(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2010 년 12 월 2 일 (02.12.2010)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2010/137752 A1

(51) 국제특허분류:
G01R 19/165 (2006.01) *G01R 19/15* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2009/002766

(22) 국제출원일: 2009 년 5 월 25 일 (25.05.2009)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **부산대학교 산학협력단 (PUSAN NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION)** [KR/KR]; 부산 금정구 장전동 산 30 부산대학교 내, 609-735 Pusan (KR). **주식회사 정관 (JEONGKWAN CO.,LTD.)** [KR/KR]; 경상남도 양산시 상북면 내석리 4-1 626-851, 626-851 Gyeongsangnam-do (KR).

(72) 발명자; 겸
(75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **오민철 (OH, Min-Cheol)** [KR/KR]; 부산 해운대구 좌동 엘지아파트 116 동 402 호, 612-768 Pusan (KR).

(74) 대리인: **김성현 (KIM, Sung Hyun)**; 부산 연제구 거제 1 동 223-6 함조빌딩 2 층, 611-803 Pusan (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

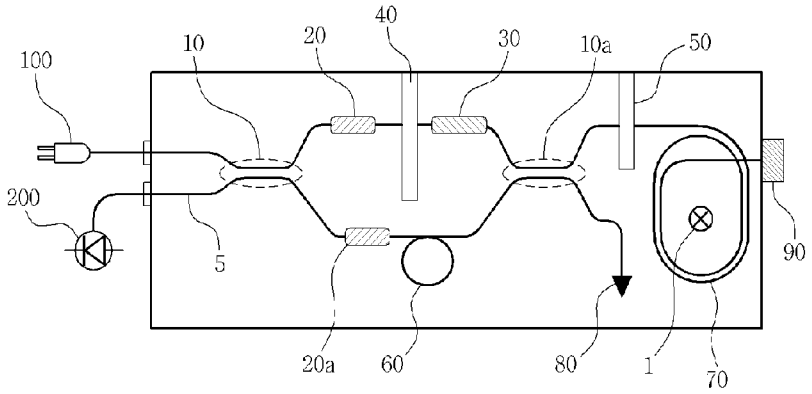
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),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

공개:
— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) **Title**: POLYMER OPTICAL WAVEGUIDE CURRENT SENSOR

(54) **발명의 명칭** : 폴리머 광도파로 전류 센서

[Fig. 1]



(57) **Abstract**: The present invention relates to an integrated optical current sensor for measuring the strength of currents by integrating optical devices such as a thermo-optical phase modulator, a waveguide type polarizer, an optical coupler and the like on one substrate. Compared to a prior current sensor configured with optical fiber, the disclosed integrated optical current sensor is miniaturized and enables the reliable measurement of currents. In addition, the invention provides a method for easily manufacturing high-capacity current sensor chips in bulk by using the processing technology for fabricating an integrated optical device.

(57) **요약서**: 본 발명은 열광학 위상변조기, 도파로형 편광기, 광결합기 등의 광소자들을 하나의 기판상에 집적화시켜서 전류의 세기를 측정하는 집적 광학 전류 센서에 관한 것이다. 기존 광섬유로 구성된 전류 센서에 비하여 제안된 집적광학 전류센서는 소형이면서도 신뢰성 높은 전류 측정을 가능하게 한다. 또한 집적광학 소자 제작 공정 기술을 이용하여 대량의 전류센서 칩을 손쉽게 생산할 수 있는 방법을 제공한다.

WO 2010/137752 A1

명세서
폴리머 광도파로 전류 센서

기술분야

[1] 본 발명은 폴리머 광도파로 전류 센서에 관련된 것으로, 보다 상세하게는 폴리머 광도파로 기술을 이용하여 제작한 광도파로 소자들을 하나의 칩 상에 집적하여 구성 가능한 집적광학 광도파로 전류 센서에 관한 것이다.

배경기술

[2] 종래 전류측정용 광센서는 광섬유를 이용하여 제작되는 것이 일반적이다. 이러한 전류측정용 광센서는 전류가 흐르는 전기 회로의 특성을 전혀 변화 시키지 않고 비접촉식으로 전류를 측정할 수 있는 특징을 가지고 있다. 전류측정용 광센서는 비접촉 측정 방식 센서로 많이 이용되고 있는 홀 효과 센서(hall effect sensor)에 비해 고전류를 사용하는 시스템의 주변에 항상 존재하는 전자기파로 인한 간섭 현상을 방지하고 정확한 전류를 측정할 수 있다는 장점을 가진다.

[3] 종래 전류측정용 광센서는 그 구성요소인 광부품들의 가격이 높기 때문에 이상의 장점에도 불구하고 특정 분야에만 적용되고 있는 상태이다. 광통신 기술의 발전과 함께 많은 종류의 광부품들이 개발되어 시장에서 저가 판매되고 있으나, 전류측정용 광센서를 구성하는데 필요한 부품은 여전히 고가를 유지하고 있다. 그러므로 전류측정용 광센서를 위한 저가의 부품 개발과 이를 이용한 고성능의 센서 개발은 새로운 전류측정용 광센서 응용 분야를 확장시키는데 선행되어야 할 조건이다.

[4] 전류측정용 광센서의 원리는 광섬유를 따라 진행해 나아가는 광파의 편광 상태가 인접한 자기장의 영향으로 인해 변하게 되는 것을 측정하는 것이다. 이러한 자기장에 의한 편광 상태 변화 현상을 패러데이 효과 (Faraday effect) 라고 한다. 그러나 광섬유를 구성하는 실리카 재료의 패러데이 효과는 매우 미약하므로 전선의 주변을 둘러싼 광섬유를 통해 빛을 진행하게 만들어 작은 패러데이 효과가 증폭이 되도록 만들어 주게 된다. 미약한 자계를 측정하는 경우에는 전선 주변에 광섬유를 10바퀴 이상 감아서 패러데이 효과가 진행 거리에 비례하여 크게 증폭되도록 만들어 준다.

[5] 전류측정용 광센서는 전계(electric field)에 의한 편광 변화만을 일으키는 것이 이상적이나, 주변 온도의 변화나 광섬유의 진동에 의해서도 편광 변화가 유발된다는 문제점을 지니고 있다. 이를 보완하기 위하여 편광유지 광섬유를 이용하는 형태의 센서가 널리 연구되어져 왔다(Fiber-optic current sensor, US 2004/0101228 A1, 2004.05.27.자 공개; Reflection type optical fiber current sensor, JP 2007-040884, 2007.02.15.자 공개; Temperature-stabilized sensor coil and current sensor, US 2005/0088662 A1, 2005.04.28.자 공개). 그러나 이와 같은 편광유지

광섬유를 이용한 전류 센서는 편광 상태를 조절해주기 위한 선편광변환기, 원편광 변환기를 비롯하여 광결합기, 위상 변조기 등의 부가적인 광부품에 상기 편광유지 광섬유가 필수적으로 포함되어야 하며 이들로 인해 시스템이 복잡해지고 가격이 상승하게 된다는 문제점이 있다.

[6] 전류측정용 광센서에서 필요로 하는 부품 가운데 편광기와 광결합기를 하나의 칩상에 집적화하여 전류 센서를 구성한 예가 있다(Waveguide type optical part and optical fiber current sensor using it, JP 2000-039528호, 2000.02.08.자 공개). 그러나 상기 JP 2000-039528호는 광전류 센서를 구성하는 모든 부품을 하나의 칩에 집적화시키기 위한 방법이 제안되지 않았으며, 구현 가능한 광부품이 현저히 적다. 광도파로 구조를 전류가 흐르는 전선의 주변에 제작하여 도파광의 편광 상태 변화를 측정하는 센서도 제안되었다(Polarimetric sensor for the optical detection of a magnetic field and polarimetric sensor for the optical detection of an electric current, US 6,512,357 B2, 2003.01.28.자 등록). 그러나 광부품의 집적화를 고려하지는 않았다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[7] 상기 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명의 목적은 다양한 기능의 광부품들을 하나의 칩 위에 집적화시켜서 전류를 측정할 수 있는 센서를 제공하는 것이다. 기존 광섬유 전류 센서에 비하여 소형이며 제작이 간편하고 대량 생산이 가능한 집적형 전류 센서를 통하여 저가의 고성능 전류 센서를 실현하기 위함이다.

[8] 본 발명의 또 다른 목적은 집적형 전류 센서의 구성 부품들을 제작하기 위한 방법으로 폴리머 재료의 특성을 이용한 광소자를 이용하는 것이다.

[9] 본 발명의 또 다른 목적은 편광 유지 특성을 지닌 폴리머 광도파로 구조를 바탕으로 일련의 제작 공정을 통하여 폴리머 광도파로 위상 변조기, 폴리머 광도파로 편광기, 폴리머 광도파로 광결합기와 같은 핵심 광소자 부품들을 편광 변환기, 전류측정 광도파로 코일, 위상 지연 광도파로 코일 등의 광부품과 더불어 하나의 실리콘 기판 상에 제작하여 광섬유 전류 센서의 기능을 대체 할 수 있는 집적형 전류 센서를 제안하기 위함이다.

기술적 해결방법

[10] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 광원(100)에서 생성된 빛이 입력되는 광결합기(10); 상기 광결합기(10)에서 방출된 빛을 단일편광상태로 만드는 광도파로형편광기(20); 상기 광도파로형편광기(20)로부터 방출된 빛의 위상을 변조하는 위상변조기(30); 상기 광도파로형편광기(20)를 통과한 빛의 편광 상태를 변환시키고 상기 위상변조기(30)로 빛을 전달시키는 선편광 변환기(40); 상기 위상 변조기(30)를 통과한 빛이 통과하면서 중앙에 구비된 전선(1)에 인가된 전류에 의해 발생된 자기장의 영향을 받아 위상이 변화되는 전류측정광섬유코일(70); 및 상기 전류측정광섬유코일(70)에서 방출된 빛이

반사용 거울(90)에서 반사되며, 회귀되는 상기 빛을 측정하는 광검출기(200);를 포함하며, 상기 광결합기(10), 광도파로형편광기(20), 위상변조기(30) 및 선편광 변환기(40)는 하나의 칩 위에 모두 집적된 것을 특징으로 하는 폴리머 광도파로 전류 센서를 제공한다.

[11] 또한, 본 발명의 광도파로 전류 센서는 상기 광결합기(10), 광도파로형편광기(20), 및 위상변조기(30)는 각각 폴리머 광도파로를 이용하여 제작되는 것이 바람직하다.

[12] 상기 위상 변조기(30)는 광도파로(32)의 상부에 구비된 박막히터(31)를 포함할 수 있고, 상기 박막히터(31)에 전류를 인가함에 따라 발생된 열에 의하여 상기 광도파로(32)의 굴절율이 변할 수 있다.

[13] 또한 본 발명은 상기 광결합기(10)를 지나 또 다른 광도파로형편광기(20a) 통과한 빛을 시간축 상에서 뒤쪽으로 밀려진 형태로 나타나도록 하는 위상지연기(60); 상기 위상변조기(30)를 지난 빛과 상기 위상지연기(60)를 지난 빛이 만나는 또 다른 광결합기(10a); 상기 또 다른 광결합기(10a)를 통과한 빛의 일부를 손실시키는 광감쇠기(80); 및 상기 또 다른 광결합기(10a)를 통과한 빛의 또 다른 일부의 편광을 바꾸는 원편광 변환기(50); 를 더 포함하되, 상기 광결합기(10)를 통과한 빛이 상기 광도파로형 편광기(20), 선편광 변환기(40) 및 위상 변조기(30)를 거친 후 또 다른 광결합기(10a)에서 간섭을 일으키도록 하여 전류의 세기에 따른 광 위상상태를 감지할 수 있다.

[14] 본 발명의 광결합기(10)는 방향성 광결합기 구조 또는 다중모드 간섭계 구조를 이용한 것으로서 도파광의 편광 상태에 관계없이 동일한 동작 특성을 가지는 것이 바람직하다.

[15] 상기 광도파로형편광기(20)는 TE 편광 또는 TM 편광 중 한가지만을 통과시키는 특성을 가지고, 복굴절 폴리머 재료를 삽입하여 제조된 구조이거나 또는 금속 박막의 표면 플라즈몬 흡수를 이용하는 구조인 것이 바람직하다.

[16] 상기 위상 변조기(30)를 이용하여 센서의 신호 크기가 가장 큰 상태로 유지될 수 있도록 위상 변조기(30)에 인가되는 피드백 신호를 조절하여 광센서를 최적 상태로 유지하는 것이 바람직하다.

[17] 상기 선편광변환기(40)는 광도파로의 중간에 박막형태로 제작된 반파장판을 삽입하여 제조될 수 있다.

유리한 효과

[18] 본 발명에서는 전류측정용 광센서에서 필요한 다양한 기능의 광소자들을 일관된 공정을 통하여 하나의 기판 상에 구현할 수 있다. 따라서 저가의 대량 생산이 가능한 폴리머 광도파로 기술 등을 적용하여 온도 변화와 진동에 무관하게 안정적으로 동작하는 전류 특정 광센서를 구현 할 수 있다.

[19] 기존의 광섬유를 이용한 광센서의 경우 개별 부품의 단가가 높고 부품의 조립 및 생산 공정이 복잡한 단점을 가지고 있으나 집적 광학 기술을 이용한 광전류

센서는 집적회로 제작 공정을 도입하여 동일한 기능의 칩을 하나의 기판상에 일관된 공정을 통하여 대량 생산이 가능하다. 이로 인해 광전류 센서의 단가 인하를 유발하고 다양한 적용 분야를 확대할 수 있는 계기를 제공하게 된다.

[20] 그리고 부분적으로 광섬유 소자를 이용한 형태의 하이브리드형 집적광학 전류 센서도 기존의 광섬유형 전류 센서에 비하여 제작이 간편하고 구성부품의 간소화로 인한 저가격 제품의 구현이 가능하도록 만든다.

도면의 간단한 설명

[21] 도 1은 본 발명에 따른 폴리머 광도파로 전류 센서의 개념도.

[22] 도 2는 도 1에 따른 폴리머 광도파로 전류 센서에서 도파광의 편광 변화를 도시한 도면.

[23] 도 3은 본 발명에 따른 폴리머 광도파로 전류 센서 중 폴리머 광도파로의 구조를 도시한 평면도와 단면도.

[24] 도 4는 본 발명에 따른 폴리머 광도파로 전류 센서 중 광도파로형 편광기의 구조를 도시한 평면도와 단면도.

[25] 도 5는 본 발명에 따른 폴리머 광도파로 전류 센서 중 위상 변조기의 구조를 도시한 평면도와 단면도,

[26] 도 6은 본 발명에 따른 또 다른 폴리머 광도파로 전류 센서의 개념도.

[27]

[28] * 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

[29] 10 : 광결합기 20 : 광도파로형 편광기

[30] 30 : 위상변조기 40 : 선편광 변환기

[31] 50 ; 원편광 변환기 60 : 위상지연기

[32] 70 : 전류측정광섬유코일 80 : 광감쇠기

[33] 90 : 반사용 거울 100 : 광원

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[34] 먼저, 전류측정용 광센서의 기본적인 동작 원리를 설명하면 광도파로를 통해서 진행하는 광파의 편광 상태가 광섬유 방향으로 인가된 자기장의 영향으로 인해 변화하게 되는 것을 측정하는 것이다. 이 같은 광파와 자기장의 연관 관계를 패러데이 효과라고 하며 선형적인 비례 관계를 베르데 상수로 정의하고 있다. 그러므로 베르데 상수가 큰 매질인 경우 인가된 자기장에 의해 광파의 편광이 더욱 크게 변화하게 된다. 광파의 편광 변화는 선형 편광을 인가하였을 때 패러데이 효과에 의해 출력편광이 자기장의 세기에 비례하여 특정 각도만큼 틀어져서 나오게 된다.

[35] 이러한 현상은 패러데이 효과가 인가하게 되는 원형 복굴절을 고려하여 설명할 수 있는데, 선편광 상태의 빛을 두 개의 원편광으로 분해하여 원편광 성분간에 패러데이 효과로 인해 인가되는 위상 차이를 고려하면 된다. 패러데이 효과로 인해 두 원편광 간의 위상 차이가 180도 바뀌게 되면 입력된 선편광의 각도는

90도 만큼 변하게 된다. 즉, TE 편광은 TM 편광으로 변하게 된다. 또한 두 원편광 사이의 위상 차이값의 크기에 따라 입력 선편광은 특정 각도만큼 돌아간 상태의 선편광을 출력에서 형성하게 된다. 그러므로 전류의 크기를 측정하고자 하는 전류 센서에서는 출력된 선형 편광 빛의 각도를 측정하면 인가된 전류값을 구할 수 있다.

[36] 이상과 같은 전류측정용 광센서의 기본적인 동작 원리에 기초한 본 발명은 광도파로 소자와 편광 조절을 위한 부품들을 하나의 기판 상에 집적시켜 제작된 전류 센서 칩을 이용하여 구현 가능하다.

[37] 집적광학 광도파로 소자를 이용하게 되면 광섬유 소자와 같이 단일 부품을 광섬유로 연결하여 센서 시스템을 구성하는 것이 아니라 단일 기판상에 여러 종류의 광부품들을 한꺼번에 제작하여 광센서를 완성할 수 있다. 이러한 집적 광학 기술은 흔히 알려진 실리콘 집적 회로 제작 공정과 유사한 공정을 통하여 하나의 기판상에 동일한 소자 칩을 대량으로 제작할 수가 있게 되며, 복잡한 기능의 광소자들을 집적화시켜서 작은 칩으로 완성할 수 있는 기술이다. 본 기술을 전류측정용 광센서에 적용하게 되면 필요한 특정 기능의 광소자들을 단일 공정을 통하여 제작 가능하고, 고성능 저가 광전류 센서를 구현할 수 있다.

[38] 바람직하게는 폴리머 재료의 특성을 이용하여 광전류 센서의 제작이 가능하다. 실리카, 반도체 등의 다른 광소자 재료와는 달리 폴리머 재료는 가공 방법이 다양하며 임프린팅 방법을 이용하면 매우 저가의 소자를 제작할 수 있는 장점을 가지며, 가시광 대역에서 매우 작은 광흡수 손실을 가지므로 도파로를 제작하기에 유리하다. 또한 폴리머 재료는 온도 상승에 따른 굴절률의 변화가 여타 재료에 비하여 매우 크게 나타나므로 이러한 특성을 이용한 위상변조기, 광스위치 등의 제작에 적합하고, 광학적 복굴절 특성이 서로 다른 재료를 합성할 수 있으며, 이를 이용한 편광 조절 소자 제작이 가능하다. 이러한 특성을 적절히 이용하면 하나의 기판 상에서 여러 가지 다른 광학적인 기능을 수행하는 소자들을 한꺼번에 집적하여 제작이 가능하게 된다.

[39] 본 발명에 따른 상기 폴리머 광도파로 소자로는 열광학 위상 변조기(thermo-optic phase modulator), 도파로형 편광기(waveguide polarizer) 및 광결합기(3dB coupler)등이 있으며, 전류 센서 기능을 수행하기 위해서는 이외에도 선편광변환기(polarization converter), 원편광변환기(quarter wave plate), 전류 측정 광도파로 코일(current sensing optical waveguide coil) 및 위상 지연기(delay line) 등이 요구된다. 본 발명은 상기한 부품들을 모두 하나의 집적형 전류 센서 상에 제작 가능한 것을 특징으로 한다.

[40] 여기서 상기 열광학 위상 변조기(thermo-optic phase modulator)는 금속 박막 히터를 이용하여 전류를 공급하여 열을 발생시키고 이로 인해 광도파로의 굴절률이 변하는 현상을 이용하는 소자를 의미한다. 상기 도파로형 편광기(waveguide polarizer)는 TE 편광 또는 TM 편광 중 어느 한 가지만을 통과시키는 특징이 있고, 복굴절 특성을 지닌 폴리머 재료를 이용하여 제작

가능한 광도파로형 편광기를 의미하며, 복굴절 폴리머 재료를 삽입하여 제조할 수 있거나 또는 폴리머 광도파로의 상부 클래딩(cladding)을 얇게 만든 후 금속 박막의 표면 플라즈몬 흡수를 이용하는 구조로 이용할 수 있다. 상기 광결합기(3dB coupler)는 서로 인접한 두 개의 폴리머 광도파로 사이에서 발생하는 방향성 결합 현상에 의해서 광파워가 50:50으로 분할되는 특성을 지니는 소자를 의미한다. 상기 광결합기는 방향성 광결합기 구조 또는 다중모드 간섭계 구조를 이용한 것으로서 도파광의 편광 상태에 관계없이 동일한 동작 특성을 갖는다는 특성이 있다.

[41] 이상의 폴리머 광도파로 소자들은 편광이 다른 도파광이 서로 커플링을 일으키지 않도록 편광에 따라 도파광의 유효 굴절률이 서로 다른 복굴절 특성을 지니는 광도파로 구조를 가진다.

[42] 기본적인 기능을 가지는 광전류 센서의 경우에는 선형 편광을 입사시키고, 광섬유 코일을 따라 자계가 형성되도록 광섬유로 전선을 감아주고, 이후 출력된 광의 편광 상태를 측정하기 위한 편광 분리기를 출력부에 두면 된다. 그러나 이와 같은 단순한 형태의 광섬유 센서는 광섬유 자체의 온도에 따른 편광 변화와 외부 진동에 대한 민감성으로 인해 실제로 적용하기에는 여러 가지 어려움이 있었다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 편광 유지 광섬유와 편광 변환기를 이용한 구조가 제안되었다. 더 나아가 본 발명은 광섬유를 이용한 상기 광전류 센서의 특성을 동일하게 구현할 수 있으면서도 소형의 칩으로 제작 가능한 집적 광학 전류 센서를 제안한다.

[43] 본 발명의 일 실시예에 따라 제작 가능한 집적 광학 전류 센서 칩의 구조는 도 1에 도시한 바와 같다. 다양한 광부품이 하나의 칩상에 집적화 되어 제작될 수 있음을 보이고 있으며 이들 중 폴리머 광도파로 기술을 적용한 핵심 부품으로는 광결합기(10), 도파로형 편광기(20), 위상 변조기(30) 등을 들 수 있다. 더하여 선편광 변환기(40), 원편광 변환기(50)는 광도파로에 수직하게 50um 정도의 홈을 파서 편광 조절판을 삽입하는 방식으로 제작 가능하며, 위상 지연기(60), 전류 측정 광도파로 코일(70), 수동 광감쇠기(optical attenuator, 80)는 폴리머 광도파로의 형태를 조절하여 제작 가능하다. 광원(100)으로는 대역폭이 넓고 편광 상태가 결정되어 있지 않은 레이저 다이오드를 이용하고 광검출기(200)는 일반적인 소자를 이용한다.

[44] 본 발명에 따른 집적 광학 전류 센서의 전류 측정 원리를 설명하기 위해서 각각의 광소자들의 기능과 이들에 의한 도파광의 편광 변화를 도 2에서 나타내고 있다. 도 1 및 도 2를 참고하면, 먼저 상기 광원(100), 즉 레이저 다이오드로부터 입력된 빛은 광결합기(10)를 거치면서 아래 위 두 개의 광도파로로 나누어진 후 도파로형 편광기(20)를 거치면서 단일 편광 상태로 만들어 진다. 위쪽 광도파로를 통과하는 빛은 선편광 변환기(40)에 의해 편광 상태가 90도 만큼 변하게 되고, 아래쪽 광도파로를 지나는 빛은 위상 지연기(60)에 의해 시간축 상에서 뒤쪽으로 밀려진 형태로 나타나게 된다. 위쪽

광도파로에 있는 위상 변조기(30)의 기능은 추후 설명하기로 한다. 아래 위 광도파로를 통과한 빛은 두 번째 광결합기(10a)에 의해 다시 만나게 되는데 편광 상태가 서로 90도만큼 틀어져 있으면서 시간축 상에서 떨어져 있는 형태가 된다. 두 번째 광결합기(10a)의 아래쪽 출력으로 진행하는 빛은 수동 광감쇠기(80)에 의해 손실되어 사라지게 된다. 위쪽 광도파로를 따라 진행하는 빛은 원편광 변환기(50)를 만나게 되어 각각 오른손 원형편광(Right-Handed Circular Polarization: RHCP)과 왼손 원형편광(Left-Handed Circular Polarization: LHCP)으로 변하게 된다. 이렇게 변화된 원형 편광 빛은 전류 측정 광도파로 코일(70)을 따라 진행하게 되며 상기 코일(70)의 중앙부에 위치한 전선(1)에 인가되는 전류로 인해 발생하는 자기장의 영향을 받게 된다. 광도파로 끝 부분에 부착된 반사거울(90)은 도파광을 반대 방향으로 진행시키게 하여 지금까지 지나온 경로를 반대로 돌아가게 만든다. 또한 인가된 자기장에 의해 광파가 영향을 받는 길이를 두 배로 만들어 주게 되고 광도파로가 지니고 있는 선형 복굴절에 의한 영향을 상쇄시키는 역할을 한다.

[45] 광도파로를 따라 상기 반사거울(90)을 향하여 입사된 빛은 다시 반사되어 돌아오면서 원래의 선형 편광으로 회귀하게 되는데 이를 도 2의 하단부에서 표현하고 있다. 도 1 및 도 2를 참고하면, 원편광 성분이 상기 반사거울(90)에서 반사되면 상기 LHCP성분은 상기 RHCP로, 상기 RHCP성분은 상기 LHCP성분으로 변하게 된다. 다음으로 원편광 변환기(50)를 거치게 되면 각각의 원편광은 선편광으로 바뀌게 되는데 주목할 점은 입사될 때의 선편광이 90도만큼 각도가 변환되어 출력된다는 점이다. 도 2에 도시한 바에 따르면 입사될 때의 수평편광(도 2에서 점선)은 출력될 때 수직편광(도 2에서 점선)으로 전환되는 것을 볼 수 있다. 그리고 입사된 수직편광(도 2에서 실선)은 출력시에 수평편광(도 2에서 실선)으로 바뀌어 있음을 나타내고 있다. 각각의 선형 편광된 빛들은 광결합기(10a)를 거치면서 상하부의 광도파로로 나눠지게 된다. 상부 광도파로를 따라 진행하는 빛은 위상 변조기(30)와 선편광 변환기(40)를 지나면서 다시금 90도 만큼 회전된 편광으로 변하게 된다. 이때 상기 위상 변조기(30)는 상부 광도파로를 지나는 빛과 하부 광도파로를 지나는 빛 간의 상대적인 위상 차이를 결정하는 기능을 담당하게 되며, 최종적인 출력 광의 간섭 신호를 최대로 할 수 있도록 상대적인 위상 차이를 정해 주게 된다. 하부 광도파로를 따라 진행하는 빛은 위상 지연기(60)를 거치게 되며, 입사되는 과정에서 발생한 위상 지연 효과를 반복하여 일으키게 된다. 결국 도 2에 도시한 바와 같이, 상부 광도파로의 두 편광 중 후미의 파동과 하부 광도파로를 지나는 두 편광 중 선두의 파동이 동일한 시간축 상에서 만나게 됨을 볼 수 있다. 상부 광도파로를 지나온 후미 파동과 하부 광도파로를 지나온 선두 파동은 동일하게 수직 편광 상태를 가지며 편광기(20, 20a)를 통과하여 최종적으로 광결합기(10)에서 간섭을 일으키게 된다.

[46] 만일 전류 측정 광도파로 코일(70)에 외부 전류가 인가되지 않은 경우 최종

광결합기(10)에 도달한 두 개의 빛은 서로간의 위상 차이가 전혀 없는 상태가 되어 50:50 광결합을 일으키면서 50%의 빛이 광검출기(200, Photo Detector)로 전달되게 된다. 외부 전류를 인가하여 패러데이 효과가 발생하면 광결합기(10)에 도달한 빛들 간에 위상 차이가 존재하게 되며 위상 차이가 +90도인 경우 결합된 광파는 광검출기(200)로 100% 출력되게 되고, 위상 차이가 -90도인 경우 결합된 광파가 광원(100) 쪽으로 진행되어 나가버리며 광검출기(200)에는 출력광이 전달되지 않게 된다. 이상의 편광 변화 원리에 의하여 외부에서 인가된 전류값을 측정할 수 있다.

[47] 본 발명에 따른 집적 광학 전류 센서는 기존 광센서의 상용화에 있어서 가장 큰 문제점인 외부 온도 변화나 광도파로 구조 변화에 센서 특성 변화를 극복할 수 있는 장점을 가지고 있다.

[48] 본 발명에 따른 집적 광학 전류 센서를 구성하는 주요 광도파로 소자는 도 3 내지 도 5에 도시된 바와 같이 편광 유지 폴리머 광도파로(5), 도파로형 편광기(20 또는 20a), 열광학 위상변조기(30)이다.

[49] 집적 광학 전류 센서에서는 도파광의 편광상태의 변화를 이용하여 전류를 측정하므로 도파로를 지나가는 광파의 편광이 인가 전류 이외의 다른 요인으로 인하여 변화가 일어나지 않도록 편광 유지 특성을 지녀야 한다. 이를 위하여 본 발명에서는 도 3에 도시된 바와 같은, 광도파로(5)의 구조가 수직, 수평 방향으로 비대칭적인 뒤집혀진 립구조(inverted rib)의 광도파로를 이용한다.

[50] 전류 센서 부품 중에서 광결합기(10, 10a)는 편광유지 광도파로 두개를 서로 가까이 접근하도록 만들어서 두개의 광도파로를 따라 진행하는 파동간에 방향성 결합이 일어나도록 만들어 주면 된다.

[51] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 구성요소인 광도파로형 편광기(20, 20a)는 복굴절 특성을 지니고 있는 폴리머 재료를 이용하여 제작이 가능하다. 광도파로(21) 코아부의 주변에 복굴절 폴리머층(birefringence polymer layer, 22)을 코팅하여 주면 도파광은 편광의 방향에 따라 도파 조건에 영향을 받게 된다. 복굴절 폴리머는 일반적으로 수평 편광에 대하여 높은 굴절률을 가지게 되며 이로 인해 수평 편광된 도파광은 광도파로 코아보다 높은 굴절률을 지니는 클래딩부로 빠져 나가게 되어 편광기를 통과할 수가 없게 된다. 자세한 제작 과정에 대해서는 문헌을 참고할 수 있다.(M. Oh, et al., "TE-pass and TM-pass waveguide polarizers with buried birefringence polymer," Electronics Letters, Vol. 35, No. 6, pp. 471~472, March 1999)

[52] 도 5에서 보인 열광학 위상변조기(30)는 전류센서에서 존재하는 부가적인 복굴절 특성에 의해 발생하는 광파의 위상 변화를 보상하기 위하여 필요하며 제안된 광전류 센서의 핵심 부품중 하나이다. 본 발명에 따른 집적형 위상 변조기는 센서의 신호 크기가 가장 큰 상태로 유지될 수 있도록 위상 변조기에 인가되는 피드백 신호를 조절하여 광센서를 최적 상태로 유지하면서 구동할 수 있다. 폴리머 재료는 온도 변화에 따라 굴절률이 변화하는 특성이 매우 크게

나타나며 이러한 원리를 이용하여 광스위치, 광감쇠기 등을 제작하기 쉬운 장점을 가지고 있다. (Min-Cheol Oh, Hyung-Jong Lee, Myung-Hyun Lee, Joo-Heon Ahn, and Seon Gyu Han, "Asymmetric X-junction thermooptic switches based on fluorinated polymer waveguides," IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 10, No. 6, pp. 813-815, June 1998; Young-Ouk Noh, Chul-Hee Lee, Jong-Min Kim, Wol-Yon Hwang, Min-Cheol Oh, Yong Hyub Won, Hyung-Jong Lee and Seon-Gyu Han, "Polymer waveguide variable optical attenuator and its reliability," Optics Communications, Vol. 242, pp. 533-540, 2004) 광도파로의 상부에 위치한 박막 히터(31)에 전류를 인가하게 되면 저항 성분에 의해 열이 발생하게 되며 이로 인해 광도파로(32)의 굴절률이 변하게 된다. 변화된 굴절률을 가지는 광도파로를 따라 진행하는 파동은 위상 변화를 겪게 된다. 이러한 위상 조절은 전류 센서의 초기화를 위하여 필요하며 고속 동작이 필요 없으므로 열광학 효과를 이용한 폴리머 소자를 사용하기에 매우 적합하다.

[53] 폴리머 광도파로를 이용한 전류센서의 핵심 부품은 광결합기(10, 10a), 도파로형 편광기(20), 열광학 위상 변조기(30)로 구성되며 그 외의 나머지 부품들은 광섬유를 이용하여 대체 가능하다. 선편광 변환기(40b), 위상 지연기(60b), 원편광변환기(50b)를 편광 유지 광섬유로 대체하고, 전류 측정 광섬유 코일(70b)을 단일모드 광섬유로 대체하여 구성한 하이브리드형 광도파로 전류센서를 그림 6에서 보이고 있다. 대체 소자 중에서 선편광 변환기(40b)는 편광 유지 광섬유를 실리콘 V-groove 상에 정렬을 시킬 때 90도 만큼 각도를 틀어서 정렬을 시킨 후 광도파로에 접착을 시키게 된다. 상기 편광변환기는 광도파로의 중간에 박막형태로 제작된 반파장판을 삽입하여 제조할 수 있다. 이로 인해 수평 편광 되어 광도파로를 빠져 나오는 빛은 수직 편광으로 바뀌어져서 광도파로 소자로 재입사 하게 된다. 또한 수직 편광은 수평 편광으로 재입사되며 선편광을 90도 변환 시키는 기능을 수행한다. 위상 지연기(60b)는 도 6에서 보인 바와 같이 편광 유지 광섬유를 이용하여 편광 상태를 유지한 채 광의 진행경로를 길게 만들어 주면 된다. 전류 측정 광섬유 코일(70b)은 단일모드 광섬유를 이용하여 전류가 흐르는 전선의 주변을 감아 주면 된다. 그리고 광섬유 코일 전단에 존재하는 원편광 변환기(50b)는 편광유지 광섬유를 이용하여 광섬유 코일과 일체형으로 제작 가능하다.

[54] 하이브리드형 광도파로 전류 센서는 폴리머 광도파로 소자를 이용하여 가장 효율적으로 제작 가능한 광결합기(10, 10a), 도파로형 편광기(20), 열광학 위상 변조기(30)를 제작하고 그 외의 부품들은 광섬유를 이용하여 제작하게 되며 전류 센서의 기능을 살리면서 복잡성을 최소화 시킨 구조이다.

[55] 이와 같이 본 발명은 기재된 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형할 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다. 따라서 그러한 수정에 또는 변형예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이다.

산업상 이용가능성

[56] 기존의 광섬유를 이용한 광센서의 경우 개별 부품의 단가가 높고 부품의 조립 및 생산 공정이 복잡한 단점을 가지고 있으나 집적 광학 기술을 이용한 광전류 센서는 집적회로 제작 공정을 도입하여 동일한 기능의 칩을 하나의 기판상에 일관된 공정을 통하여 대량 생산이 가능하다. 이로 인해 광전류 센서의 단가 인하를 유발하고 다양한 적용 분야로 확대할 수 있는 계기를 제공하게 된다.

청구범위

[1] 광원(100)에서 생성된 빛이 입력되는 광결합기(10);
상기 광결합기(10)에서 방출된 빛을 단일편광상태로 만드는 광도파로형편광기(20);
상기 광도파로형편광기(20)로부터 방출된 빛의 위상을 변조하는 위상변조기(30);
상기 광도파로형편광기(20)를 통과한 빛의 편광 상태를 변환시키고 상기 위상변조기(30)로 빛을 전달시키는 선편광 변환기(40);
상기 위상 변조기(30)를 통과한 빛이 통과하면서 중앙에 구비된 전선(1)에 인가된 전류에 의해 발생된 자기장의 영향을 받아 위상이 변화되는 전류측정광섬유코일(70); 및
상기 전류측정광섬유코일(70)에서 방출된 빛이 반사용 거울(90)에서 반사되며, 회귀되는 상기 빛을 측정하는 광검출기(200);를 포함하며,
상기 광결합기(10), 광도파로형편광기(20), 위상변조기(30) 및 선편광 변환기(40)는 하나의 칩 위에 모두 집적된 것을 특징으로 하는 폴리머 광도파로 전류 센서.

[2] 제 1 항에 있어서,
상기 광결합기(10), 광도파로형편광기(20) 및 위상변조기(30)는 각각 폴리머 광도파로를 이용하여 제작되는 것을 특징으로 하는 광도파로 전류 센서.

[3] 제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
상기 위상 변조기(30)는 광도파로(32)의 상부에 구비된 박막히터(31)를 포함하되, 상기 박막히터(31)에 전류를 인가함에 따라 발생된 열에 의하여 상기 광도파로(32)의 굴절율이 변하는 것을 특징으로 하는 광도파로 전류 센서.

[4] 제 1 항에 있어서,
상기 광결합기(10)를 지나 또 다른 광도파로형편광기(20a) 통과한 빛을 시간축 상에서 뒤쪽으로 밀려진 형태로 나타나도록 하는 위상지연기(60);
상기 위상변조기(30)를 지난 빛과 상기 위상지연기(60)를 지난 빛이 만나는 또 다른 광결합기(10a);
상기 또 다른 광결합기(10a)를 통과한 빛의 일부를 손실시키는 광감쇠기(80); 및
상기 또 다른 광결합기(10a)를 통과한 빛의 또 다른 일부의 편광을 바꾸는 원편광 변환기(50); 를 더 포함하되,
상기 광결합기(10)를 통과한 빛이 상기 광도파로형 편광기(20), 선편광 변환기(40) 및 위상 변조기(30)를 거친 후 또 다른 광결합기(10a)에서 간섭을 일으키도록 하여 전류의 세기에 따른 광 위상상태를 감지하는 것을

특징으로 하는 광도파로 전류 센서.

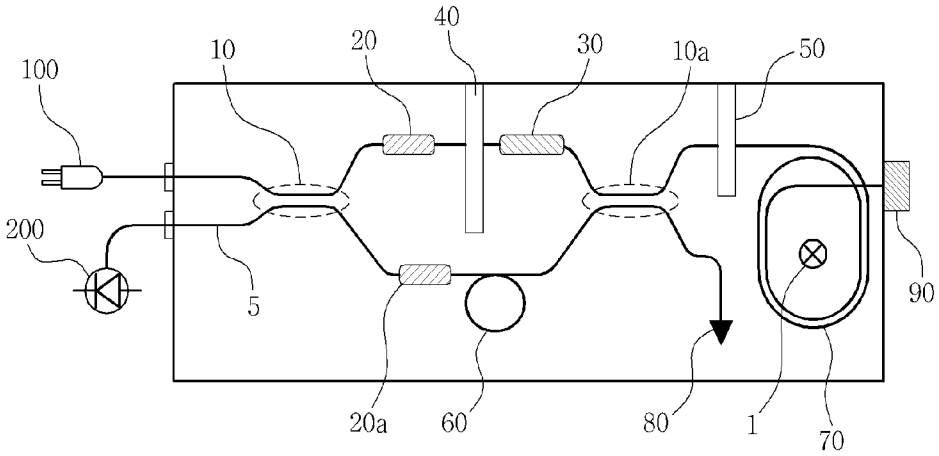
[5] 제1항에 있어서, 상기 광결합기(10)는 방향성 광결합기 구조 또는 다중모드 간섭계 구조를 이용한 것으로서 도파광의 편광 상태에 관계없이 동일한 동작 특성을 가지는 것을 특징으로 하는 광도파로 전류 센서.

[6] 제1항에 있어서, 상기 광도파로형편광기(20)는 TE 편광 또는 TM 편광 중 한가지만을 통과시키는 특성을 가지고, 복굴절 폴리머 재료를 삽입하여 제조된 구조이거나 또는 금속 박막의 표면 플라즈몬 흡수를 이용하는 구조인 것을 특징으로 하는 광도파로 전류 센서.

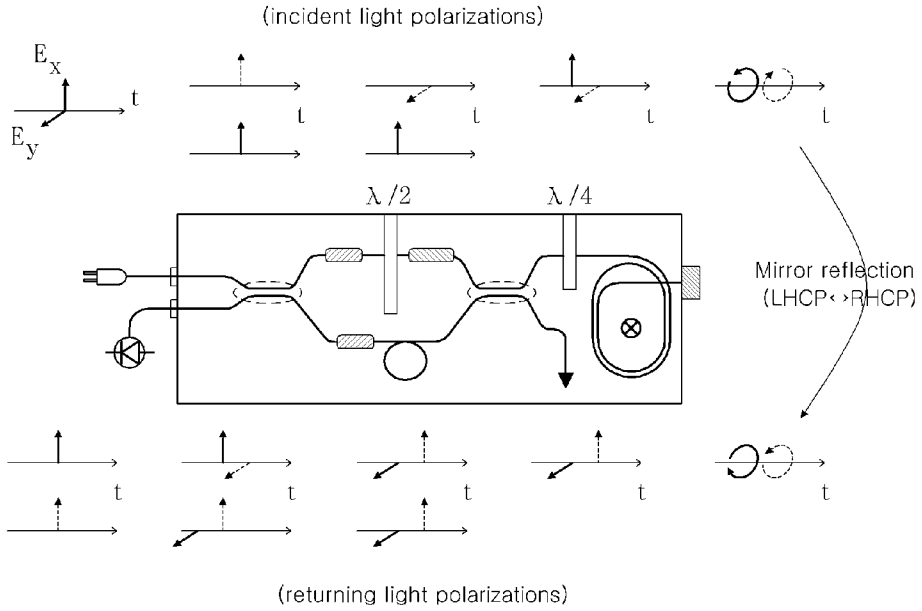
[7] 제1항에 있어서, 상기 위상 변조기(30)를 이용하여 센서의 신호 크기가 가장 큰 상태로 유지될 수 있도록 위상 변조기(30)에 인가되는 피드백 신호를 조절하여 광센서를 최적 상태로 유지하는 것을 특징으로 하는 광도파로 전류 센서.

[8] 제1항에 있어서, 상기 선편광변환기(40)는 광도파로의 중간에 박막형태로 제작된 반파장판을 삽입하여 제작하는 것을 특징으로 하는 광도파로 전류 센서.

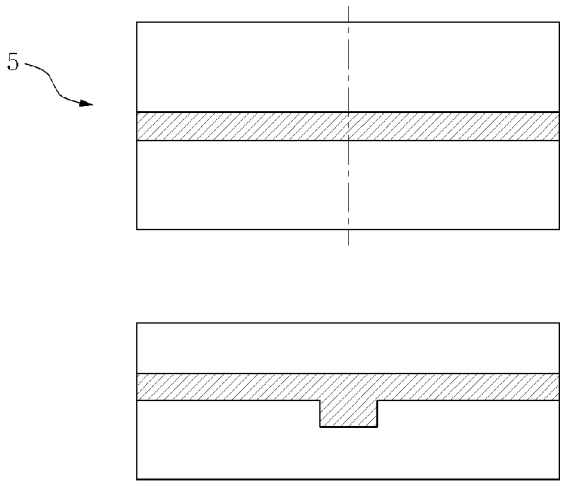
[Fig. 1]



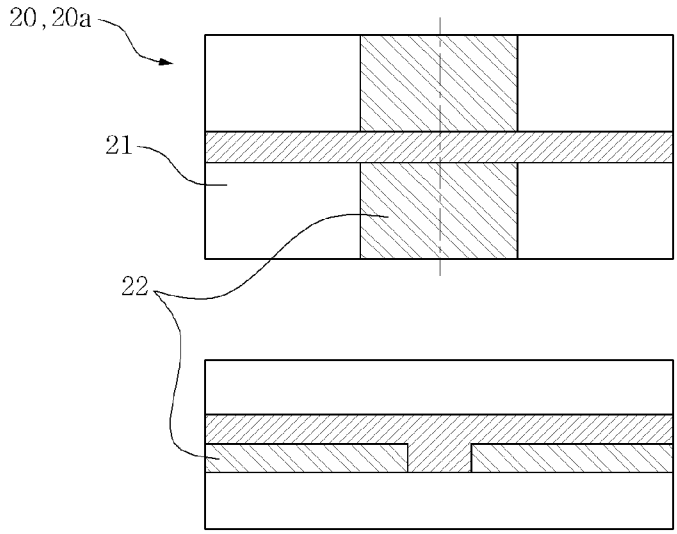
[Fig. 2]



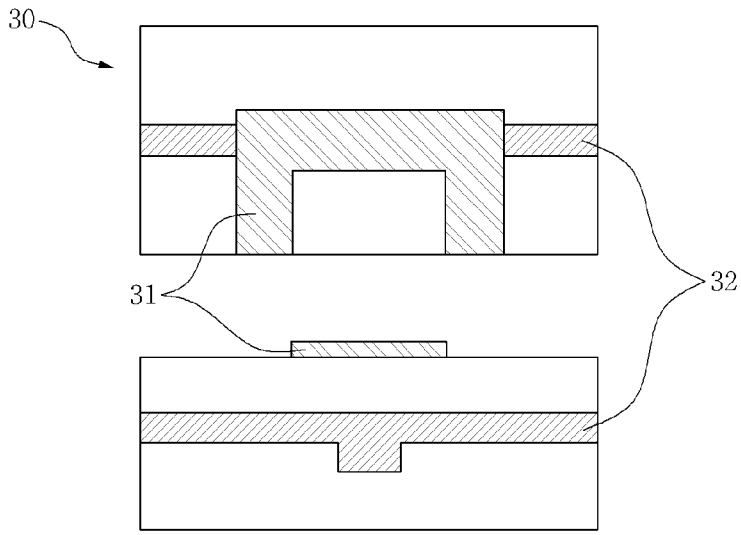
[Fig. 3]



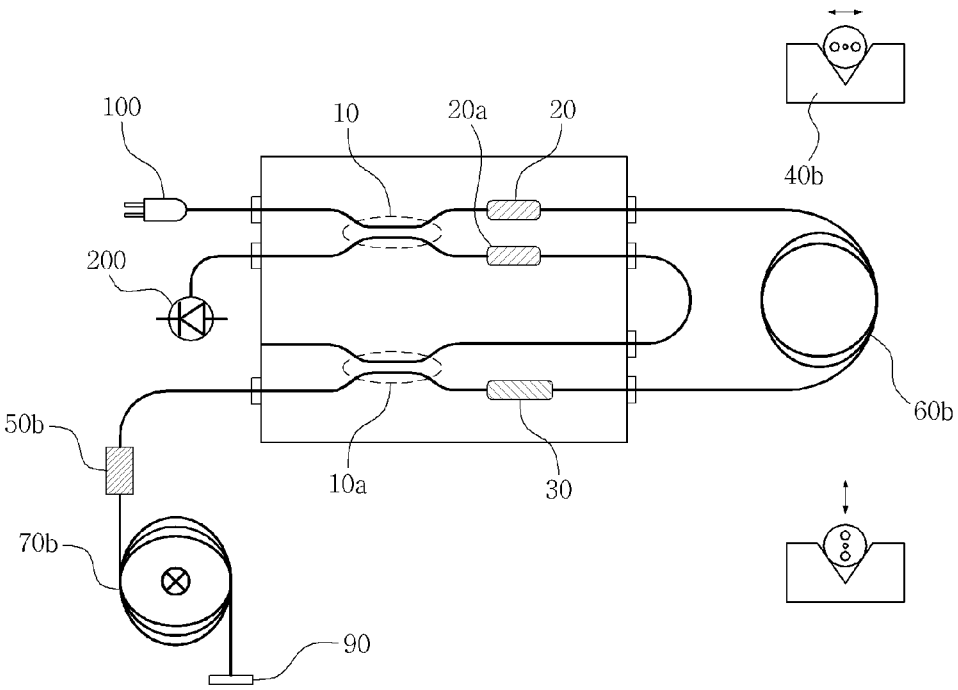
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2009/002766

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 19/165(2006.01)i, G01R 19/15(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)

IPC: G01R 19/165; G01R 15/24; G01R 19/00; G01R 33/032

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: current sensor, optical coupler, optical waveguide type polarizer, phase modulator, and polymer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2007-040884 A (HITACHI CABLE LTD.) 15 February 2007 See abstract; paragraphs 1 - 60; claims 1 - 6; figures 1 - 6.	1 2-8
A	JP 2004-361196 A (HITACHI CABLE LTD.) 24 December 2004 See abstract; paragraphs 1 - 50; claims 1 - 4; figures 1 - 6.	1-8
A	JP 2005-517961 A (ABB REARCH LTD.) 16 June 2005 See abstract; paragraphs 1 - 71; claims 1 - 13; figures 1 - 6.	1-8
A	KR 10-2001-0006008 A (ADVANTEST CORPORATION) 15 January 2001 See abstract; page 2, line 1 - page 6, line 55; claims 1 - 12; figures 1 - 16.	1-8

☐ 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	Date of mailing of the international search report
25 FEBRUARY 2010 (25.02.2010)	**26 FEBRUARY 2010 (26.02.2010)**
Name and mailing address of the ISA/ Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2009/002766

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2007-040884 A	15.02.2007	NONE	
JP 2004-361196 A	24.12.2004	NONE	
JP 2005-517961 A	16.06.2005	AU 2002-367698 A1	09.09.2003
		EP 1421393 A1	26.05.2004
		EP 1421393 B1	19.01.2005
		US 2004-0246467 A1	09.12.2004
		WO 03-071290 A1	28.08.2003
KR 10-2001-0006008 A	15.01.2001	WO 99-40446 A1	12.08.1999

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2009/002766

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류**(IPC)**)

G01R 19/165(2006.01)i, G01R 19/15(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
IPC: G01R 19/165; G01R 15/24; G01R 19/00; G01R 33/032

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: current sensor, optical coupler, optical waveguide type polarizer, phase modulator, and polymer

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X A	JP 2007-040884 A (HITACHI CABLE LTD.) 2007.02.15 요약; 단락 1 - 60; 청구항 1 - 6; 도면 1 - 6 참조.	1 2-8
A	JP 2004-361196 A (HITACHI CABLE LTD.) 2004.12.24 요약; 단락 1 - 50; 청구항 1 - 4; 도면 1 - 6 참조.	1-8
A	JP 2005-517961 A (ABB REARCH LTD.) 2005.06.16 요약; 단락 1 - 71; 청구항 1 - 13; 도면 1 - 6 참조.	1-8
A	KR 10-2001-0006008 A (ADVANTEST CORPORATION) 2001.01.15 요약; 페이지 2, 라인 1 - 페이지 6, 라인 55; 청구항 1 - 12; 도면 1 - 16 참조.	1-8

☐ 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

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

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

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

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

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

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

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

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2010년 02월 25일 (25.02.2010)	**2010년 02월 26일 (26.02.2010)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 선사로 139,
정부대전청사
팩스 번호 82-42-472-7140

심사관
김주식
전화번호 82-42-481-8265

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2009/002766

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2007-040884 A	2007.02.15	없음	
JP 2004-361196 A	2004.12.24	없음	
JP 2005-517961 A	2005.06.16	AU 2002-367698 A1	2003.09.09
		EP 1421393 A1	2004.05.26
		EP 1421393 B1	2005.01.19
		US 2004-0246467 A1	2004.12.09
		WO 03-071290 A1	2003.08.28
KR 10-2001-0006008 A	2001.01.15	WO 99-40446 A1	1999.08.12