과, 회전을 보다 정밀하게 측정할 수 있으며 항상 높은 감도를 유지할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[31] 도 1은 종래의 사냥 간섭계를 도시한 구성도이다.

[32] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 사냥 간섭계를 전체적으로 도시한 구성도이다.

[33] 도 3은 본 발명의 제2 실시예에 따른 사냥 간섭계를 전체적으로 도시한 구성도이다.

[34] 도 4는 본 발명의 제3 실시예에 따른 사냥 간섭계를 전체적으로 도시한 구성도이다.

[35] 도 5는 본 발명의 제4 실시예에 따른 사냥 간섭계를 전체적으로 도시한 구성도이다.

- [36] 도 6은 본 발명에 따른 사낙 간섭계에 따른 위상차를 이용하여, 회전 각속도를 검출하기 위하여 사용되는 사낙 효과(Sagnac Effect)를 설명하기 위하여 도시한 모식도이다.
- [37] 도 7은 본 발명에 따른 사낙 간섭계에 있어서, 복조부의 일 실시 형태를 도시한 구성도이다.
- [38] 도 8은 본 발명에 따른 사낙 간섭계에 있어서, 복조부의 다른 실시 형태를 도시한 구성도이다.
- [39] 도 9는 본 발명에 따른 사낙 간섭계에 있어서, 복조부의 또 다른 실시 형태를 도시한 구성도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [40] 본 발명에 따른 사낙 간섭계(Sagnac Interferometer)는 편광 빔살 가르게, 광섬유 및 공진기를 이용하여 구성된 것을 특징으로 한다.
- [41] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예들에 따른 새로운 구조의 사낙 간섭계의 구조 및 동작에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [42]
- [43] < 제1 실시예 >
- [44] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 개선된 사낙 간섭계를 전체적으로 도시한 구성도이다.
- [45] 도 2를 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 광섬유 자이로스코프(1)는, 광원(10), 감지부(20) 및 복조부(30)를 구비하며, 제어부(40)를 더 구비할 수 있다.
- [46] 상기 광원(10)은 편광 빔살 가르게의 주축에 대하여 45도로 선형 편광되거나 또는 원형 편광된 광을 입력받고, 45도로 선형 또는 원형 편광된 광을 상기 감지부(20)의 편광 빔살 가르게(200)로 제공한다. 상기 광원은 단일의 레이저 빔 발생장치를 사용하여 편광 빔살 가르게의 주축에 대하여 45도로 선형 편광되거나 원형 편광된 레이저 빔을 출력하도록 구성하거나, 레이저 빔 발생장치와 편광 회전 장치를 결합하여 구성함으로써, 편광 빔살 가르게의 주축에 대하여 45도로 선형 편광되거나 또는 원형 편광된 레이저 빔을 출력할 수도 있을 것이다.
- [47] 상기 감지부(20)는 편광 빔살 가르게(PBS; 200) 및 편광 유지 광섬유 코일(PMF Coil; 210)을 구비하여, 하나의 광 경로를 구성하게 된다. 전술한 구조를 갖는 상기 감지부는, 상기 광원으로부터 제공된 광을 이용하여 사낙 간섭계의 회전이나 이동을 감지하고, 회전이나 이동에 의한 회전 각속도에 따른 위상차를 갖는 제1 빔과 제2 빔을 복조부(30)로 출력한다.
- [48] 상기 편광 유지 광섬유 코일(210)은 적어도 1회 이상 원형으로 감긴 편광 유지 광섬유로 이루어진다.
- [49] 특히, 상기 감지부(20)는 광원으로부터 입사된 광을 PBS(200)에서 편광 방향에 따라 S 편광은 반사되고 P 편광은 투과됨으로써 2개의 빔으로 나누고, 이렇게

나뉘어진 2개의 빔이 편광 유지 광섬유 코일(210)에 의해 형성된 하나의 광경로를 따라 서로 반대 방향으로 각각 진행된 후 PBS(200)에서 다시 합쳐져 복조부로 출력된다. 상기 복조부는 이렇게 출력된 빔을 복조함으로써, CW 방향과 CCW 방향으로 각각 진행한 제1빔과 제2빔의 위상차를 측정할 수 있게 된다.

- [50] 상기 편광 빔살 가르개(200)는 상기 광원으로부터 제공된 빔을 편광 방향에 따라 S 편광은 반사시키고 P 편광은 통과시키는 광학 소자로서, 편광 방향에 따라 반사시키거나 통과시킴으로써 편광 방향이 서로 다른 제1빔과 제2빔으로 분리하여 PMF Coil(210)의 양단으로 각각 출력시킨다. 상기 PMF Coil(210)의 양단으로 각각 출력된 제1빔과 제2빔은 서로 반대 방향으로 회전하여 PBS(200)로 다시 입사되어 합쳐진 후 상기 복조부로 제공된다.
- [51] 상기 편광 유지 광섬유 코일(210)은 상기 PBS(200)로부터 출력된 빔들이 PMF Coil(210)에 의해 형성된 광경로를 따라 서로 반대 방향으로 회전한 후 다시 PBS(200)로 입사되도록 배치되며, 빔들이 PMF Coil의 주축을 따라 진행하게 된다. 상기 편광 유지 광섬유 코일에 의하여, 상기 편광 빔살 가르개에서 반사되어 출력된 제2빔은 시계 방향(CW)으로 진행하여 편광 빔살 가르개에 재입사되며, 편광 빔살 가르개를 투과한 제1빔은 시계 반대 방향(CCW)으로 진행하여 편광 빔살 가르개에 재입사된다. 따라서, 서로 수직 편광상태인 제1빔과 제2빔이 편광 유지 광섬유 코일(210)을 따라 서로 반대 방향으로 이동한 후 편광 빔살 가르개(200)로 재입사하여 복조부로 출력된다.
- [52] 상기 제1빔과 제2빔이 PMF Coil(210)을 따라 이동하는 동안, 사냥 간섭계가 회전하게 되면, 제1빔과 제2빔은 사냥 간섭계의 회전 각속도에 따라 위상차를 갖게 된다.
- [53] 상기 복조부(30)는 감지부(20)로부터 출력된 제1빔과 제2빔을 간섭시키고, 이들 사이에 유도된 위상차를 측정하여 제공한다.
- [54] 상기 제어부(40)는 상기 복조부로부터 제공된 제1빔과 제2빔의 간섭신호로부터 제1빔과 제2빔 사이의 위상 차이를 산출하고 이를 이용하여 사냥 간섭계의 회전 각속도를 계산하여 출력한다. 본 발명에 따른 사냥 간섭계는 상기 제어부(40)를 내부에 포함할 수도 있으며, 제어부(40) 없이 구성될 수도 있다. 사냥 간섭계를 제어부 없이 구성하는 경우, 사냥 간섭계는 외부의 제어 장치 또는 컴퓨터 등으로 사냥 간섭계에 의해 측정된 제1 빔과 제2 빔의 간섭신호를 외부의 제어 장치 또는 컴퓨터로 제공할 수 있다. 상기 제어 장치 또는 컴퓨터는 제1 빔과 제2 빔의 간섭신호를 이용하여 제1 빔과 제1 빔의 위상차와 사냥 간섭계의 회전 각속도를 계산할 수 있게 된다.
- [55] 도 6은 본 발명에 따른 사냥 간섭계에 있어서, 제1 빔과 제2 빔의 위상차를 이용하여 회전 각속도를 검출하기 위하여 사용되는 사냥 효과(Sagnac Effect)를 설명하기 위하여 도시한 모식도이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 사냥 간섭계가 회전을 하면, 편광 유지 광섬유(210)를 따라 서로 반대 방향으로 진행하는

제1빔과 제2빔은 회전 각속도에 따라 서로 광경로차(ΔL)가 발생하게 된다. 따라서, 사냥 간섭계에 의해 측정된 제1빔과 제2빔의 위상차를 이용하여 광경로차를 구하고, 상기 광경로차를 기반으로 하여 회전 각속도를 측정할 수 있게 된다.

[56]

발명의 실시를 위한 형태

[57] < 제2 실시예 >

[58] 도 3은 본 발명의 제2 실시예에 따른 개선된 사냥 간섭계를 전체적으로 도시한 구성도이다.

[59] 도 3을 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 자이로스코프(2)는, 광원(12), 감지부(22), 복조부(32) 및 공진기(52)를 구비하며, 제어부(42)를 더 구비할 수 있다. 제2 실시예의 감지부(22)의 구조는 제1 실시예의 그것들의 구조와 동일하므로, 중복되는 설명은 생략한다.

[60] 상기 광원(12)은 편광 빔살 가르게의 주축에 대하여 45도로 선형 편광되거나 원형 편광된 레이저빔 광원을 사용할 수 있다.

[61] 상기 감지부(22)는 공진기(52)의 내부에 배치되며, 상기 광원으로부터 입력된 광을 서로 수직으로 편광된 제1빔과 제2빔으로 나누고, 상기 제1빔과 제2빔을 PMF Coil(210)에 의해 형성된 경로에서 서로 반대 방향을 따라 이동시킨 후 다시 합쳐서 복조부로 출력한다.

[62] 상기 공진기(52)는 상기 감지부(22)의 입력지점 및 출력지점에 각각 배치된 제1 거울(520) 및 제2 거울(522)로 구성되며, 상기 제1 및 제2 거울에는 제1 사분파장판(Quarter Wave Plate : QWP ; 521) 및 제2 사분파장판(523)이 각각 배치된다. 제1 및 제2 사분파장판은 입력된 빔을 $\lambda/4$ 만큼 위상 지연시켜 출력하는 위상지연판이다.

[63] 상기 제1 및 제2 거울(520, 522)는 반사계수(R)가 큰 거울들로 구성하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 제1 및 제2 거울을 반사계수가 98%인 거울들로 구성하는 경우 편광 빔살 가르게에서의 손실이 없다고 가정하면 공진기의 Finesse 가 157이며, 공진기내의 CW 빔 및 CCW 빔은 약 100회 정도 반복하여 돌아갈 수 있기 때문에 유도되는 위상 값은 약 100배 만큼 증가한다. 편광 빔살 가르게에서의 손실을 고려하더라도 CW 빔 및 CCW 빔이 수십 회 이상 반복하여 돌아갈 수 있기 때문에 그만큼 간섭계의 성능을 향상시킬 수 있다.

[64] 상기 감지부(22)는 제1 실시예의 감지부와 동일한 구조로 이루어지되, 광원과 편광 빔살 가르게(200)의 입사면의 사이에 공진기의 제1 거울(520) 및 제1 사분파장판(521)이 배치되며, 편광 빔살 가르게의 출사면과 복조부의 사이에 공진기의 제2 거울(522) 및 제2 사분파장판(523)이 배치된다.

[65] 이하, 본 발명의 제2 실시예에 따른 사냥 간섭계에 있어서, 상기 감지부(22) 및 공진기(52)에서의 제1빔과 제2빔의 진행 경로를 구체적으로 설명한다.

- [66] 먼저, 광원으로부터 제공된 선형 편광된 빛의 일부가 거울을 거쳐 제1 QWP(521)에 입사되는데, 이때 입사된 빛의 편광 방향이 제1 QWP의 주축과 평행하기 때문에 제1 QWP를 거치면서 편광상태는 입사된 빛과 같은 상태로 유지된다. 제1 QWP의 주축, 즉 입사된 빛의 편광 방향이 편광 빔살 가르게의 주축과 45도의 각을 이루기 때문에 입사된 빔의 P 편광 성분은 편광 빔살 가르게(200)를 투과하여 제1 빔을 이루고 S 성분은 반사되어 제2 빔을 이룬다. 편광 빔살 가르게를 투과한 제1 빔은 편광 유지 광섬유 코일에 의해 형성된 경로를 CCW 방향으로 진행하며, 편광 빔살 가르게에서 반사된 제2 빔은 편광 유지 광섬유 코일에 의해 형성된 경로를 CW 방향으로 진행하게 된다. 편광 유지 광섬유 코일을 따라 CCW 방향으로 진행한 제1빔은 P 편광으로서 편광 빔살 가르게로 재입사되어 다시 투과되어 제2 QWP, 제2 거울, 제2 QWP를 투과한 후 편광 빔살 가르게로 다시 입사하게 된다. 이때, 제1 빔의 편광 방향은 QWP 주축에 대하여 45도로 정렬되어 있으므로 제2 QWP를 두번 투과하게 되어 편광 방향이 90도 회전하며, 그 결과 다시 입사한 편광 빔살 가르게에서 반사되어 PMF를 CCW 방향으로 다시 진행하게 된다. 이러한 과정이 반복됨으로써, 제1 빔은 CCW 방향으로 반복해서 돌아가게 된다. 따라서 공진기가 정상과 조건을 만족하면 제1 거울을 통해 입사되는 빛이 증강간섭을 일으켜 공진기 내부에서 빛의 세기는 점점 커지고 이들 중 일부가 제2 거울(522)을 통해 출력된다. 이 때 제1 빔이 편광 유지 광섬유 코일을 따라 돌아가는 횟수는 거울의 반사율에 의해 주어진다. 한편, 제2 빔은, 제1 빔과 마찬가지로 CW 방향으로 같은 횟수만큼 돌아가며 제2 거울(522)을 통해 출력된다.
- [67] 예를 들어, 상기 공진기를 구성하는 제1 및 제2 거울의 반사 계수(R)가 98% 인 경우 공진기의 finesse가 157이 되며 제1 빔과 제2 빔은 편광 빔살 가르게 등 다른 소자에서의 손실을 고려하지 않을 경우 약 100회 돌아간 후에 출력된다. 따라서 PMF 길이를 1/100로 줄여 주어도 동일한 효과를 얻을 수 있어 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 매 회전마다 두 개의 편광 유지 광섬유 코일의 주축을 번갈아가면서 사용하기 때문에 편광 유지 광섬유 코일에 의한 잡음을 최소화 할 수 있다.
- [68] 상기 공진기로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 복조부(32)로 제공된다. 상기 복조부(32)는 상기 공진기(52)로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 복조하여, 제1 빔과 제2 빔 사이의 위상차를 검출하여 출력한다.
- [69] 제2 실시예에 따른 사냥 간섭계는 공진기에 의해 빔이 다수 회 돌아가게 함으로써, 빔이 감지부의 PMF를 따라 1회 돌아가는 제1 실시예에 따른 사냥 간섭계에 비하여 돌아간 횟수만큼 감도를 향상시킬 수 있다.
- [70]
- [71] < 제3 실시예 >
- [72] 도 4는 본 발명의 제3 실시예에 따른 개선된 사냥 간섭계를 전체적으로 도시한 구성도이다.

- [73] 도 4를 참조하면, 본 발명의 제3 실시예에 따른 광섬유 사냥 간섭계(3)는, 광원(10), 빗살 가르개(250), 감지부(23) 및 복조부(30)를 구비하며, 제어부(40)를 더 구비할 수 있다.
- [74] 상기 광원(10)은 45도로 선형 편광되거나 원형 편광된 광을 빗살 가르개(250)를 통해 감지부(23)로 제공한다. 상기 광원은 단일의 레이저 빔 발생장치를 사용하여 45도로 선형 또는 원형 편광된 레이저 빔을 출력하도록 구성하거나, 레이저 빔 발생장치와 편광 회전 장치를 결합하여 구성함으로써 45도로 선형 또는 원형 편광된 레이저 빔을 출력할 수도 있을 것이다.
- [75] 상기 빗살 가르개(250)는 상기 광원(10)과 감지부(23)의 사이에 배치되어, 광원으로부터 제공된 빔의 일부는 투과시키고 감지부로 출력하고, 감지부로부터 제공된 빔의 일부는 반사시켜 복조부로 출력한다.
- [76] 상기 감지부(23)는 편광 빗살 가르개(200), 편광 유지 광섬유(210) 및 반파장판(240)을 구비하여, 상기 광원으로부터 제공된 광을 이용하여 사냥 간섭계의 회전이나 이동을 감지하고, 회전이나 이동에 의한 회전 각속도에 따른 위상차를 갖는 제1 빔과 제2 빔을 빗살 가르개(250)를 통해 복조부(30)로 출력한다.
- [77] 상기 편광 빗살 가르개(200)는 빗살 가르개를 통해 상기 광원으로부터 제공된 광을 서로 수직으로 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누어 서로 다른 출력 포트에 각각 출력한다.
- [78] 상기 편광 유지 광섬유 코일(PMF Coil; 210)은 상기 편광 빗살 가르개(200)로부터 출력된 상기 제1 빔과 제2 빔의 방향을 전환시키고 광섬유를 따라 이동시켜 제1 빔은 제2 빔의 출력포트로 입력시키고 제2 빔은 제1 빔의 출력 포트에 입력시키게 된다.
- [79] 상기 반파장판(240)은 상기 편광 유지 광섬유 코일(210)과 연결된 편광 빗살 가르개(200)와 붙어서, 혹은 바로 뒤에 배치되어 상기 편광 유지 광섬유 코일로 들어가거나 나오는 빔의 편광방향을 90도 회전시킨다. 따라서, 편광 유지 광섬유 코일(210)을 따라 CW 방향과 CCW 방향으로 진행하는 빛의 편광상태가 동일하기 때문에 제1 빔과 제2 빔의 편광방향이 편광 유지 광섬유 코일의 두 개의 주축 중 하나와 평행하게 진행하므로 제1 빔과 제2 빔의 환경적으로 같은 영향을 받으므로 편광 유지 광섬유 코일에 인가될 수 있는 복굴절 잡음 등에 영향을 받지 않는다.
- [80] 상기 편광 유지 광섬유 코일(210)로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 서로 수직으로 편광되어 편광 빗살 가르개(200)에서 합쳐져 동일한 경로를 따라 빗살 가르개(250)로 출력되어 상기 복조부(30)로 제공된다.
- [81] 이하, 본 발명의 제3 실시예에 따른 사냥 간섭계에 있어서, 상기 감지부(23)에서의 제1빔과 제2빔의 진행 경로를 구체적으로 설명한다.
- [82] 먼저, 광원으로부터 입사된 광을 빗살 가르개(250)를 통해 편광 빗살 가르개(200)로 입사되며, 편광 빗살 가르개에서 편광 방향에 따라 S 편광빔은

반사되고 P 편광빔은 투과됨으로써 2개의 빔으로 나누고, 이렇게 나뉘어진 2개의 빔이 편광 유지 광섬유 코일(210)을 따라 서로 반대 방향으로 진행된 후 편광 빔살 가르게에서 다시 합쳐져 출력된다.

- [83] 한편, 편광 빔살 가르게(200)와 붙어서 반파장판(240)을 배치함으로써, 상기 편광 빔살 가르게(200)를 투과한 빔은 반파장판에 의해 90도만큼 편광이 회전한다. 그 결과, 편광 빔살 가르게를 투과한 P 편광인 제1빔은 편광 유지 광섬유 코일(210)을 시계 반대 방향을 따라 이동하여 편광 빔살 가르게로 재입사하게 되며, 이때 반파장판(240)에 의해 편광 방향이 90도 회전함에 따라 재입사된 편광 빔살 가르게(200)에서 반사되어 빔살 가르게(250)로 진행하게 된다. 한편, 편광 빔살 가르게에서 반사된 S 편광인 제2빔은 반파장판에 의해 편광방향이 90도 회전하여 편광 유지 광섬유 코일을 시계 방향으로 이동하여 재입사된 편광 빔살 가르게(200)를 투과하여 빔살 가르게(250)로 진행하게 된다. 따라서 제1 빔과 제2 빔은 동일한 편광 상태를 가지며 이들의 편광방향을 편광 유지 광섬유 코일의 두 개의 주축 중 하나와 동일하게 정렬시킴으로써 완전히 대칭적인 사냥 간섭계를 구성할 수 있으며, 이렇게 진행하여 재입사된 제1빔은 반파장판(240)을 투과하면서 편광이 90도 회전하여 편광 빔살 가르게에서 반사하고, 제2빔은 편광 빔살 가르게를 투과하여 제1 빔과 합쳐져 빔살 가르게로 진행된 후 빔살 가르게에서 일부가 복조부(30)로 출력된다.

- [84] 상기 복조부는 이렇게 빔살 가르게로부터 입력된 빔을 복조함으로써, CW 방향과 CCW 방향으로 각각 진행한 제2빔과 제1빔의 위상차를 측정할 수 있게 된다.

- [85] 상기 제1빔과 제2빔이 편광 유지 광섬유 코일을 따라 이동하는 동안, 사냥 간섭계가 회전하게 되면, 제1빔과 제2빔은 사냥 간섭계의 회전 각속도에 따라 위상차를 갖게 된다.

- [86] 상기 복조부(30)는 감지부(20)로부터 출력된 제1빔과 제2빔을 간섭시키고, 이들 사이에 유도된 위상 변화를 측정하여 제공한다.

- [87] 상기 제어부(40)는 상기 복조부로부터 제공된 제1빔과 제2빔의 위상차를 이용하여, 사냥 간섭계의 회전 각속도를 계산하여 출력한다.

[88]

- [89] < 제4 실시예 >

- [90] 도 5는 본 발명의 제4 실시예에 따른 개선된 사냥 간섭계를 전체적으로 도시한 구성도이다.

- [91] 도 5를 참조하면, 본 발명의 제4 실시예에 따른 사냥 간섭계(4)는, 광원(10), 빔살 가르게(250), 감지부(23), 복조부(30) 및 공진기(54)를 구비하며, 제어부(40)를 더 구비할 수 있다. 본 실시예에 따른 사냥 간섭계(4)는 전술한 제3 실시예에 따른 사냥 간섭계의 빔살 가르게(250)와 감지부의 편광 빔살 가르게(200)의 사이에 공진기(54)가 더 배치된 것을 특징으로 한다.

- [92] 상기 공진기(54)는 빔살 가르게(250)와 감지부의 편광 빔살 가르게(200)의

사이에 배치되며, 거울(530) 및 사분파장판(QWP; 531)으로 이루어진다. 사분파장판은 입력된 빛의 주 편광성분들(principal polarization components) 사이의 위상 차이를 $\lambda/4$ 만큼 지연시켜 출력하는 위상지연판이다. 상기 거울(530)은 반사계수(R)가 큰 거울들로 구성하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 반사계수가 98%인 거울로 구성하는 경우 편광 빛살 가르게에서의 손실이 없다고 가정하면 공진기의 Finesse 가 157이며, 공진기내의 CW 빔 및 CCW 빔은 약 100회 정도 반복하여 돌아 갈 수 있기 때문에 유도되는 위상 값은 약 100배 만큼 증가한다. 편광 빛살 가르게에서의 손실을 고려하더라도 CW 빔 및 CCW 빔이 수십 회 이상 반복하여 돌아 갈 수 있기 때문에 그만큼 간섭계의 성능을 향상시킬 수 있다.

[93] 상기 공진기(54)의 구동 방식은 제2 실시예에 따른 공진기와 동일하다.

[94] 상기 감지부(23)의 구성 및 동작은 제3 실시예에 따른 감지부(23)의 구성 및 동작과 동일하다.

[95] 전술한 구성을 갖는 본 실시예에 따른 광섬유 사냥 간섭계(4)는 감지부와 공진기에 의하여 제1 빔과 제2 빔이 공진 조건을 만족할 때까지 편광 유지 광섬유 코일(210)을 회전한 후 복조부로 출력하게 되며, 복조부 및 제어부에 의해 제1 빔과 제2 빔의 간섭 신호에 유도된 위상차 및 회전 각속도를 구하게 된다.

[96]

[97] 한편, 전술한 제3 및 제4 실시예에 따른 광섬유 사냥 간섭계의 다른 실시 형태에 있어서, 편광 빛살 가르게(200)와 붙어서 반파장판(240)을 배치하여 상기 편광 빛살 가르게(200)를 투과하거나 반사한 빔은 반파장판에 의해 90도만큼 편광이 회전되도록 하는 것을 대신하여, 편광 유지 광섬유의 일단의 주축(Principal axes)이 90도 회전되도록 배치함으로써, 편광 유지 광섬유의 동일한 주축을 이용하여 서로 다른 편광 성분을 갖는 제1 빔과 제2 빔을 회전시킬 수 있게 된다. 그 결과, 굴절율이 서로 다른 주축을 통해 제1 빔과 제2 빔이 회전하게 되는 제1 및 제2 실시예에 따른 광섬유 사냥 간섭계와는 달리, 제3 및 제4 실시예에 따른 광섬유 사냥 간섭계는 PMF Coil의 동일한 주축을 따라 제1 빔과 제2 빔이 회전됨으로써 측정 정확도를 향상시킬 수 있게 된다.

[98]

[99] 이하, 전술한 본 발명에 따른 사냥 간섭계에 있어서, 복조부의 다양한 실시 형태들에 대하여 설명한다.

[100] 도 7은 본 발명에 따른 사냥 간섭계에 있어서, 복조부의 일 실시형태를 도시한 구성도이다. 도 7을 참조하면, 복조부(30)는 위상 지연 장치(372), 편광자(375) 및 광 검출소자(PD)를 구비한다.

[101] 상기 위상 지연 장치(372)는 상기 감지부로부터 제공된 서로 수직 편광상태인 제1빔과 제2빔 사이에 바이어스 위상을 인가시키기 위한 것이다. 제1 빔과 제2 빔의 최적의 복조를 위하여, 제1 빔과 제2 빔 사이의 위상 바이어스를 90도의 홀수 배로 만들기 위하여 위상 지연 장치를 사용하는 것이 바람직하다. 따라서,

제1빔과 제2빔의 편광 상태에 따라 다양하게 선택하여 사용될 수 있으며, 그 일례로 주 편광성분 사이에 사분파장을 위상지연시키는 사분파장판(QWP)을 사용할 수 있으며, 만약 제1 빔과 제2 빔의 위상이 편광 빔살 가르개에서의 반사 등에 의해 바뀌는 경우, QWP 가 아닌 다른 위상 지연 장치를 사용하여 제1 빔과 제2 빔의 위상차를 90도의 홀수 배로 만드는 것이 바람직하다.

[102] 상기 편광자(Polarizer; 375)는 상기 위상지연 장치에 의해 위상 지연된 제1빔과 제2빔에 45도로 정렬시켜 제1 빔과 제2 빔 사이의 간섭신호를 출력한다.

[103] 상기 광 검출소자(PD)는 상기 편광자로부터 출력된 빔을 검출한 검출 신호를 출력하며, 제1 빔과 제2 빔 사이의 바이어스 위상이 90도인 경우 다음과 같은 수학적 식 1로 주어진다.

[104] [수식1]

$$V_{out} = R \frac{I_0}{2} (1 - \sin \Delta\phi) \approx R \frac{I_0}{2} (1 - \Delta\phi)$$

[105] 여기서 R 은 광검출기의 감응도(responsivity), I_0 는 제1 빔과 제2 빔의 총 세기, 그리고 $\Delta\phi$ 는 간섭계의 회전 등에 의해 제1 빔과 제2 빔에 유도된 위상차이이며 일상적인 경우 매우 작은 값을 갖는다.

[106] 도 8은 본 발명에 따른 사냥 간섭계에 있어서, 복조부의 다른 실시형태를 도시한 구성도이다. 도 8을 참조하면, 복조부(31)는 위상 지연 장치(398), 편광 빔살 가르개(392), 제1 및 제2 광 검출소자(PD1, PD2) 및 차동 증폭기(395)를 구비한다.

[107] 상기 위상 지연 장치(398)는 상기 감지부로부터 제공된 서로 수직 편광상태인 제1빔과 제2빔 사이에 90도 혹은 90도의 홀수 배에 해당하는 바이어스 위상을 인가시키기 위한 것으로서, 편광 빔살 가르개, 거울에서의 반사 등에 의해 주어진 제1빔과 제2빔의 위상 값에 따라 다양하게 선택하여 사용될 수 있으며, 그 일례로 주 편광 성분 사이에 사분파장을 위상지연시키는 사분파장판(QWP)을 사용할 수도 있다.

[108] 상기 편광 빔살 가르개(392)는 상기 위상 지연 장치로부터 출력된 제1빔과 제2빔의 편광방향에 대하여 45도로 정렬시키며, 따라서 제1 빔과 제2 빔의 S성분이 합쳐져서 간섭이 일어나며 편광 빔살 가르개에서 반사하고, 제1 빔과 제2 빔의 P 성분은 합쳐져서 간섭이 일어나며 편광 빔살 가르개를 투과한다.

[109] 상기 제1 광 검출소자(PD1)는 상기 편광 빔살 가르개로부터 반사된 제3 빔을 검출하여 제1 검출신호를 출력하며, 상기 제2 광 검출소자(PD2)는 상기 편광 빔살 가르개를 투과한 제4 빔을 검출하여 제2 검출신호를 출력한다. 제1 빔과 제2 빔 사이의 위상 바이어스가 90도인 경우 PD1과 PD2로부터 출력된 광신호는 각각 다음과 같은 수학적 식 2 및 수학적 식 3으로 주어진다.

[110] [수식2]

$$V_{PD1} = R \frac{I_0}{2} (1 - \sin \Delta\phi) \approx R \frac{I_0}{2} (1 - \Delta\phi)$$

[111] [수식3]

$$V_{PD2} = R \frac{I_0}{2} (1 + \sin \Delta\phi) \approx R \frac{I_0}{2} (1 + \Delta\phi)$$

[112] 상기 차동 증폭기(395)는 상기 제1 및 제2 검출신호의 차를 출력하며 출력신호는 다음과 같은 수학적 4로 주어진다.

[113] [수식4]

$$V = V_{PD2} - V_{PD1} = RI_0 \sin \Delta\phi \approx RI_0 \Delta\phi$$

[114] 따라서, 전술한 구조의 복조부는 제3 빔과 제4빔으로부터 검출된 간섭신호를 차동 증폭기로 빼어 줌으로써 각각의 광신호에 실려있는 서로 상관된 잡음은 제거되고 광신호는 두 배로 커지게 되어 신호 대 잡음비를 높일 수 있게 된다. 이와 같은 측정 방법을 Balanced Detection 방법이라고 한다.

[115]

[116] 도 9는 본 발명에 따른 사냥 간섭계에 있어서, 복조부의 또 다른 실시형태를 도시한 구성도이다. 도 9를 참조하면, 상기 복조부(32)는, 위상 지연 장치(300), 빔살 가르개(310), I 신호 출력부(320) 및 Q 신호 출력부(330)를 구비하며, I 신호 출력부 및 Q 신호 출력부로부터 각각 서로 위상차가 90°인 I 출력 신호(In-phase Signal ; V_I) 및 Q 출력 신호(Quadrature-phase Signal : V_Q)를 생성하여 출력한다. I 출력 신호(In-phase Signal ; V_I)는 $\cos \Delta\phi$ 에 비례하고, Q 출력 신호(Quadrature-phase Signal : V_Q)는 $\sin \Delta\phi$ 에 비례한다.

[117] 상기 복조부(32)는 상기 감지부로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 복조하여, 제1 빔과 제2 빔에 대한 I 출력 신호(In-phase Signal ; V_I) 신호 및 Q 출력 신호(Quadrature-phase Signal : V_Q)를 검출하여 출력한다. 상기 I 출력 신호 및 Q 출력 신호로부터 회전 각속도에 따른 위상차를 검출할 수 있게 된다.

[118] 상기 위상 지연 장치(300)는 상기 감지부로부터 서로 수직 편광상태인 제1빔과 제2빔 사이에 바이어스 위상을 인가시키기 위한 것으로서, 제1빔과 제2빔의 편광 상태에 따라 다양하게 선택하여 사용될 수 있으며, 그 일 예로 상기 제1빔과

제2빔을 45도 편광 회전시켜 빗살 가르개(310)로 출력하는 반파장판을 사용할 수 있다.

- [119] 상기 빗살 가르개(310)는 상기 위상 지연 장치로부터 45도 편광 회전된 제1빔과 제2빔을 제공받고, 상기 제1빔과 제2빔을 50:50으로 제3빔 및 제4빔으로 나누어 각각 투과 및 반사시켜 출력한다. 빗살 가르개를 투과한 제3빔은 I 신호 출력부로 제공되고, 빗살 가르개에서 반사된 제4빔은 Q 신호 출력부로 제공된다.
- [120] 상기 I 신호 출력부(320)는 상기 빗살 가르개를 투과한 제3빔으로부터 I 출력신호를 검출하여 출력하도록 구성된다. 상기 I 신호 출력부(320)는 빗살 가르개를 투과한 제3빔의 진행 경로상에 배치된 제2 편광 빗살 가르개(322), 제2 편광 빗살 가르개로부터 반사되어 출력된 빔을 검출하는 제1 검출소자(323), 제2 편광 빗살 가르개를 투과하여 출력된 빔을 검출하는 제2 검출소자(324), 및 상기 제1 검출소자 및 제2 검출소자로부터 출력된 빔들의 차이를 검출하여 증폭시켜 출력하는 제1 차동증폭기(325)를 구비한다. 제1 및 제2 검출소자는 포토 다이오드로 구성될 수 있다.
- [121] 상기 Q 신호 출력부(330)는 상기 빗살 가르개를 투과한 제4빔으로부터 Q 출력신호를 검출하여 출력하도록 구성된다. 상기 Q 신호 출력부(330)는 상기 빗살 가르개에서 반사된 제4빔으로부터 Q 출력신호를 검출하여 출력하도록 구성된다. 상기 Q 신호 출력부(330)는, 빗살 가르개에서 반사된 제4빔을 45도 편광회전시켜 출력하는 QWP(Quarter Wave Plate;331), 상기 QWP를 투과하여 45도 편광 회전된 제4빔의 진행 경로상에 배치된 제3 편광 빗살 가르개(332), 제3 편광 빗살 가르개에서 반사되어 출력된 빔을 검출하는 제3 검출소자(333), 제3 편광 빗살 가르개를 투과하여 출력된 빔을 검출하는 제4 검출소자(334), 및 상기 제3 검출소자 및 제4 검출소자로부터 출력된 빔들의 차이를 검출하여 증폭시켜 출력하는 제2 차동증폭기(335)를 구비한다.
- [122] 전술한 구성을 갖는 I 신호 출력부의 제1 차동 증폭기 및 Q 신호 출력부의 제2 차동 증폭기는 각각 제1 빔과 제2 빔에 대한 I 출력 신호 (In-phase Signal ; V_I) 신호 및 Q 출력 신호(Quadrature-phase Signal : V_Q) 를 출력한다.
- [123] 상기 제어부(40)는 복조부로부터 I 출력 신호 및 Q 출력 신호를 제공받고, 상기 I 출력 신호 및 Q 출력 신호를 이용하여, 회전 각속도를 검출하여 출력한다. 이하, 본 실시 형태에 따른 복조부의 출력 신호를 이용하여, 제어부(40)가 회전 각속도(Ω)를 검출하는 과정을 구체적으로 설명한다.
- [124] 먼저, 복조부(32)로부터 얻은 I 출력 신호 (In-phase Signal ; V_I)는 $\cos \Delta\varphi$ 에 비례하고, Q 출력 신호(Quadrature-phase Signal : V_Q)는 $\sin \Delta\varphi$ 에 비례하므로, I 출력 신호(V_I) 및 Q 출력 신호(V_Q) 를 이용하여 물체의 회전에 따른 위상차($\Delta\varphi$)를 수학식 5에 의해 구할 수 있다.

[125] [수식5]

$$\Delta\phi = \tan^{-1} \left(\frac{v_Q}{v_I} \right)$$

[126] 감지부에서 시계 방향으로 회전하는 제2빔이 광 회전부를 일주하는데 걸리는 시간(t_+)는 수학식 6에 의해 구할 수 있으며, 시계 반대 방향으로 회전하는 제1빔이 광 회전부를 일주하는데 걸리는 시간(t_-)는 수학식 7에 의해 구할 수 있다.

[127] [수식6]

$$ct_+ = 2\pi R + R\Omega t_+$$

$$t_+ = \frac{2\pi R}{c - \Omega R}$$

[128] [수식7]

$$ct_- = 2\pi R - R\Omega t_-$$

$$t_- = \frac{2\pi R}{c + \Omega R}$$

[129] 물체의 회전에 따른 제1빔과 제2빔의 광 경로차(ΔL)는 수학식 8에 구할 수 있다.

[130] [수식8]

$$\Delta L = c(t_+ - t_-) \approx \frac{4\pi R^2 \Omega}{c}$$

[131] 물체의 회전에 의해, 서로 반대 방향으로 진행하는 제1빔과 제2빔의 사이에 광 경로차(ΔL)가 발생하게 된다. 이러한 제1빔과 제2빔을 간섭시켜 간섭 신호를 얻을 수 있는데, 간섭신호에서의 위상 변화는 회전 각속도의 선형적인 함수로 주어지게 되므로, 위상 변화를 측정하고 이를 이용하여 회전 각속도를 정확하게 측정할 수 있게 된다.

[132] 물체의 회전에 따른 제1빔과 제2빔의 광 경로차(ΔL)를 이용하여 제1빔과 제2빔의 위상차($\Delta\phi$)는 수학식 9에 구할 수 있다.

[133] [수식9]

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{\Delta L}{\lambda} = \frac{8\pi}{\lambda c} A \Omega$$

[134] 수학식 9로부터 물체의 회전에 따른 회전 각속도(Ω)는 수학식 10로 표현될 수 있으며, 수학식 4을 통해 I 출력 신호(V_I) 및 Q 출력 신호(V_Q)를 이용하여 구한 제1빔과 제2빔의 위상차($\Delta\phi$)를 이용하여 물체의 회전에 따른 회전 각속도(Ω)를 구할 수 있게 된다.

[135] [수식10]

$$\Omega = \Delta\phi \frac{\lambda c}{8\pi A}$$

[136] 여기서, λ 는 빛의 파장이며, t_- 는 반시계 방향으로 회전하는 제1빔이 고리를 일주하는 데 걸리는 시간이며, t_+ 는 시계 방향으로 회전하는 제2빔이 고리를 일주하는 데 걸리는 시간이며, Ω 는 회전 각속도이며, c 는 빛의 속도이며, R 은 광 회전부를 구성하는 고리의 반경이며, A 는 고리의 면적이며, ΔL 은 서로

반대방향으로 진행하는 제1빔과 제2빔의 광 경로차이며, $\Delta\varphi$ 는 각속도에 의해 유도되는 위상변화값이다.

[137] 전술한 구성을 갖는 본 발명에 따른 사냥 간섭계는 편광 빔살 가르개를 이용하여 새로운 구조로 구성함으로써, 서로 수직 편광 상태인 2개의 빔을 닫힌 경로를 따라 서로 반대 방향으로 진행시킨 후 위상차를 구하고, 이를 이용하여 물체의 회전에 따른 회전 각속도를 측정할 수 있게 된다.

[138] 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나, 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 그리고, 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

산업상 이용가능성

[139] 본 발명에 따른 사냥 간섭계는 자이로스코프 등과 같이 회전 역학 정보를 측정하는 장비에 널리 사용될 수 있다.

[140]

청구범위

- [청구항 1] 선형 또는 원형 편광된 광을 제공하는 광원;
 상기 광원으로부터 입력된 광을 서로 수직 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누고, 상기 제1 빔과 제2 빔을 편광 유지 광섬유에 의해 형성된 경로를 서로 반대 방향을 따라 이동시킨 후 다시 합쳐서 출력하는 감지부;
 상기 감지부로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 간섭시켜 이들 사이에 유도된 위상 변화를 측정하는 복조부;
 를 구비하며, 상기 감지부는,
 상기 광원으로부터 45도로 선형 편광되거나 또는 원형 편광된 광을 입력받고, 상기 입력된 광을 서로 수직 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누어 서로 다른 출력 포트에 각각 출력하는 편광 빔살 가르개;
 1회 또는 2회 이상 감긴 편광 유지 광섬유로 이루어지고, 상기 편광 빔살 가르개의 상기 제1 빔과 제2 빔의 출력 포트에 양단이 연결되어, 상기 편광 빔살 가르개로부터 출력된 상기 제1 빔과 제2 빔을 서로 반대 방향으로 진행시키는 편광 유지 광섬유 코일;을 구비하며,
 상기 편광 유지 광섬유 코일로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 서로 수직으로 편광되어 편광 빔살 가르개에서 합쳐져 동일한 경로로 출력되어 상기 복조부로 제공되는 것을 특징으로 하는 광섬유 사냥 간섭계.
- [청구항 2] 선형 편광되거나 원형 편광된 광을 제공하는 광원;
 상기 광원으로부터 입력된 광을 서로 수직 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누고, 상기 제1 빔과 제2 빔을 편광 유지 광섬유에 의해 형성된 경로를 서로 반대 방향을 따라 이동시킨 후 다시 합쳐서 출력하는 감지부;
 상기 감지부의 입력지점 및 출력지점에 형성되어 감지부의 제1 빔과 제2 빔을 공진시키는 공진기; 및
 상기 공진기로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 간섭시켜 제1 빔과 제2 빔의 사이에 유도된 위상 차이를 측정하는 복조부;
 를 구비하며, 상기 감지부는
 상기 광원으로부터 45도로 선형 편광되거나 원형 편광된 광을 입력받고, 상기 입력된 광을 서로 수직으로 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누어 서로 다른 출력 포트에 각각 출력하는 편광 빔살 가르개;
 1회 또는 2회 이상 감긴 편광 유지 광섬유로 이루어지고, 상기 편광 빔살 가르개의 상기 제1 빔과 제2 빔의 출력 포트에 양단이 연결되어, 상기 편광 빔살 가르개로부터 출력된 상기 제1 빔과 제2 빔을 서로 반대 방향으로 진행시키는 편광 유지 광섬유 코일;을 구비하며,
 상기 편광 유지 광섬유 코일로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 서로 수직으로 편광되어 편광 빔살 가르개에서 합쳐져 동일한 경로로

출력되어 상기 복조부로 제공되는 것을 특징으로 하는 광섬유 사냥 간섭계.

[청구항 3] 제2항에 있어서, 상기 공진기는
상기 감지부의 입력지점 및 출력지점에 각각 배치된 제1 및 제2 거울;
상기 제1 거울과 상기 감지부의 사이에 배치된 제1 사분파장판(Quarter Wave Plate : QWP); 및
상기 제2 거울과 상기 감지부의 사이에 배치된 제2 사분파장판;
을 구비하는 것을 특징으로 하는 광섬유 사냥 간섭계.

[청구항 4] 편광된 광을 제공하는 광원;
상기 광원으로부터 제공된 광을 편광 방향에 따라 제1 빔과 제2 빔으로 나누고, 상기 제1 빔과 제2 빔을 편광 유지 광섬유에 의해 형성된 경로를 서로 다른 방향을 따라 이동시킨 후 다시 합쳐서 출력하는 감지부;
상기 감지부로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 간섭시켜 이들 사이에 유도된 위상 변화를 측정하는 복조부;
상기 광원과 감지부의 사이에 배치되어, 광원으로부터 제공된 빔의 일부는 투과시키고 감지부로 출력하고, 감지부로부터 제공된 빔의 일부는 반사시켜 복조부로 출력하는 빔살 가르개;
를 구비하며, 상기 감지부는
빔살 가르개를 통해 상기 광원으로부터 제공된 광을 서로 수직으로 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누어 서로 다른 출력 포트에 각각 출력하는 편광 빔살 가르개;
1회 또는 2회 이상 감긴 편광 유지 광섬유로 이루어지고, 상기 편광 빔살 가르개의 상기 제1 빔과 제2 빔의 출력 포트에 양단이 연결되어, 상기 편광 빔살 가르개로부터 출력된 상기 제1 빔과 제2 빔을 서로 반대 방향으로 진행시키는 편광 유지 광섬유 코일; 및
상기 편광 빔살 가르개의 출력 포트 중 하나에 붙여서 배치되어 상기 편광 유지 광섬유를 투과하는 광의 편광 방향을 90도 회전시키는 반파장판(Half Wave Plate; HWP);
를 구비하며, 상기 편광 유지 광섬유 코일로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 편광 빔살 가르개에서 합쳐져 출력된 후 상기 빔살 가르개에 의해 반사되거나 투과되어 상기 복조부로 제공되는 것을 특징으로 하는 광섬유 사냥 간섭계.

[청구항 5] 편광된 광을 제공하는 광원;
상기 광원으로부터 제공된 광을 편광 방향에 따라 제1 빔과 제2 빔으로 나누고, 상기 제1 빔과 제2 빔을 편광 유지 광섬유에 의해 형성된 경로를 서로 다른 방향을 따라 이동시킨 후 다시 합쳐서 출력하는 감지부;
상기 감지부로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔을 간섭시켜 이들 사이에 유도된 위상 변화를 측정하는 복조부;

상기 광원과 감지부의 사이에 배치되어, 광원으로부터 제공된 빔의 일부는 투과시키고 감지부로 출력하고, 감지부로부터 제공된 빔의 일부는 반사시켜 복조부로 출력하는 빔살 가르개;
 를 구비하며, 상기 감지부는
 빔살 가르개를 통해 상기 광원으로부터 제공된 광을 서로 수직으로 편광된 제1 빔과 제2 빔으로 나누어 서로 다른 출력 포트에 각각 출력하는 편광 빔살 가르개; 및
 1회 또는 2회 이상 감긴 편광 유지 광섬유로 이루어지고, 상기 편광 빔살 가르개의 상기 제1 빔과 제2 빔의 출력 포트에 양단이 연결되어, 상기 편광 빔살 가르개로부터 출력된 상기 제1 빔과 제2 빔을 서로 반대 방향으로 진행시키는 편광 유지 광섬유 코일;
 을 구비하고, 상기 편광 유지 광섬유 코일의 일단의 주축(Principal axes)은 90도 회전되도록 배치하여, 상기 편광 유지 광섬유 코일을 투과하는 광의 편광 방향을 90도 회전시키는 것을 특징으로 하며,
 상기 편광 유지 광섬유 코일로부터 출력된 제1 빔과 제2 빔은 편광 빔살 가르개에서 합쳐져 출력된 후 상기 빔살 가르개에 의해 반사되거나 투과되어 상기 복조부로 제공되는 것을 특징으로 하는 광섬유 사냥 간섭계.

- [청구항 6] 제4항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광섬유 공간 사냥 간섭계는 상기 빔살 가르개와 상기 감지부의 편광 빔살 가르개의 사이에 공진기를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 광섬유 사냥 간섭계.
- [청구항 7] 제6항에 있어서, 상기 공진기는
 상기 빔살 가르개와 감지부의 편광 빔살 가르개의 사이에 배치된 거울; 및
 상기 거울과 상기 감지부의 사이에 배치된 사분파장판(Quarter Wave Plate : QWP);
 을 구비하는 것을 특징으로 하는 광섬유 사냥 간섭계.
- [청구항 8] 제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광섬유 사냥 간섭계는, 복조부로부터 제1 빔과 제2 빔의 위상 변화에 따른 위상차($\Delta\varphi$)를 제공받고, 상기 위상차를 이용하여 회전 각속도(Ω)를 측정하여 제공하는 제어부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 광섬유 사냥 간섭계.
- [청구항 9] 제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복조부는,
 상기 감지부로부터 제공된 서로 수직 편광상태인 제1빔과 제2빔의 사이에 바이어스 위상을 인가시키기 위한 위상 지연 장치;
 상기 위상 지연 장치로부터 출력된 빔을 제3빔과 제4빔으로 나누어 각각 출력하는 빔살 가르개;
 상기 빔살 가르개를 투과한 제3빔으로부터 I 출력신호를 검출하여 출력하는 I 신호 출력부;
 상기 빔살 가르개에서 반사된 제4빔으로부터 Q 출력신호를 검출하여

출력하는 Q 신호 출력부;

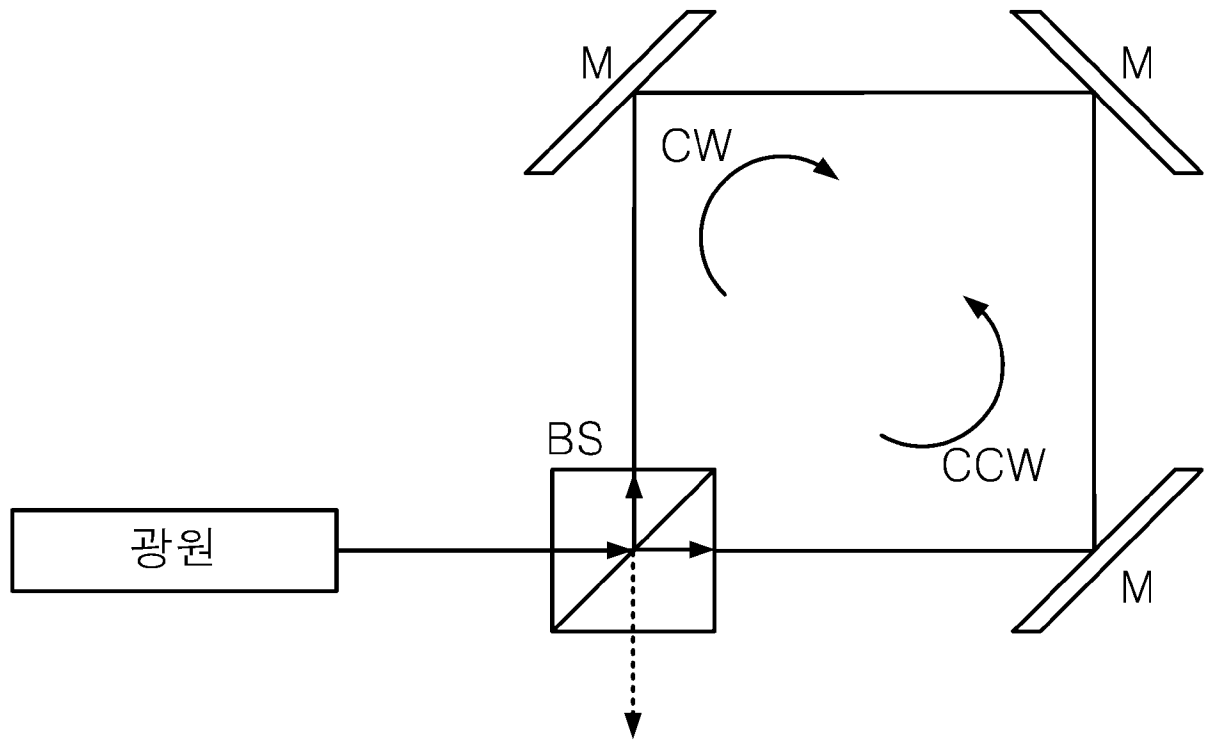
를 구비하는 것을 특징으로 하는 광섬유 사냥 간섭계.

[청구항 10] 제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복조부는, 상기 감지부로부터 제공된 서로 수직 편광상태인 제1빔과 제2빔의 사이에 바이어스 위상을 인가시키기 위한 위상 지연 장치; 상기 위상 지연 장치에 의해 위상 지연된 제1빔과 제2빔을 45도로 정렬시켜 제1빔과 제2빔의 간섭 신호를 출력하는 편광자(Polarizer); 및 상기 편광자로부터 출력된 빔을 검출한 검출 신호를 출력하는 광검출소자;

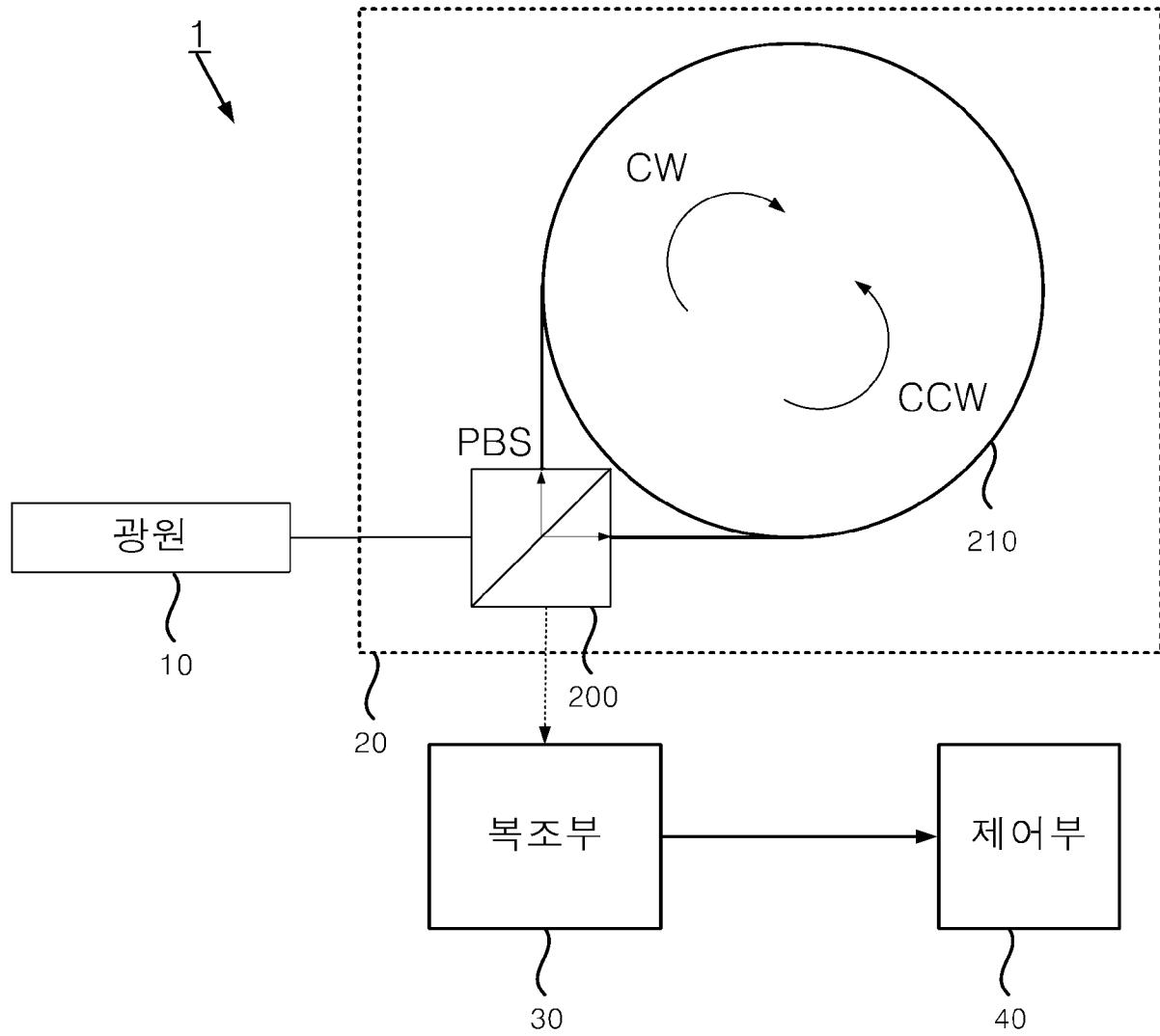
를 구비하는 것을 특징으로 하는 자유 공간 사냥 간섭계.

[청구항 11] 제1항 및 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복조부는, 상기 감지부로부터 제공된 서로 수직 편광상태인 제1빔과 제2빔 사이에 바이어스 위상을 인가시키기 위한 위상 지연 장치; 상기 위상 지연 장치로부터 출력된 제1빔과 제2빔을 간섭시키고 편광 상태에 따라 나누어 출력하는 편광 빔살 가르개; 상기 편광 빔살 가르개로부터 반사된 제3 빔을 검출하여 제1 검출신호를 출력하는 제1 광검출소자; 상기 편광 빔살 가르개를 투과한 제4 빔을 검출하여 제2 검출신호를 출력하는 제2 광검출소자; 상기 제1 및 제2 검출신호의 차를 검출하여 출력하는 차동 증폭기; 를 구비하는 것을 특징으로 하는 광섬유 사냥 간섭계.

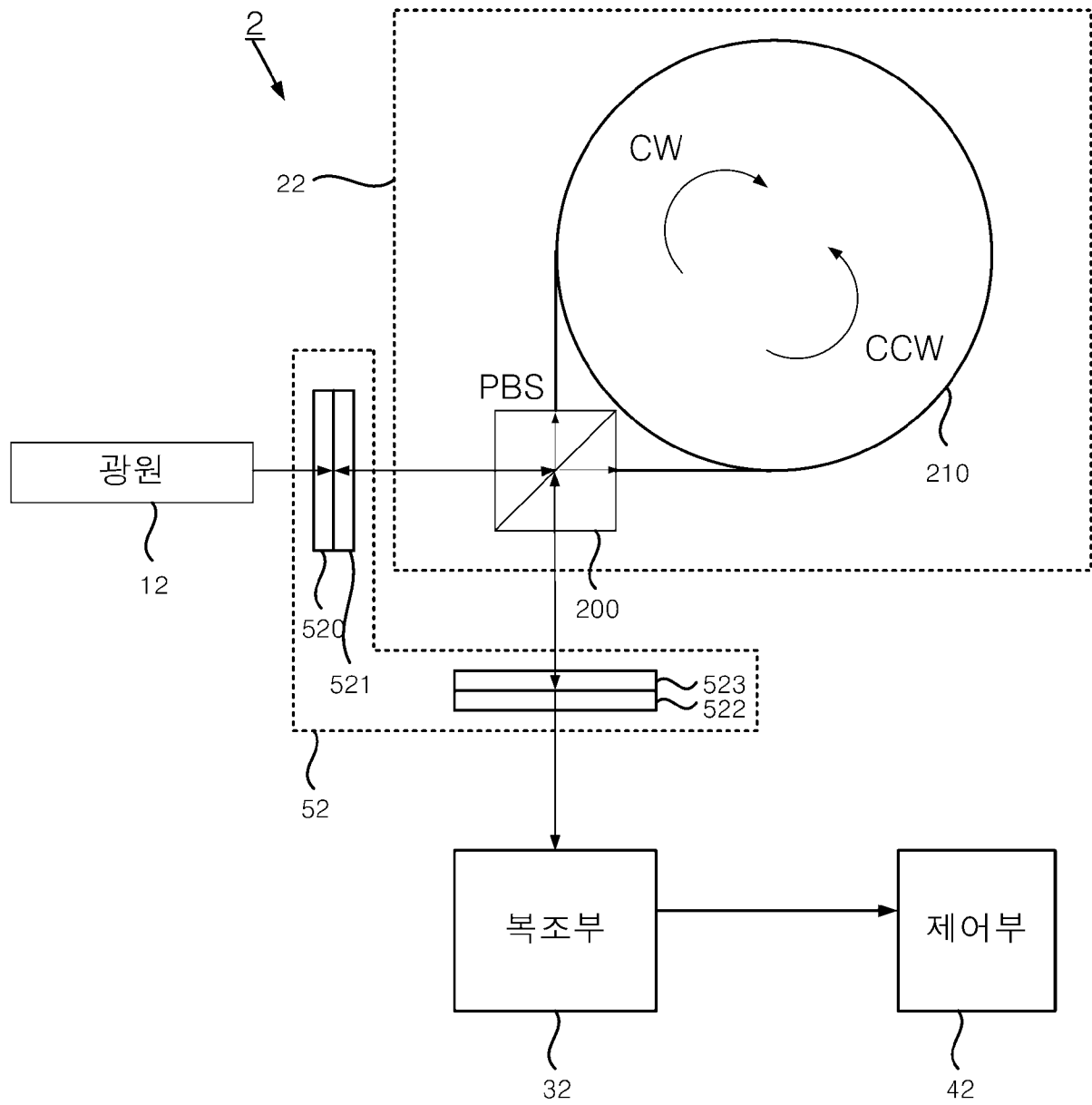
[도1]



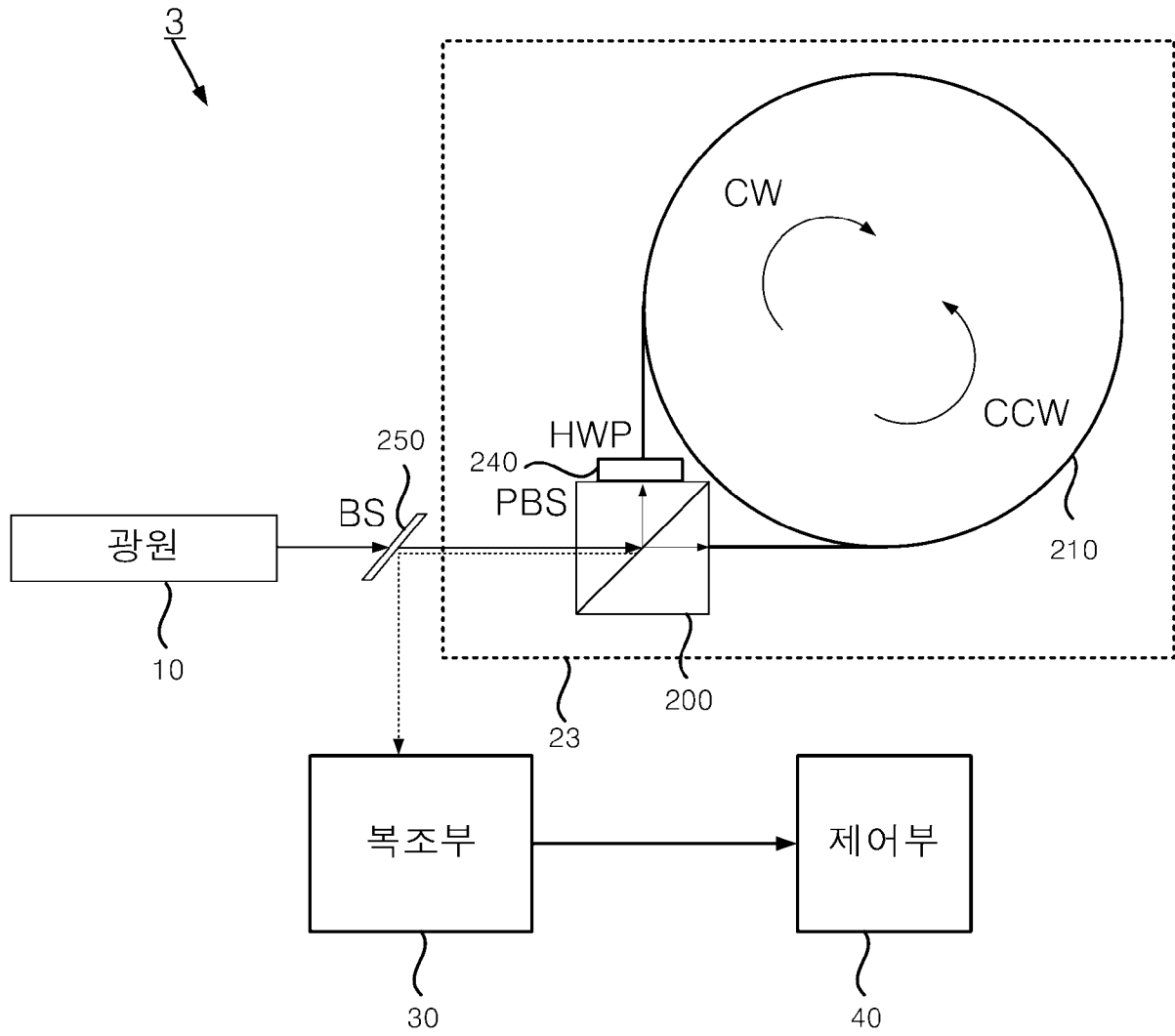
[도2]



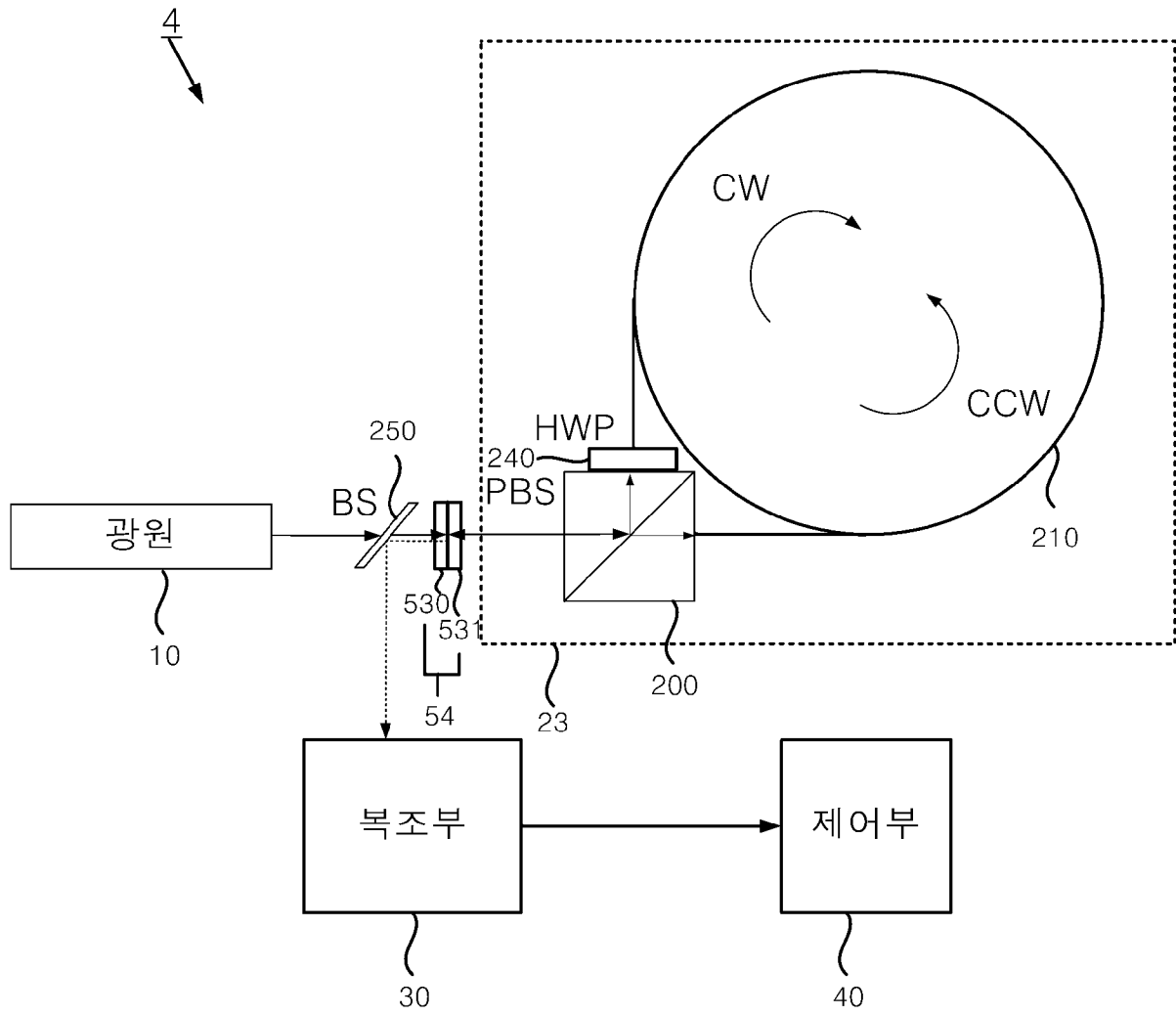
[도3]



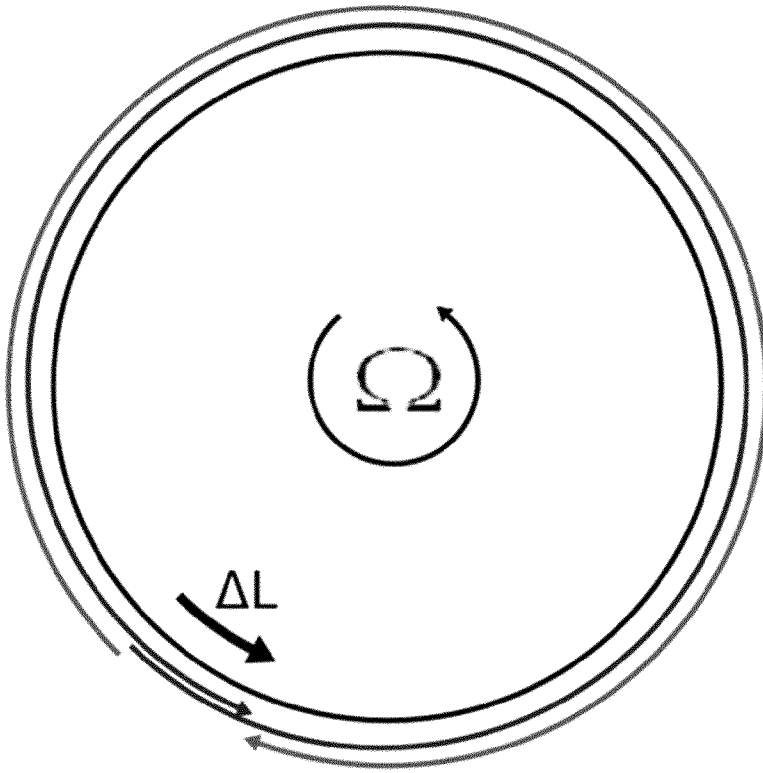
[도4]



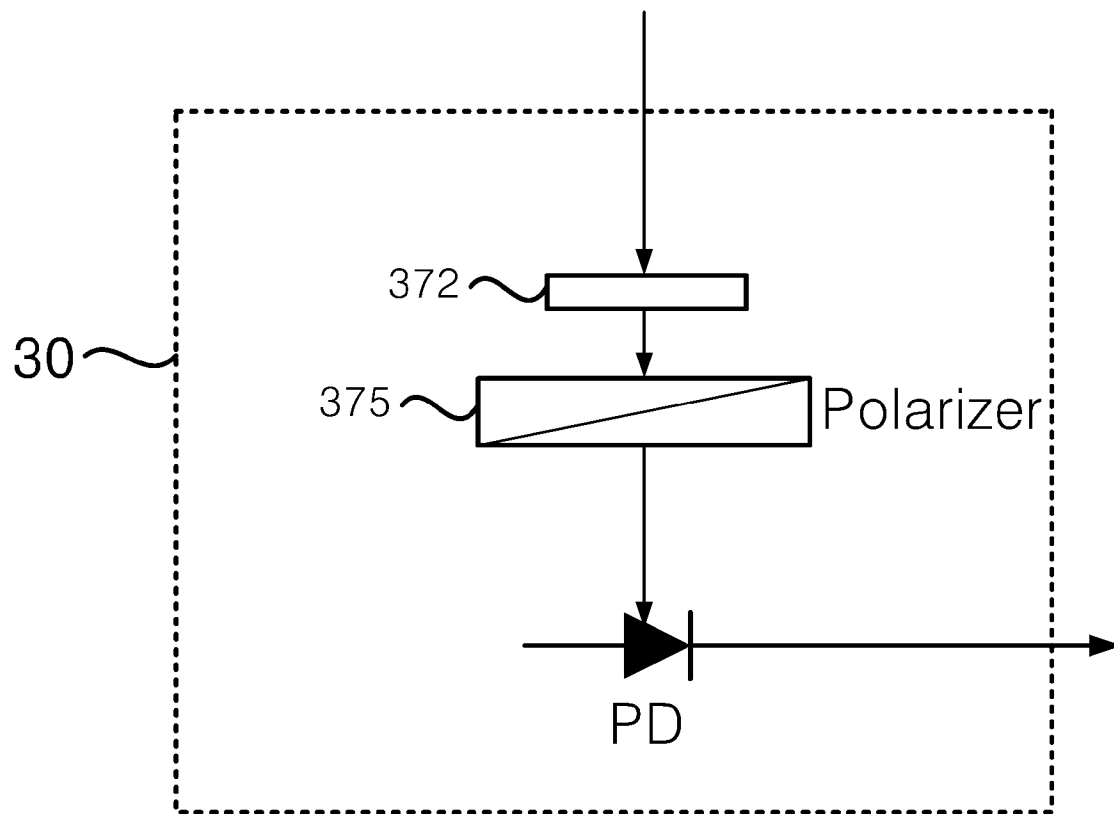
[도5]



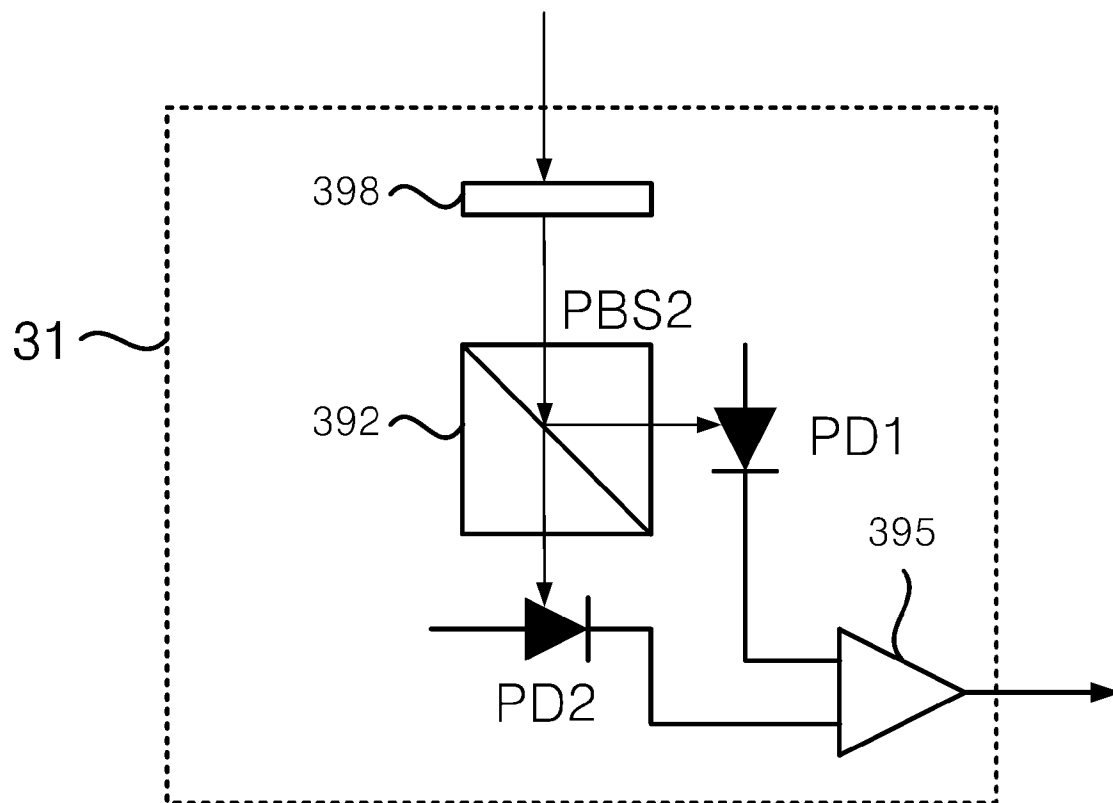
[도6]



[도7]



[도8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/013876

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01P 3/486(2006.01)i, G02B 6/293(2006.01)i, G02B 27/28(2006.01)i, G01C 19/72(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01P 3/486; H04B 10/08; G02F 1/39; G01J 4/04; G01C 19/72; G01B 9/02; G02B 27/28; G02B 6/293

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: optical fiber sagnac interferometer, light source, detecting part, demodulation part, polarizing beam splitter, polarization maintaining optical fiber coil

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2015-0345950 A1 (YAO, Xiaotian Steve) 03 December 2015 See paragraphs [0004], [0014]-[0062], claim 23 and figures 3A-3B, 6-7, 10-12B.	1,4-5,8-11
Y		2-3,6-7
Y	US 2010-0329667 A1 (MIKAMI, Hidetaru) 30 December 2010 See paragraph [0035] and figure 3.	2-3,6-7
A	US 2016-0202063 A1 (YAO, Xiaotian Steve) 14 July 2016 See paragraphs [0018]-[0028] and figures 1-4A.	1-11
A	JP 2005-258232 A (UNIV NIHON) 22 September 2005 See paragraphs [0014]-[0027] and figures 1-2.	1-11
A	JP 07-128077 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD.) 19 May 1995 See paragraphs [0035]-[0037] and figure 1.	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 APRIL 2018 (17.04.2018)

Date of mailing of the international search report

17 APRIL 2018 (17.04.2018)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Sconsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2017/013876

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2015-0345950 A1	03/12/2015	US 9823075 B2 WO 2014-110299 A1	21/11/2017 17/07/2014
US 2010-0329667 A1	30/12/2010	JP 2011-013246 A JP 5645374 B2 US 8699122 B2	20/01/2011 24/12/2014 15/04/2014
US 2016-0202063 A1	14/07/2016	CN 105705907 A US 2014-0361808 A1 US 2015-0133751 A1 US 9186103 B2 US 9506759 B2 US 9844334 B2 WO 2014-201179 A1	22/06/2016 11/12/2014 14/05/2015 17/11/2015 29/11/2016 19/12/2017 18/12/2014
JP 2005-258232 A	22/09/2005	JP 4264735 B2	20/05/2009
JP 07-128077 A	19/05/1995	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01P 3/486(2006.01)i, G02B 6/293(2006.01)i, G02B 27/28(2006.01)i, G01C 19/72(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01P 3/486; H04B 10/08; G02F 1/39; G01J 4/04; G01C 19/72; G01B 9/02; G02B 27/28; G02B 6/293

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 광섬유 사냥 간섭계, 광원, 감지부, 복조부, 편광 빔살 가르개, 편광 유지 광섬유 코일

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	US 2015-0345950 A1 (XIAOTIAN STEVE YAO) 2015.12.03 단락 [0004], [0014]-[0062], 청구항 23 및 도면 3A-3B, 6-7, 10-12B 참조.	1,4-5,8-11
Y		2-3,6-7
Y	US 2010-0329667 A1 (HIDEHARU MIKAMI) 2010.12.30 단락 [0035] 및 도면 3 참조.	2-3,6-7
A	US 2016-0202063 A1 (XIAOTIAN STEVE YAO) 2016.07.14 단락 [0018]-[0028] 및 도면 1-4A 참조.	1-11
A	JP 2005-258232 A (UNIV NIHON) 2005.09.22 단락 [0014]-[0027] 및 도면 1-2 참조.	1-11
A	JP 07-128077 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD.) 1995.05.19 단락 [0035]-[0037] 및 도면 1 참조.	1-11

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2018년 04월 17일 (17.04.2018)

국제조사보고서 발송일

2018년 04월 17일 (17.04.2018)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

장기정

전화번호 +82-42-481-8364



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2015-0345950 A1	2015/12/03	US 9823075 B2 WO 2014-110299 A1	2017/11/21 2014/07/17
US 2010-0329667 A1	2010/12/30	JP 2011-013246 A JP 5645374 B2 US 8699122 B2	2011/01/20 2014/12/24 2014/04/15
US 2016-0202063 A1	2016/07/14	CN 105705907 A US 2014-0361808 A1 US 2015-0133751 A1 US 9186103 B2 US 9506759 B2 US 9844334 B2 WO 2014-201179 A1	2016/06/22 2014/12/11 2015/05/14 2015/11/17 2016/11/29 2017/12/19 2014/12/18
JP 2005-258232 A	2005/09/22	JP 4264735 B2	2009/05/20
JP 07-128077 A	1995/05/19	없음	