

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2014년 3월 6일 (06.03.2014)



(10) 국제공개번호
WO 2014/034970 A1

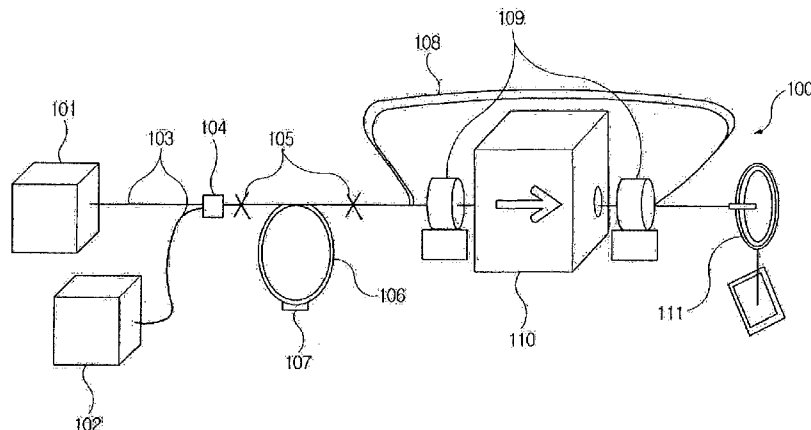
- (51) 국제특허분류: **G02B 27/28** (2006.01) **G02B 6/12** (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/006845
- (22) 국제출원일: 2012년 8월 27일 (27.08.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **광주 과학기술원 (GWANGJU INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)** [KR/KR]; 500-480 광주시 북구 첨단과기로 123 (오룡동), Gwangju (KR).
- (72) 발명자: **권**
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **주성민 (JU, Seong Min)** [KR/KR]; 506-720 광주시 광산구 산월동 첨단 6 차부영 사랑으로아파트 1206 동 1102 호, Gwangju (KR). **김영웅 (KIM, Young Woong)** [KR/KR]; 412-744 경기도 고양시 덕양구 화정동 옥빛마을 1707 동 702 호, Gyeonggi-do (KR). **프라모드 알.와데카 (PRAMOD R., Watekar)** [IN/IN]; 와주르 아우랑가바드 431136, 마하슈트라 산업개발공사 이 1, 이 2, 이 3, 스테어라이트 광학기술 리미티드, Waluj (IN). **정성목 (JEONG, Seong Mook)** [KR/KR]; 503-302 광주시 남구 백운 2 동 647-4, Gwangju (KR). **한원택 (HAN, Won Teak)** [KR/KR]; 506-708 광주시 광산구 월계동 757-7, 금광아파트 102 동 206 호, Gwangju (KR).
- (74) 대리인: **특허법인 세신 (SESHIN PATENT & LAW FIRM)**; 153-759 서울시 금천구 가산동 426-5, 월드메르디앙벤처센터 2 차 207 호, 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, TZ, UG, CA, CH, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 규칙 4.17 에 의한 선언서:
— 신규성을 해치지 아니하는 개시 또는 신규성 상실의 예외에 관한 선언 (규칙 4.17(v))

[다음 쪽 계속]

(54) Title: ALL-FIBER ISOLATOR USING OPTICAL FIBER INCLUDING QUANTUM DOTS

(54) 발명의 명칭 : 양자점이 함유된 광섬유를 이용한 전광섬유 아이솔레이터

[Fig. 1]



(57) Abstract: The present invention provides an all-fiber isolator as an optical isolator comprising: an optical fiber acting as an optical light guide for propagating incident light; and a Faraday rotator for rotating by 45° a plane of polarization polarized by the polarizer. The all-fiber isolator exhibits a magneto-optic effect enough to be used as an optical isolator at a visible light wavelength by including quantum dots in a core layer and/or an internal cladding layer of the optical fiber.

(57) 요약서: 본 발명은 입사광을 전파시키는 광도파로의 역할을 하는 광섬유, 상기 입사광을 편광시키는 편광자, 상기 편광자에서 편광된 편광면을 45°회전시키는 패러데이 회전자를 포함하는 광 아이솔레이터로서, 상기 광섬유의 코어층 및/또는 상기 및 내부 클래딩층에 양자점을 함유함으로써 가시광선 파장에서 광 아이솔레이터로 사용될 정도의 자기 광학 효과를 나타내는 전광섬유 아이솔레이터를 제공한다.

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 양자점이 함유된 광섬유를 이용한 전광섬유 아이솔레이터

기술분야

- [1] 본 발명은 광 아이솔레이터에 관한 것으로서, 더 상세하게는, 자기 광학 효과를 향상시킨 전광섬유 아이솔레이터에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 단지 한방향의 전파만을 허용하는 비가역 장치인 광 아이솔레이터는 원치 않는 광의 후방반사 및 광의 원치 않는 전파를 차단하기 위한, 고출력 광섬유 레이저, 광 증폭기 및 고속 섬유 광통신장치들에서의 그의 용도 때문에 많은 관심을 얻고 있다.
- [3] 선형 편광이 자기장하의 자기 광학 매체를 통과하여 편광 평면의 45° 회전을 하고, 다시 자기 광학 매체로 되돌아 올 때, 광의 편광 평면이 45° 회전하여 90° 회전한 역-반사된 광은 차단되어 아이솔레이션되게 된다.
- [4] 가장 일반적인 아이솔레이터는 정밀한 정렬 및 신중한 조작을 필요로 하는 복굴절판 및 특수 런칭 렌즈 같은 큰 광학장치들을 필요로 하는 광 아이솔레이터이다. 최근에는 전광섬유 아이솔레이터가 저삽입 손실, 높은 반사 특성 및 높은 아이솔레이션 등의 장점을 제공하기 때문에, 광 레이저 시스템 및 섬유 광 증폭기에 전광식 장치들의 용도로 많은 관심을 받고 있다. 특히, 660 nm(다중-kW 출력 레벨)에서 작동하는 고출력 Yb-도핑 광섬유 레이저(펄스형) 시스템이 산업 및 바이오 의학 용도로 개발되었다.
- [5] 그러나, 660 nm 파장에서 작동하는 전광섬유 아이솔레이터는 아직 개발되어 않았다. 그 이유는 주로 실리카 유리섬유의 낮은 감도 때문이며, 이 낮은 감도는 가시 파장에서 실리카 섬유의 낮은 자기-광학 감도 때문이다(베르테 상수 1550 nm에서 -0.64 rad/Tm 및 1310 nm에서 -0.22 rad/Tm).
- [6] 어닐링 섬유, 트위스트 섬유 및 플린트 섬유 등의 특수 광섬유가 섬유의 선형 복굴절을 감소시켜 자기-광학 감도를 증가시키기 위해 제안되었지만, 복잡한 제조공정, 높은 슬라이싱 손실, 및 높은 비용이 여전히 문제점으로 남아 있다.
- [7] 이들 문제를 해결하기 위하여, 높은 베르테 상수를 갖는 Tb-이온들이 통합된 인산염 또는 붕규산염 유리 광 섬유들이 보고되었고, 여기서 로드-인-튜브 기술(a rod-in-Tube technique)이 사용된다.
- [8] 그러나, 상기 섬유들의 전파 손실은 실리카 유리 섬유의 전파 손실보다 훨씬 더 많은 것으로 밝혀졌다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 상술한 선행기술의 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명에서는 향상된 자기

광학 효과를 갖는 전광섬유 아이솔레이터를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결 수단

- [10] 상기와 같은 본 발명의 목적은 입사광을 전파시키는 광도파로의 역할을 하는 광섬유, 상기 입사광을 편광시키는 편광자, 상기 편광자에서 편광된 편광면을 45°회전시키는 패러데이 회전자를 포함하는 광 아이솔레이터로서, 상기 광섬유의 코어층에 화합물 반도체, 희토류 원소, 상자성 물질, 반자성 물질, 광자기 글라스 및 광자기 단결정으로 그룹에서 선택된 적어도 하나 이상을 함유하여, 가시광선 파장에서 광 아이솔레이터로 사용될 정도의 자기 광학 효과를 나타내는 전광섬유 아이솔레이터에 의하여 달성된다.
- [11] 상기와 같은 본 발명의 또 다른 목적은 상기 광섬유는 클래딩층 또는 내부 클래딩층을 포함하며, 상기 클래딩층 또는 상기 내부 클래딩층에 화합물 반도체, 희토류 원소, 상자성 물질, 반자성 물질, 광자기 글라스 및 광자기 단결정으로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나 이상을 추가적으로 함유하여, 가시광선 파장에서 광 아이솔레이터로 사용될 정도의 자기 광학 효과를 나타내는 전광섬유 아이솔레이터에 의하여 달성된다.
- [12] 여기에서, 바람직하게는 상기 화합물 반도체는 PbSe, PbS, PbTe, CdMnTe, CdMnTe, ZnMnTe, MnGeAs₂, MnGeP₂, CdMnSe, CdSe, ZnSe, ZnXO (X=Co, Mn), As₂S₂, Bi₁₂SiO, Y₃Fe₅O₁₂, ZnO 또는 CdS 양자점, 상기 희토류 원소는 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 또는 Lu 양자점, 상기 상자성 물질은 Fe, Ni, Co, Cr, Mn, Pt, Al 또는 Ti 양자점, 상기 반자성 물질은 Bi, Sb, P, Au, Ag, Hg, Cu 또는 Pb 양자점, 상기 광자기 글라스는 FR-5, FR-7, MOS-4, MOS-10, Tb-10, Tb-12 또는 Tb-15 글라스의 양자점 또는 미세 분말, 및 상기 광자기 단결정은 TGG(Terbium Gallium Garnet)결정 또는 YIG(Yttrium Iron Garnet)결정의 양자점 또는 미세분말이다.
- [13] 바람직하게는, 상기 화합물 반도체는 Cd_{0.5}Mn_{0.5}Te 양자점이다.
- [14] 바람직하게는, 상기 가시광선 파장은 660nm이다.
- [15] 바람직하게는, 상기 가시광선 파장에서 광 아이솔레이터로 사용될 정도의 자기 광학 효과를 나타내는 패러데이 효과는 660nm 파장에서 베르테 상수가 3.5 내지 5.5 radT⁻¹m⁻¹이다.

발명의 효과

- [16] 본 발명은 전광섬유 아이솔레이터에서 사용하는 광섬유에 양자점을 함유하여 자기 광학 효과를 높여줌으로써, 패러데이 회전자에서 약한 자기장을 주거나 광섬유의 짧은 길이동안 자기장을 주어도 충분한 패러데이 효과가 나타나 편광면의 45°의 회전을 일으킬 수 있다. 그리고 가시광선 파장대의 광은 패러데이 효과가 잘 일어나지 않는 유리 성분인 광섬유 코어에서도 바이오 의학 용도로 필요로 하는 660nm의 파장을 포함하여 다양한 파장대의 광이 충분한 패러데이 효과가 나타나도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [17] 도 1은 본 발명에 따른 CdSe 양자점이 도핑된 광섬유가 적용된 전광섬유 아이솔레이터의 자기 광학 물성을 측정하는 실험 장치를 개략적으로 도시한 도면이다.
- [18] 도 2는 본 발명에 따른 전광섬유 아이솔레이터의 구조를 개략적으로 보여주는 도면이다.
- [19] 도 3은 본 발명에 따른 자기장 변화시 CdSe 양자점이 도핑된 광섬유의 패러데이 회전각의 변화를 보여주는 그래프이다.
- [20] 도 4는 본 발명에 따른 패러데이 회전각에 따른 CdSe 양자점 도핑된 광섬유의 정규화된 출력의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [21] 도 5는 본 발명에 따른 인가된 자기장이 변화할 때 CdSe 양자점 도핑된 광섬유의 광학적 아이솔레이션의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [22] 도 6은 본 발명에 따른 $\text{Cd}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Te}$, CdSe, Co, 및 Mn이 함유된 광섬유의 패러데이 회전각을 660nm에서 측정한 값을 나타낸 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [23] 이하에서 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [24] 본 발명은 향상된 자기 광학 효과(패러데이 효과 또는 제만 효과)를 갖는 전광섬유 아이솔레이터를 제공한다.
- [25] 광을 한 방향으로만 흐르도록 하는 광 아이솔레이터는 일반적으로 입사광을 전파시키는 광도파로의 역할을 하는 광섬유, 상기 입사광을 편광시키는 편광자, 상기 편광자에서 편광된 편광면을 45°회전시키는 패러데이 회전자로 이루어져 있다.
- [26] 그러나, 상술한 것처럼 가시광선대의 파장을 사용하기 위해서는 좀 더 자기 광학 효과를 높일 필요성이 있기 때문에 본 발명에서는 광섬유의 코어층 및/또는 클래딩층 또는 내부 클래딩층에 양자점을 함유함으로써 그 문제를 해결하였고, 더 나아가 자기 광학 효과를 높혀줌으로써, 패러데이 회전자에서의 자기장의 세기를 낮춰줄 수 있고 그 자기장을 가해주는 범위도 줄여줄 수 있게 되었다.
- [27] 여기에서, 상기 내부 클래딩층은, 본 발명자의 선행특허인 “특허공개번호 2011-0134869, 발명의 명칭: 낮은 구부림 손실 광섬유”에서 기재하고 있는, 클래딩층을 내부 클래딩층, 트렌치 층 및 외부 클래딩층으로 분리한 구조에서의 내부 클래딩층을 의미하는 것으로, 본 발명은 일반적인 광섬유 구조인 코어층과 클래딩층으로 이루어진 광섬유에도 적용될 수 있지만, 상기 본 발명자의 선행특허에서 보여진 광섬유 구조의 코어층 및/또는 내부 클래딩층에만 적용될

수도 있다.

- [28] 여기에서, 상기 양자점은 화합물 반도체, 희토류 원소, 상자성 물질, 반자성 물질, 광자기 글라스 및 광자기 단결정으로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나 이상의 양자점일 수 있다.
- [29] 바람직하게는, 상기 화합물 반도체는 PbSe, PbS, PbTe, CdMnTe, CdMnTe, ZnMnTe, MnGeAs₂, MnGeP₂, CdMnSe, CdSe, ZnSe, ZnXO (X=Co, Mn), As₂S₂, Bi₁₂SiO, Y₃Fe₅O₁₂, ZnO, CdS 양자점이다.
- [30] 바람직하게는, 상기 희토류 원소는 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu 양자점이다.
- [31] 바람직하게는, 상기 상자성 물질은 Fe, Ni, Co, Cr, Mn, Pt, Al, Ti 양자점이다.
- [32] 바람직하게는, 상기 반자성 물질은 Bi, Sb, P, Au, Ag, Hg, Cu, Pb 양자점이다.
- [33] 바람직하게는, 상기 광자기 글라스는 쇼트사(Schott, Germany)의 FR-5 및 FR-7, 몰테크 게엠베하사(MolTech GmbH, Germany)의 MOS-4 및 MOS-10, 및 폭텍 포토닉스사(Foctek Photonics Inc., China)의 Tb-10, Tb-12 및 Tb-15 이며, 상기 광자기 글라스를 분쇄하여 양자점 혹은 아주 미세한 분말 상태로 광섬유의 코어 및/또는 클래딩층 또는 내부 클래딩층에 함유한다.
- [34] 여기에서, 상기 광자기 글라스란 붕규산 유리 조성에 Tb, Y, Eu 등의 희토류 원소를 첨가하여 제조하는 인가되는 자기장의 변화에 광학적 특성이 변하는 유리를 의미한다.
- [35] 바람직하게는, 상기 광자기 단결정은 분쇄 첨가하여 양자점 또는 아주 미세한 분말 상태로 광섬유의 코어 및/또는 클래딩층 또는 내부 클래딩층에 함유할 수 있다. 이 광자기 단결정은 화학성분으로 통칭되고 있으며, TGG(Terbium Gallium Garnet)결정 및 YIG(Yttrium Iron Garnet)결정이 가장 대표적이다.
- [36] 도 2에서는 본 발명에 따른 광섬유를 적용한 전광섬유 아이솔레이터의 다양한 실시예중 하나의 실시예를 보여주고 있다. 도 2는 대칭적인 구조로 되어있어, 부호를 표시한 부분과 부호를 표시하지 않은 대칭적인 반대부분은 동일한 구조이다. 여기에서, 페러데이 회전자(201)는 영구자석 또는 솔레노이드일 수 있고, 여기에 제한되지 않는다. 페러데이 회전자(201) 내부 및 페러데이 회전자(201)에서 접합점(205)까지 연결된 광섬유는 양자점이 도핑된 광섬유(202)이다. 또한, 선형 편광자(204) 내부 및 선형 편광자(204)에서 접합점(205)까지 연결된 광섬유는 편광유지 광섬유(203)이다. 커넥터(207)에서 접합점(205)까지 연결된 광섬유는 단일모드 광섬유 또는 다중모드 광섬유 일 수 있다. 위와 같은 구조의 광섬유, 페러데이 회전자(201), 선형 편광자(204) 및 커넥터(207)를 구비함으로써, 하나의 전광섬유 아이솔레이터(200)를 구성한다.
- [37] 본 발명자는 광섬유의 코어층 및/또는 클래딩층 또는 내부 클래딩층에 CdSe 양자점을 도핑하거나 Cd_{0.5}Mn_{0.5}Te 양자점을 함유시킴으로써, 높은 페러데이 효과를 유도할 수 있었고, 이하 다음의 실시예에서 첨부한 도면을 참조하여 자세히 설명한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가

용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명의 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 후술하는 실시예는 본 발명의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한도내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.

발명의 실시를 위한 형태

- [38] [실시예 1]
- [39] 광섬유에 CdSe 양자점이 도핑된 전광섬유 아이솔레이터의 제조 및 성능
- [40] CdSe 양자점들로 도핑된 광섬유 모재는 수정된 화학 기상 증착법(MCVD)에 의해 제조되었다. 실리카 유리관에 적층된 알루미늄-게르마늄-실리카 유리의 코어층에 CdSe 양자점들(Sigma-Aldrich: Lumidot CdSe QDs in toluene, peak absorption ~ 650 nm, 7.5 mg in 1.5 ml solution)을 함유하는 톨루엔 용액을 사용하여 용액 도핑 공정으로 상온에서 도핑시켰다. 수정된 화학 기상 증착 공정 동안에 일어날 수 있는 도펀트의 증발을 감소시키기 위하여 흠뻑 젖은 관을 용액 도핑 공정 이후에 건조시키고 이어서 추가적인 유리 층을 적층시킨다. 관을 건조, 소결, 부분적으로 수축시키고 봉 모재로 밀봉시킨다. 최종적으로, 모재를 인출장치를 사용하여 2150°C 에서 외경 $125\ \mu\text{m}$ 의 섬유로 인발하였다. 제조된 섬유의 코어 직경 및 커트-오프 파장은 각각 $5.4\ \mu\text{m}$ 및 $560\ \text{nm}$ 이다. 광 섬유의 흡수 계수는 커트백 방법으로 측정하여 $660\ \text{nm}$ 에서 약 $0.003\ \text{m}^{-1}$ 이었다. CdSe 양자점으로 도핑된 광섬유의 베르데 상수는 $633\ \text{nm}$ 에서 $5.3\ \text{rad/Tm}$ 인 것으로 측정되었다.
- [41] 도 1에서 위와 같은 방법으로 제조된 CdSe 양자점이 도핑된 광섬유(108)의 광학 물성을 측정한 실험 장치를 나타내고 있다. CdSe 양자점 도핑된 광섬유의 패러데이 회전각이 패러데이 회전자(110)에 의해 공급되는 자기장하에서 광원으로서 $660\ \text{nm}$ 레이저 다이오드(101) 및 선형 편광자(107)를 사용하여 편광계(PA510:Thorlabs, USA)로 측정되었다. 여기에서, 레이저 다이오드(101) 출력은 $1.1\ \text{mW}$ 이고, 반사 거울에 의해 반사된 출력 광 스펙트럼은 광 스펙트럼 분석기(102)(OSA, resolution: $1\ \text{nm}$)로 모니터링 하였다. CdSe 양자점 도핑 광섬유(108)는 $660\ \text{nm}$ 의 파장에 단일 모드이고($660\ \text{nm}$ 에서 작동하는) 섬유형 선형 편광자(107)는 섬유로 직접 슬라이싱되었다.
- [42] 도 3은 자기장의 함수로서 $660\ \text{nm}$ 에서 패러데이 회전각을 보여준다. 측정 동안, CdSe 양자점 도핑된 광섬유(108)를 패러데이 회전자(110)에 감아 섬유의 유효 길이를 증가시켰으며, 이는 자기장과 같은 방향하에 있는 광섬유의 총 길이이다. 솔레노이드로 이루어져 있는 패러데이 회전자(110)의 전류를 변화시켜 적용된 자기장을 증가시킴에 따라, CdSe의 양자점 도핑된 광섬유(108)의 패러데이 회전각이 도 3에 나타난 바와 같이 선형으로 증가하는 것으로 나타났다. $0.1\ \text{T}$ 의 자기장이 섬유의 유효 길이 $183\ \text{cm}$ 에 적용됐을 때,

패러데이 회전각이 45°에 도달했다. 후방-반사광의 90° 회전의 편광각이 패러데이 효과의 비-가역적인 성질에 기인하는 것으로 예측되기 때문에, 이 결과는 660 nm에서 반사된 광을 차단하는 전광섬유 아이솔레이터가 가능하다는 것을 보여준다.

- [43] 광이 직접적으로 후방으로 반사되기 때문에, 패러데이 회전은 패러데이 효과의 비가역적 성질에 기인하여 부가적이다. 자기장 강도에서의 변화에 따른 입력측에서 실제 반사된 파워의 측정은 단지 섬유 광학 장치에 의해 제공되는 아이솔레이션의 아이디어를 제공할 것이다. 이 실험은 CdSe 양자점 으로부터의 660nm 여기광을 반사시키는 반사 거울(111)을 사용하여 수행하고, 후방 반사 파워는 도 1에 나타난 바와 같이 3dB 커플러(104)(660 nm)를 사용하여 측정하였다. 도 4는 자기장을 0으로부터 0.16T로 변화시 측정된 패러데이 회전각에 따른 섬유의 정규화된 출력 파워(반사된 파워)의 변화를 보여준다. 정규화는 자기장이 없이 출력 파워로 만들어졌다. 정규화된 출력 파워는 패러데이 회전각의 증가와 함께 감소하는 것으로 발견되었고, 어떤 출력 파워도 90°의 각에서 검출되지 않아, 우수한 아이솔레이션 물성을 나타낸다. 패러데이 회전각이 90°를 넘었을 때, 출력 파워는 다시 증가되는데, 그 이유는 편광 상태가 원래 상태로 되돌아가기 시작하기 때문이다. 반사된 광학 파워는 말루스의 법칙으로 간단히 기술될 수 있다.

- [44] [식 1]

[45]
$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

- [46] 상기 식 1에서, I 및 I_0 는 각각 반사된 광학 신호(후방 비율) 입사광 공급원(전방 비율)의 파워이고, θ 는 패러데이 회전각이다. 주목할 것은 광학 파워의 구부림, 커플링, 스플라이싱 및 반사 손실과 같은 감쇠 인자가 등식에서 무시되었다는 것이다. 도 4에 나타난 바와 같이, 얻어진 출력 데이터를 완하 곡선으로 짜 맞추고 작은 편차 에러로 잘 매치시켰다. 적용된 자기장에 관하여 CdSe 양자점 도핑된 광섬유(108)의 광학적 아이솔레이션이 도 5에 나타나 있다. 최대 분리는 0.1 T에서 약 14 dB이었고, 이는 자기장이 0으로부터 0.1 T까지 증가함에 따라 증가하였다. 자기장이 0.1 T 보다 클때, 아이솔레이션은 편광 상태가 본래의 입력 상태로 되돌아간다는 사실에 기인하여 감소하였다.

- [47] 도 4 와 도 5에서의 실험 결과들과 말루스의 법칙 사이의 불일치는 유효 길이를 증가시키기 위하여 패러데이 회전자(110)에 광섬유가 감김으로써 구부림에 의한 광섬유의 선형 복굴절률이 원인이다. 전광섬유 아이솔레이터의 정밀도 및 성능을 향상시키기 위하여, 선형 복굴절률은 섬유를 따라 최소화되어야 한다. 이는 높은 베르데 상수의 특수 광섬유를 사용하여 수행될 수 있어, 광섬유 상에 매우 높은 환형 복굴절률을 유도하기 위하여 광섬유를 꼬거나 구부림없이 고정된 길이에서 직선이기에 충분한 짧은 길이의 섬유를 사용할 수 있다. 적용된 자기장 변화시 CdSe 양자점 도핑된 광섬유를 사용하여 전광섬유 아이솔레이터의 실험 파라미터가 표 1에 요약되어 있다. 이 전광섬유

아이솔레이터는 광학 스위치, 광학 모듈레이터, 레이저 기로스코프에서 비-가역성 요소, 광학적 서클레이터, 및 광학 센서와 같은 다양한 광섬유에서 적용을 할 수 있다.

[48] 자기장의 변화에 따른 CdSe 양자점 도핑된 광섬유를 사용한 전광섬유 아이솔레이터의 실험적 파라미터들을 다음의 표 1에 나타내었다.

[49] 표 1

[Table 1]

솔레노이드 전류[A]	자기장[T]	패러데이회전 각[θ]	출력[dBm/n W]	정규화된 출력	아이솔레이션 [dB]
0	0	0	-50.67/8.56	1.000	0
10	0.037	27.8	-51.99/6.31	0.737	1.32
20	0.072	53.8	-54.44/3.59	0.420	3.77
30	0.107	81.8	-60.22/0.95	0.111	9.55
35	0.124	95.0	-64.64/0.04	0.034	13.97
40	0.145	107.8	-59.54/1.11	0.130	8.87
45	0.160	120.0	-57.02/1.98	0.232	6.34

[50]

[51] [실시예 2]

[52] Cd_{0.5}Mn_{0.5}Te 양자점이 함유된 광섬유의 자기 광학 특성

[53] Cd_{0.5}Mn_{0.5}Te 양자점이 함유된 광섬유 모재는 수정된 화학 기상 증착법(MCVD)을 통해 제작하였다. 실리카유리 튜브 내부에 SiCl₄과 GeCl₄를 이용하여 1650 °C에서 다공성의 코어 층을 형성하여 부분 소결 과정을 거친 후, 5 ml 질산(Junsei Chem., 70%)에 0.475g(0.1M)의 Cd_{0.5}Mn_{0.5}Te 분말(International Crystal Lab.)을 섞은 용액을 다공성의 코어 층에 침투시켜 Cd_{0.5}Mn_{0.5}Te 양자점이 함유된 광섬유 모재를 제작하였고, 이렇게 제작된 광섬유 모재를 2000°C이하에서 광섬유로 인출하였다. 광섬유를 솔레노이드(Walker LDJ, 3.0-28-1500DC) 중앙으로 통과시킨 후, 자기장의 변화에 따른 자기광학 특성을 660 nm 파장의 레이저 다이오드(LD) 광원과 편광계(THORLABs, PA-510)를 이용하여 측정하였다.

[54] 광섬유 코어 내에 함께 존재하는 것으로 확인된 Mn 이온의 영향을 확인하기 위해, Mn 이온 첨가 광섬유를 제조하여 비교하였다. 그리고 Cd_{0.5}Mn_{0.5}Te 양자점이 함유된 광섬유의 패러데이 회전 특성평가를 위해, 코발트(Co) 이온 첨가 광섬유와 본 연구실에서 제작한 CdSe 양자점 첨가 광섬유 및 일반 단일모드광섬유 와 함께 비교하였다. 각 광섬유의 자기광학 특성을 솔레노이드 전류 값의 증가를 통한 광섬유에 평행한 자기장을 인가하여 편광계를 통해

측정해 본 결과, 도 6과 같이 모든 광섬유는 자기장이 증가할수록 패러데이 회전각이 직선적으로 증가하였고, $\text{Cd}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Te}$ 양자점이 함유된 광섬유의 경우 같은 자기장하에서 Co 이온과 Mn 이온이 함유된 광섬유보다 절대 값이 약 1.5배와 6배 높은 패러데이 회전각을 나타내었고, CdSe 함유 광섬유 보다 약 1.5배 그리고 SMF 보다 약 2배 정도 회전각이 증가하였음을 알 수 있었다. Mn 이온이 첨가된 광섬유의 경우 음의 방향으로 증가함을 보여 $\text{Cd}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Te}$ 양자점이 함유된 광섬유의 패러데이 회전 증가에 Mn 이온 보다 $\text{Cd}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Te}$ 양자점이 영향을 크게 미쳤음을 알 수 있었고, 이는 $\text{Cd}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Te}$ 양자점의 제만 효과(Zeeman effect)에 의한 것으로 인한 것이다. 측정한 패러데이 회전각을 이용하여 구한 $\text{Cd}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Te}$ 양자점, Co 이온 또는 Mn 이온이 함유된 광섬유와 SMF의 베르테 상수는 660 nm 파장에서 각각 5.12, 3.54, -1.04와 2.77 $\text{radT}^{-1}\text{m}^{-1}$ 이었다.

[55] 다음의 표 1에 $\text{Cd}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Te}$ 양자점, Co 이온 또는 Mn 이온이 함유된 광섬유의 자기 광학적 특성을 나타내었다.

[56] 표 2

[Table 2]

	유효 길이(m)	자기장(T)	회전각(θ)	베르테 상수($\text{rad}^{-1}\text{m}^{-1}$)
$\text{Cd}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{Te}$ 도핑된 섬유	0.7	0.142	29.18	5.12
Co 도핑된 섬유	0.7	0.142	20.18	3.54
CdSe 도핑된 섬유	0.7	0.142	20.28	3.56
Mn 도핑된 섬유	0.7	0.142	-5.93	-1.04
SMF	0.7	0.142	15.82	2.77

[57]

[58] 이상 설명한 바와 같이 본 발명의 예시적인 실시예가 도시되어 설명되었지만, 다양한 변형과 다른 실시예가 본 분야의 숙련된 기술자들에 의해 행해질 수 있을 것이다. 이러한 변형과 다른 실시예들은 첨부된 청구범위에 모두 고려되고 포함되어, 본 발명의 진정한 취지 및 범위를 벗어나지 않는다 할 것이다.

[59] [부호의 설명]

[60] 100: 전광섬유 아이솔레이트의 광학 물성 측정 장치

[61] 101: 레이저 다이오드

[62] 102: 광 스펙트럼 분석기

[63] 103: 단일모드 광섬유

[64] 104: 커플러

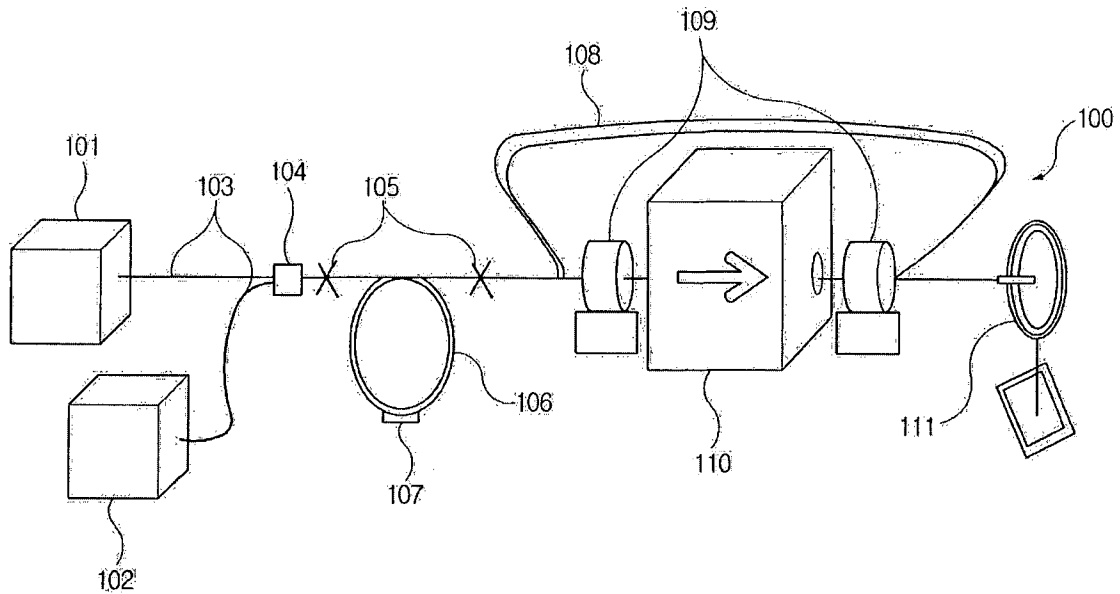
[65] 105: 접합점(splicing point)

- [66] 106: 편광유지 광섬유(PM fiber)
- [67] 107: 선형 편광자
- [68] 108: 양자점이 도핑된 광섬유
- [69] 109: 광섬유 지지대
- [70] 110: 패러데이 회전자
- [71] 111: 거울
- [72] 200: 예시적인 전광섬유 아이솔레이터의 구조
- [73] 201: 패러데이 회전자
- [74] 202: 양자점이 도핑된 광섬유
- [75] 203: 편광유지 광섬유(PM fiber)
- [76] 204: 선형 편광자
- [77] 205: 접합점(splicing point)
- [78] 206: 단일모드 광섬유 또는 다중모드 광섬유
- [79] 207: 커넥터

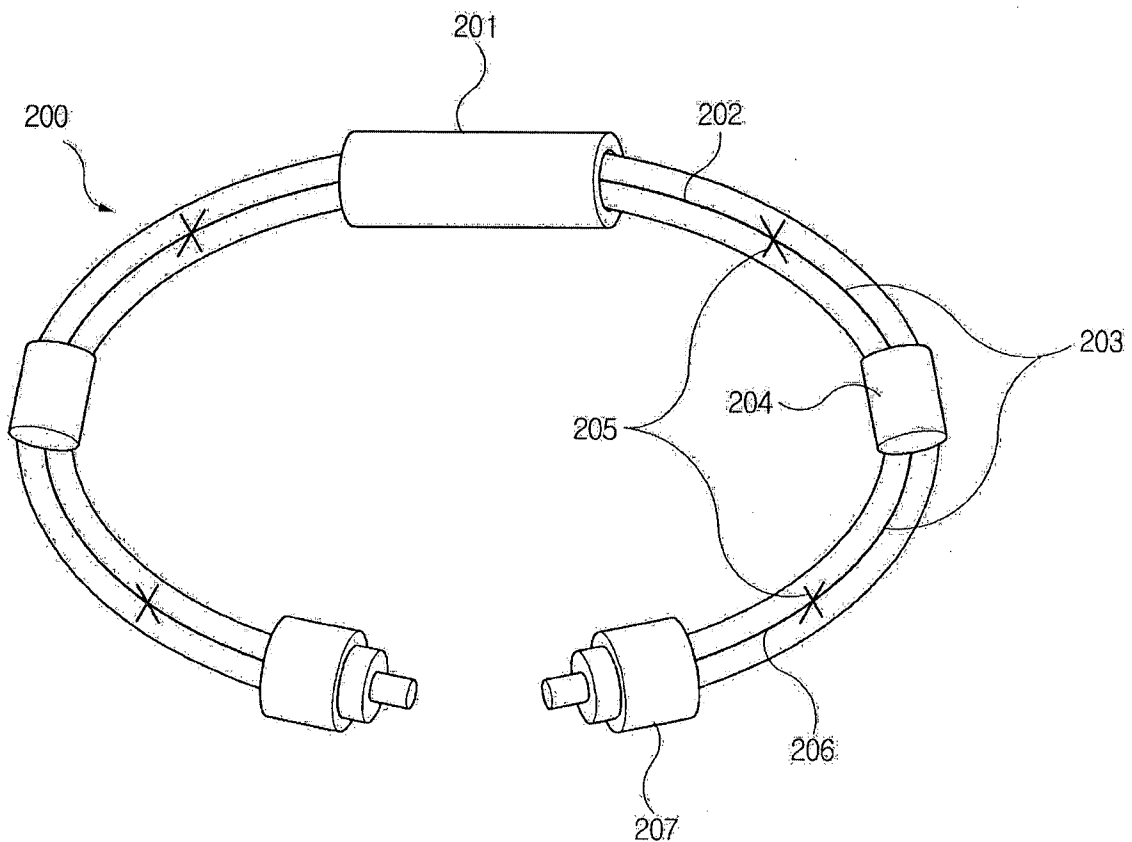
청구범위

- [청구항 1] 입사광을 전파시키는 광도파로의 역할을 하는 광섬유, 상기 입사광을 편광시키는 편광자, 상기 편광자에서 편광된 편광면을 45°회전시키는 패러데이 회전자를 포함하는 광 아이솔레이터로서,
상기 광섬유의 코어층에 화합물 반도체, 희토류 원소, 상자성 물질, 반자성 물질, 광자기 글라스 및 광자기 단결정으로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나 이상을 함유하여, 가시광선 파장에서 광 아이솔레이터로 사용될 정도의 자기 광학 효과를 나타내는 전광섬유 아이솔레이터.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서, 상기 광섬유는 클래딩층 또는 내부 클래딩층을 포함하며, 상기 클래딩층 또는 상기 내부 클래딩층에 화합물 반도체, 희토류 원소, 상자성 물질, 반자성 물질, 광자기 글라스 및 광자기 단결정으로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나 이상을 추가적으로 함유하여, 가시광선 파장에서 광 아이솔레이터로 사용될 정도의 자기 광학 효과를 나타내는 전광섬유 아이솔레이터.
- [청구항 3] 제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 화합물 반도체는 PbSe, PbS, PbTe, CdMnTe, CdMnTe, ZnMnTe, MnGeAs₂, MnGeP₂, CdMnSe, CdSe, ZnSe, ZnXO (X=Co, Mn), As₂S₂, Bi₁₂SiO, Y₃Fe₅O₁₂, ZnO 또는 CdS 양자점, 상기 희토류 원소는 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 또는 Lu 양자점, 상기 상자성 물질은 Fe, Ni, Co, Cr, Mn, Pt, Al 또는 Ti 양자점, 상기 반자성 물질은 Bi, Sb, P, Au, Ag, Hg, Cu 또는 Pb 양자점, 상기 광자기 글라스는 FR-5, FR-7, MOS-4, MOS-10, Tb-10, Tb-12 또는 Tb-15 글라스의 양자점 또는 미세분말, 및 상기 광자기 단결정은 TGG(Terbium Gallium Garnet)결정 또는 YIG(Yttrium Iron Garnet)결정의 양자점 또는 미세분말인 것을 특징으로 하는 전광섬유 아이솔레이터.
- [청구항 4] 제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 화합물 반도체는 Cd_{0.5}Mn_{0.5}Te 양자점인 것을 특징으로 하는 전광섬유 아이솔레이터.
- [청구항 5] 제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 가시광선 파장은 660nm인 것을 특징으로 하는 전광섬유 아이솔레이터.
- [청구항 6] 제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 가시광선 파장에서 광 아이솔레이터로 사용될 정도의 자기 광학 효과를 나타내는 패러데이 효과는 660nm 파장에서 베르데 상수가 3.5 내지 5.5 radT⁻¹m⁻¹인 것을 특징으로 하는 전광섬유 아이솔레이터.

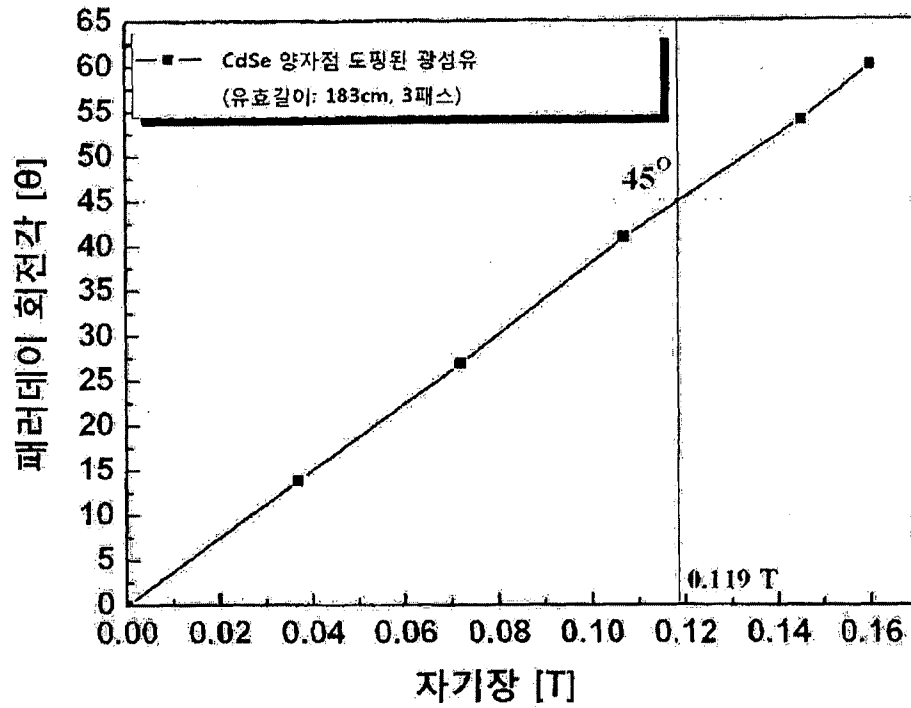
[Fig. 1]



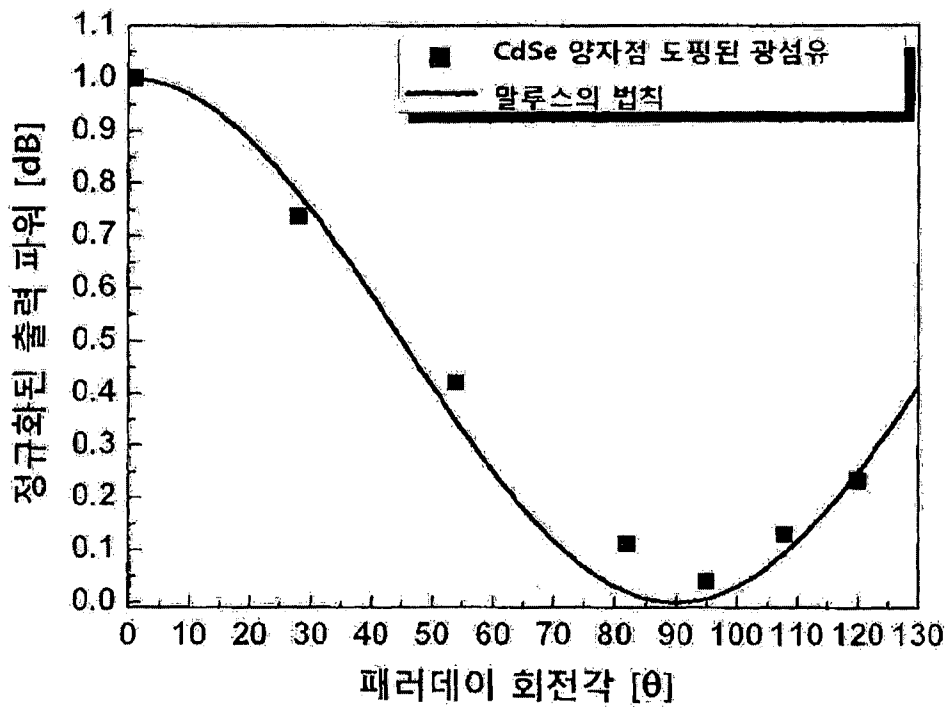
[Fig. 2]



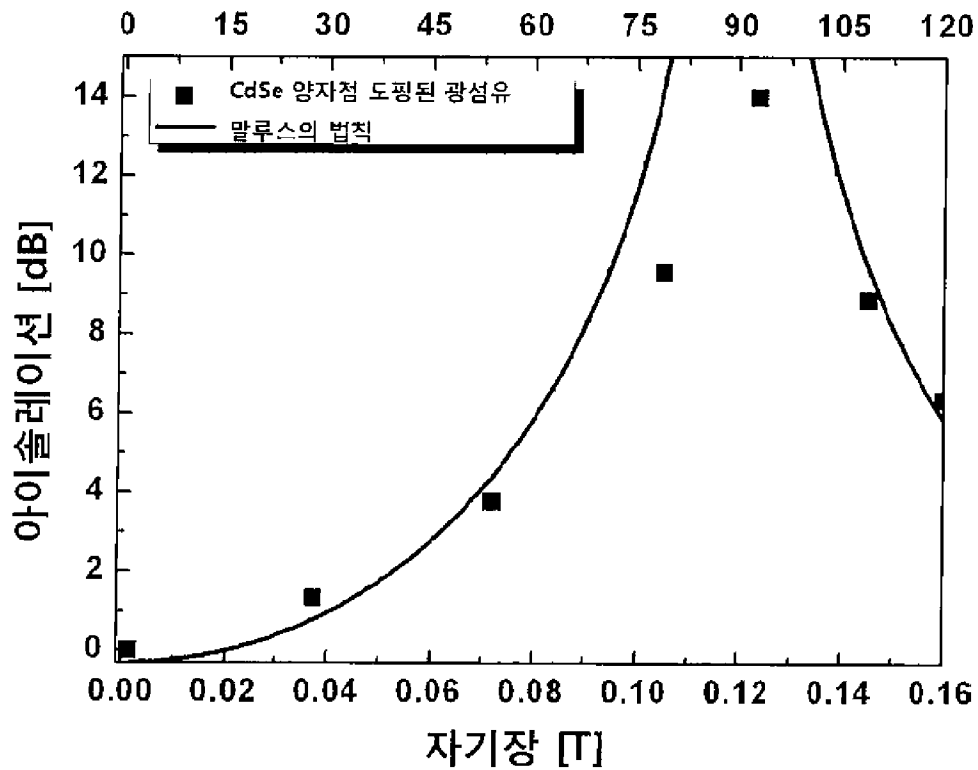
[Fig. 3]



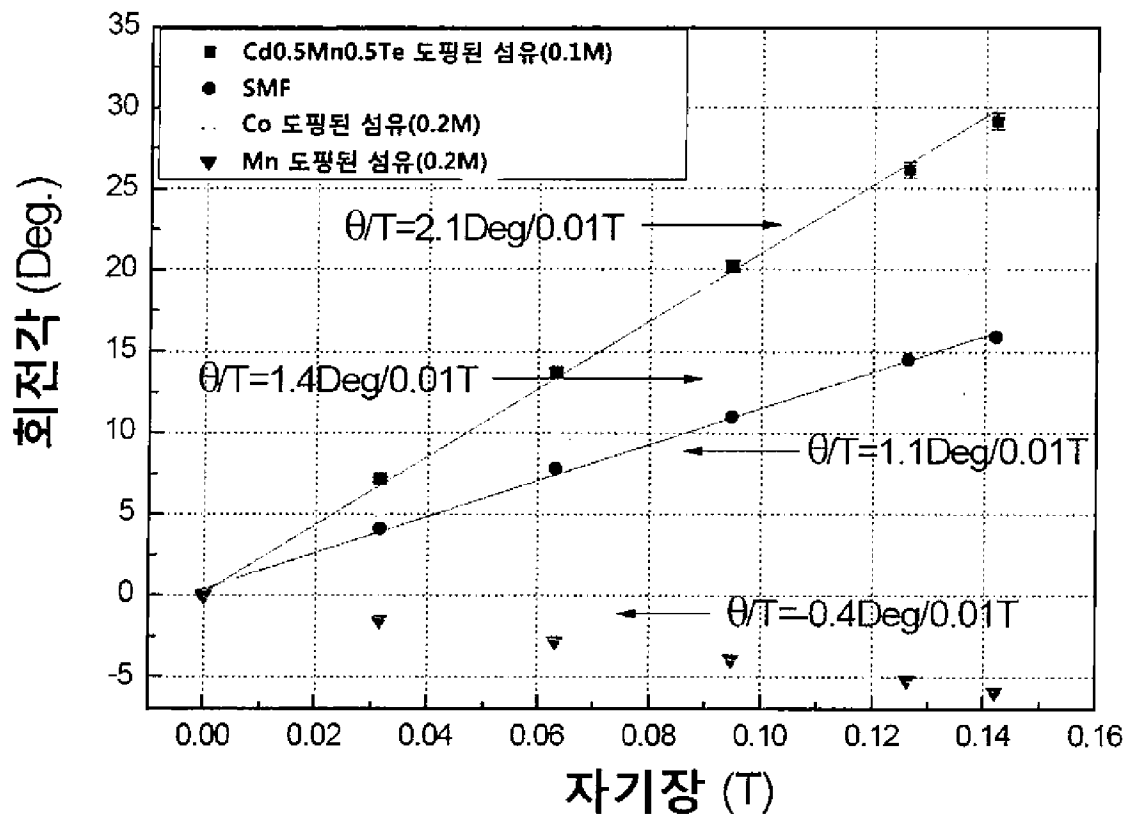
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2012/006845**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G02B 27/28(2006.01)i, G02B 5/30(2006.01)i, G02B 6/12(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)

G02B 27/28; H01S 3/10; C03B 37/028; G02B 6/02; C03B 37/027; G02F 1/09; G02B 6/00

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: isolator, optical fiber, polarizer, faraday, core, cladding, rare-earth, visible ray

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2004-0034993 A (NANO PHOTONICS CO., LTD.) 29 April 2004 See abstract, figures 1, 18 and the constitution and operation of the invention pages 3, 5 and 10.	1-3,5
A	See the entire description.	4,6
Y	KR 10-2006-0067181 A (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 19 June 2006	1-3,5
A	See abstract, figures 1-2 and example 1 (pages 3-4). See the entire description.	4,6
A	KR 10-2011-0008024 A (NORTHROP GRUMMAN SPACE & MISSION SYSTEMS CORP. et al.) 25 January 2011 See abstract, figures 1-7 and paragraphs [0014]-[0036].	1-6
A	JP 2000-228551 A (SHIN ETSU CHEM CO., LTD.) 15 August 2000 See abstract, figures 1-3 and paragraphs [0010]-[0022].	1-6



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

18 FEBRUARY 2013 (18.02.2013)

Date of mailing of the international search report

19 FEBRUARY 2013 (19.02.2013)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 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/KR2012/006845

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2004-0034993 A	29.04.2004	NONE	
KR 10-2006-0067181 A	19.06.2006	EP 1672822 A2 EP 1672822 A3 US 2006-0126161 A1 US 7440165 B2	21.06.2006 12.12.2007 15.06.2006 21.10.2008
KR 10-2011-0008024 A	25.01.2011	GB 2469430 A JP 2011-516372 A US 2011-0103756 A1 WO 2009-108873 A2 WO 2009-108873 A3	13.10.2010 26.05.2011 05.05.2011 03.09.2009 03.09.2009
JP 2000-228551 A	15.08.2000	JP 4028116 B2	26.12.2007

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G02B 27/28(2006.01)i, G02B 5/30(2006.01)i, G02B 6/12(2006.01)i																							
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G02B 27/28; H01S 3/10; C03B 37/028; G02B 6/02; C03B 37/027; G02F 1/09; G02B 6/00 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: 아이슬레이터, 광섬유, 편광자, 패러데이, 코어, 클래딩, 회로류, 가시광선																							
C. 관련 문헌 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">카테고리*</th> <th style="width: 70%;">인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th style="width: 20%;">관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Y</td> <td>KR 10-2004-0034993 A (주식회사 나노포토닉스, NANO PHOTONICS CO., LTD.) 2004.04.29 요약, 도면 1,18 및 발명의 구성 및 작용 페이지 3,5,10 참조.</td> <td style="text-align: center;">1-3,5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>전체 명세서 참조</td> <td style="text-align: center;">4,6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Y</td> <td>KR 10-2006-0067181 A (한국전자통신연구원, ETRI) 2006.06.19 요약, 도면 1-2 및 실시예 1 (페이지 3-4) 참조.</td> <td style="text-align: center;">1-3,5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>전체 명세서 참조.</td> <td style="text-align: center;">4,6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>KR 10-2011-0008024 A (NORTHROP GRUMMAN SPACE & MISSION SYSTEMS CORP. 외 1명) 2011.01.25 요약, 도면 1-7 및 패러그래프 [0014]-[0036] 참조.</td> <td style="text-align: center;">1-6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>JP 2000-228551 A (SHIN ETSU CHEM CO., LTD.) 2000.08.15 요약, 도면 1-3 및 패러그래프 [0010]-[0022] 참조.</td> <td style="text-align: center;">1-6</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	Y	KR 10-2004-0034993 A (주식회사 나노포토닉스, NANO PHOTONICS CO., LTD.) 2004.04.29 요약, 도면 1,18 및 발명의 구성 및 작용 페이지 3,5,10 참조.	1-3,5	A	전체 명세서 참조	4,6	Y	KR 10-2006-0067181 A (한국전자통신연구원, ETRI) 2006.06.19 요약, 도면 1-2 및 실시예 1 (페이지 3-4) 참조.	1-3,5	A	전체 명세서 참조.	4,6	A	KR 10-2011-0008024 A (NORTHROP GRUMMAN SPACE & MISSION SYSTEMS CORP. 외 1명) 2011.01.25 요약, 도면 1-7 및 패러그래프 [0014]-[0036] 참조.	1-6	A	JP 2000-228551 A (SHIN ETSU CHEM CO., LTD.) 2000.08.15 요약, 도면 1-3 및 패러그래프 [0010]-[0022] 참조.	1-6
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																					
Y	KR 10-2004-0034993 A (주식회사 나노포토닉스, NANO PHOTONICS CO., LTD.) 2004.04.29 요약, 도면 1,18 및 발명의 구성 및 작용 페이지 3,5,10 참조.	1-3,5																					
A	전체 명세서 참조	4,6																					
Y	KR 10-2006-0067181 A (한국전자통신연구원, ETRI) 2006.06.19 요약, 도면 1-2 및 실시예 1 (페이지 3-4) 참조.	1-3,5																					
A	전체 명세서 참조.	4,6																					
A	KR 10-2011-0008024 A (NORTHROP GRUMMAN SPACE & MISSION SYSTEMS CORP. 외 1명) 2011.01.25 요약, 도면 1-7 및 패러그래프 [0014]-[0036] 참조.	1-6																					
A	JP 2000-228551 A (SHIN ETSU CHEM CO., LTD.) 2000.08.15 요약, 도면 1-3 및 패러그래프 [0010]-[0022] 참조.	1-6																					
☐ 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 신구성 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 2013년 02월 18일 (18.02.2013)	국제조사보고서 발송일 2013년 02월 19일 (19.02.2013)																						
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 82-42-472-7140	심사관 이정호 전화번호 82-42-481-5704 																						

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2004-0034993 A	2004.04.29	없음	
KR 10-2006-0067181 A	2006.06.19	EP 1672822 A2 EP 1672822 A3 US 2006-0126161 A1 US 7440165 B2	2006.06.21 2007.12.12 2006.06.15 2008.10.21
KR 10-2011-0008024 A	2011.01.25	GB 2469430 A JP 2011-516372 A US 2011-0103756 A1 WO 2009-108873 A2 WO 2009-108873 A3	2010.10.13 2011.05.26 2011.05.05 2009.09.03 2009.09.03
JP 2000-228551 A	2000.08.15	JP 4028116 B2	2007.12.26