(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2014 년 2 월 20 일 (20.02.2014)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2014/027748 A1

(51) 국제특허분류:
G02B 6/12 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2013/005865

(22) 국제출원일: 2013 년 7 월 2 일 (02.07.2013)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2012-0088711 2012 년 8 월 14 일 (14.08.2012) KR

(71) 출원인: **한국표준과학연구원 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE)** [KR/KR]; 305-340 대전시 유성구 도룡동 1, Daejeon (KR).

(72) 발명자: **임선도 (LIM, Seon-Do)**; 420-730 경기도 부천시 중 4 동 은하마을아파트 512-1003, Gyeonggi-do (KR). **이동훈 (LEE, Dong-Hoon)**; 305-720 대전시 유성구 신성동 대림두레아파트 102-1301, Daejeon (KR).

(74) 대리인: **이평우 (LEE, Pyung-Woo)**; 135-754 서울시 강남구 역삼동 837-11 유니온센타빌딩 1613, 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, 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, KN, KP, 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, PA, 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.

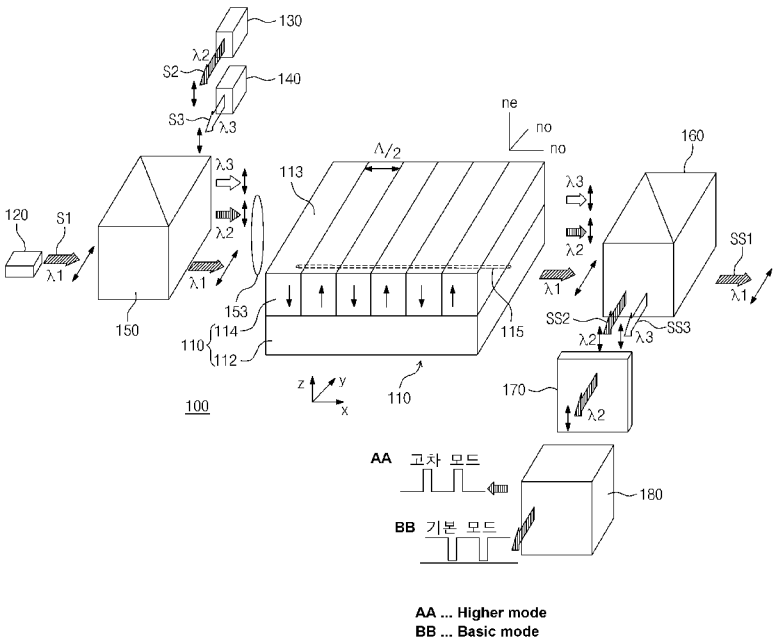
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,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

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) **Title**: OPTICAL-OPTICAL MODULATION APPARATUS AND OPTICAL-OPTICAL MODULATION METHOD

(54) **발명의 명칭** : 광-광 변조 장치 및 광-광 변조 방법



(57) **Abstract**: The present invention relates to an optical-optical modulation apparatus and to an optical-optical modulation method. The optical-optical modulation apparatus includes: an optical modulation unit including a first substrate made of a ferroelectric crystal of a nonlinear medium and a second substrate stacked on the first substrate and made of a ferroelectric crystal of a nonlinear medium having a periodic polarization reversal pattern; a first laser which has a first laser beam incident on the first substrate in the direction transverse to the periodic polarization reversal pattern around the boundary surface between the first and second substrates, which is absorbed by the first substrate along the traveling direction, and which is heated along the path of the first laser beam so as to induce a refraction index differential compared to the surroundings and form an optical waveguide in a first direction; a signal source providing a signal light traveling along the optical waveguide; and a second laser providing a second pulse-type laser beam traveling along the optical waveguide. The second laser beam applies a DC electrical field to the polarization reversal pattern in order to cause a periodic refractive index differential along the optical waveguide, and modulates the signal light from a basic mode to a higher mode.

(57) **요약서**:

[다음 쪽 계속]

WO 2014/027748 A1

본 발명은 광-광 변조 장치 및 광-광 변조 방법을 제공한다. 이 광-광 변조 장치는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제 1 기판 및 제 1 기판 상에 적층되고 주기적 분극 반전 패턴을 포함하는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제 2 기판을 포함하는 광변조부, 제 1 기판과 제 2 기판의 경계면 주위에서 주기적 분극 반전 패턴을 가로지르는 방향으로 제 1 기판에 입사하여 진행 방향을 따라 제 1 기판이 제 1 레이저 빔을 흡수하여 제 1 레이저 빔의 경로를 따라 가열되어 주위와의 굴절률 차이를 유발하여 제 1 방향으로 광도파로를 형성시키는 제 1 레이저, 광도파로를 따라 진행하는 신호광을 제공하는 신호원, 및 광도파로를 따라 진행하는 펄스 형태의 제 2 레이저 빔을 제공하는 제 2 레이저를 포함한다. 제 2 레이저 빔은 분극 반전 패턴에 DC 전기장을 인가하여 광도파로를 따라 주기적인 굴절률 차이를 유발하고 신호광을 기본 모드에서 고차 모드로 변조한다.

명세서

발명의 명칭: 광-광 변조 장치 및 광-광 변조 방법

기술분야

[1] 본 발명은 광 변조 장치에 관한 것으로, 더 구체적으로 제1 레이저 빔을 이용하여 열적으로 광도파로를 형성하고, 상기 광도파로에 인접하게 주기적 분극 반전 패턴을 배치하여, 펄스 형태의 제2 레이저 빔과 신호광을 상기 광도파로에 제공하여, 상기 신호광이 상기 분극 반전 패턴과 상기 제2 레이저 빔의 상호 작용에 의하여 기본 모드에서 고차 모드로 변환되는 광 변조 장치에 관한 것이다.

배경기술

[2] 일반적으로, 통신용 소자에 이용되는 광 변조기는 전광(electro-optic) 효과 또는 전계 흡수(electroabsorption)의 동작 원리를 이용한다. 상기 전광 효과의 동작 원리를 이용하는 광 변조기는 마하 젠더(Mach-Zehnder) 간섭계 구조를 가진다. 상기 마하 젠더 간섭계 구조는, 두 경로로 나누어 입사된 빛의 한 쪽 또는 양쪽 경로에 전압을 인가함으로써, 광도파로의 굴절률을 변화시켜 두 경로 사이의 상대 위상을 변화시켜, 입사된 빛을 흡수하거나 통과시켜 광신호를 변조한다.

[3] 상기 전계 흡수의 동작 원리를 이용하는 광 변조기는, 일반적으로 반도체로 구성되고, 전기장의 인가 여부에 따라 반도체의 흡수 밴드를 변화시켜 입사된 빛을 흡수하거나 통과시켜 광신호를 변조한다. 상기 전광 효과 동작 방식의 광 변조기는 DC 드리프트(DC-drift)의 문제가 발생할 수 있고, 상기 전계 흡수 동작 방식의 광 변조기는 주파수 처핑(frequency chirping)의 문제가 발생할 수 있다.

[4] 특정 파장에서 짧은 펄스를 만들기 위해서는 이득 매질의 종모드를 모드 락킹(mode locking) 방법이 사용된다. 그러나, 모드 락킹 방법은 임의의 파장에 대하여 수행하기 어려우며, 복잡한 구성을 가진다. 따라서, 종래의 이미 존재하는 펄스를 이용하여 다른 파장의 짧은 펄스를 만드는 방법이 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[5] 본 발명이 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 종래의 짧은 펄스 레이저에 동기화되어 다른 파장에서 짧은 펄스를 만드는 광 펄스 복제기를 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

[6] 본 발명의 일 실시예에 따른 광-광 변조 장치는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제1 기판 및 상기 제1 기판 상에 적층되고 주기적 분극 반전 패턴을 포함하는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제2 기판을 포함하는 광변조부; 상기 제1 기판과 상기 제2 기판의 경계면 주위에서 상기 주기적 분극 반전 패턴을 가로지르는 방향으로 상기 제1 기판에 입사하여 진행 방향을 따라

상기 제1 기판이 제1 레이저 빔을 흡수하여 상기 제1 레이저 빔의 경로를 따라 가열되어 주위와의 굴절률 차이를 유발하여 제1 방향으로 광도파로를 형성시키는 제1 레이저; 상기 광도파로를 따라 진행하는 신호광을 제공하는 신호원; 및 상기 광도파로를 따라 진행하는 펄스 형태의 제2 레이저 빔을 제공하는 제2 레이저를 포함한다. 상기 제2 레이저 빔은 상기 분극 반전 패턴에 DC 전기장을 인가하여 상기 광도파로를 따라 주기적인 굴절률 차이를 유발하고 상기 신호광을 기본 모드에서 고차 모드로 변조한다.

[7] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 레이저 빔은 상기 제1 방향에 수직하고 상기 제1 기판과 상기 제2 기판의 경계면에 있는 제2 방향으로 선편광되고, 상기 제2 레이저 빔 및 상기 신호광은 상기 제1 방향 및 상기 제2 방향에 수직한 제3 방향으로 선편광되고, 상기 제1 레이저 빔을 제공받아 상기 제1 기판의 일 측면에 제공하고, 상기 제2 레이저 빔 및 상기 신호광을 제공받아 90도 진행 방향을 꺾어 상기 제1 기판의 일 측면에 제공하는 제1 편광 빔 스플릿터를 더 포함할 수 있다.

[8] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기판의 타 측면을 통과한 상기 제1 레이저 빔을 제공받아 그 진행 방향으로 출력하고, 상기 기판의 타 측면을 통과한 상기 제2 레이저 빔 및 상기 신호광을 제공받아 진행 방향을 90도 꺾어 출력하는 제2 편광 빔 스플릿터를 더 포함할 수 있다.

[9] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 편광 빔 스플릿터의 뒤에 배치되어 상기 제2 레이저 빔 및 상기 신호광을 제공받아 상기 신호광을 선택적으로 출력하는 파장 필터를 더 포함할 수 있다.

[10] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 파장 필터의 뒤에 배치되어 상기 신호광을 제공받아 기본 모드와 고차 모드를 분리하는 모드 선택 결합기를 더 포함할 수 있다.

[11] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 기판 및 제2 기판은 LiNbO3, LiTaO3, Zn:LiNbO3 및 KTiOPO4 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[12] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 주기적 분극 반전 패턴의 주기(Λ)와 상기 신호광의 변조 전 유효 전파 상수(β21)와 변조 후 유효 전파 상수(β22)는

[13] 본 발명은 광변조 장치 및 광변조 방법을 제공한다. 이 광변조 장치는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제1 기판 상에 적층된 주기적 분극 반전 패턴을 포함하는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제2 기판을 포함하는 광변조부, 제1 기판과 제2 기판의 경계면 주위에서 상기 주기적 분극 반전 패턴을 가로지르는 방향으로 제1 기판에 입사하여 진행 방향을 따라 제1 기판이 제1 레이저 빔을 흡수하여 제1 레이저 빔의 경로를 따라 가열되어 주위와의 굴절률 차이를 유발하여 광도파로를 형성시키는 제1 레이저, 광도파로을 따라 진행하는 신호광을 제공하는 신호원, 및 광도파로를 따라 진행하는 펄스 형태의 제2 레이저 빔을 제공하는 제2 레이저를 포함한다. 제2 레이저 빔은 분극 반전 패턴에 DC 전기장을 인가하여 광도파로를 따라 주기적인 굴절률 차이를

유발하고 신호광을 기본 모드에서 고차 모드로 변조한다.

[14] $$\beta_{21}-\beta_{22}=\frac{2\pi}{\Lambda}$$

[15] 관계식을 만족할 수 있다.

[16] 본 발명의 일 실시예에 따른 광변조 방법은 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제1 기판과 주기적 분극 반전 패턴을 포함하는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제2 기판을 결합하는 단계; 상기 제1 기판과 상기 제2 기판의 경계선 주위에서 상기 제1 기판에 분극 반전 패턴을 수직으로 가로지르는 진행 방향을 따라 제1 레이저 빔을 제공하여 상기 제1 레이저 빔의 경로를 따라 가열되어 주위와의 굴절률 차이를 유발하여 광도파로를 형성시키는 단계; 상기 광도파로를 따라 진행하는 신호광을 제공하는 단계; 및 상기 광도파로를 따라 진행하는 펄스 형태의 제2 레이저 빔을 제공하여 모드 변환시키는 단계를 포함한다.

[17] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 기판은 상기 제2 기판의 배치 평면에 수직인 방향으로 분극 반전되고, 상기 제2 레이저 빔은 상기 분극 반전 패턴에 에베네슨트 전기장을 인가하여 상기 진행 방향을 따라 굴절률 변화를 주기적으로 유발하여 상기 신호광을 기본 모드에서 고차 모드로 변조할 수 있다.

발명의 효과

[18] 본 발명의 일 실시예에 따른 광변조 장치는 테라헤르츠 정도의 고속 변조를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[19] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 변조기를 설명하는 사시도이다.

[20] 도 2는 도 1의 기판을 설명하는 사시도이다.

[21] 도 3은 도 1의 기판에 제1 레이저 빔, 신호광, 제2 레이저 빔의 입사 위치를 설명하는 단면도이다.

[22] 도 4는 도 1의 제2 레이저 빔의 진행 방향을 따라 형성된 굴절률 변화를 설명하는 개념도이다.

[23] 도 5는 도 1의 기판에 입사하는 광을 설명하는 도면이다.

[24] 도 6은 도 1의 기판에서 출력하는 광을 설명하는 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

[25] 본 발명의 일 실시예에 따른 광 변조 장치는 비선형 매질의 강유전체 결정 기판에 제1 레이저 광을 흡수시켜 광도파로를 형성한다. 상기 형성된 광도파로에 인접하게 배치된 주기적 분극 반전된 리튬나오베이트(PPLN)을 배치하고, 상기 광도도파로에 펄스 레이저광을 제공하여, 상기 펄스 레이저 광의 에베네슨트 전기장은 상기 PPLN에 굴절율 변화를 유도한다. 상기 PPLN의 굴절률 변화는 상기 광도파로를 진행하는 신호광의 모드를 기본 모드에서 고차 모드로 변환한다. 이에 따라, 테라 헤르즈(THz)의 광변조가 가능하다.

[26] 통상적으로, 광도파로의 구조가 정해진 경우, 상기 광도파로를 진행하는

모드는 경계조건에 의하여 정해진다. 한편, 상기 광도파로 주위에 배치된 전극을 통하여 외부 전기장을 인가하여, 격자 구조를 유도할 수 있다. 이러한 방식의 광변조는 변조 속도 또는 변조 주파수에 한계가 있다. 따라서, 수십 GHz 이상의 빠른 속도 또는 빠른 변조 주파수를 가지는 광-광 변조기 또는 광 펄스 복제기가 요구된다.

[27] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 도면들에 있어서, 구성요소는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[28] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 변조기를 설명하는 사시도이다.

[29] 도 2는 도 1의 기판을 설명하는 사시도이다.

[30] 도 3은 도 1의 기판에 제1 레이저 빔, 신호광, 제2 레이저 빔의 입사 위치를 설명하는 단면도이다.

[31] 도 4는 제2 기판에서 제2 레이저 빔에 의한 비선형 효과를 설명하는 도면이다.

[32] 도 5는 도 1의 제2 레이저 빔의 진행 방향을 따라 형성된 굴절률 변화를 설명하는 개념도이다.

[33] 도 6는 도 1의 기판에 입사하는 광을 설명하는 도면이다.

[34] 도 7은 도 1의 기판에서 출력하는 광을 설명하는 도면이다.

[35] 도 1 내지 도 7을 참조하면, 광 변조 장치(100)는 광변조부(110), 제1 레이저(120), 신호원(130), 및 제2 레이저(140)를 포함한다. 상기 광변조부는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제1 기판(112) 상에 적층된 주기적 분극 반전 패턴(113)을 포함하는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제2 기판(114)을 포함한다.

[36] 제1 레이저(120)는 상기 제1 기판(112)과 상기 제2 기판(114)의 경계선 주위에서 상기 주기적 분극 반전 패턴(113)을 가로지르는 방향으로 상기 제1 기판(112)에 입사하고, 진행 방향을 따라 상기 제1 기판(112)이 제1 레이저 빔(S1)을 흡수하여 상기 제1 레이저 빔(S1)의 경로를 따라 가열되어 주위와의 굴절률 차이를 유발하여 광도파로(115)를 형성시킨다. 상기 광도파로는 제1 방향을 따라 형성될 수 있다.

[37] 신호원(130)은 상기 광도파로(115)를 따라 진행하는 신호광(S2)을 제공한다.

[38] 제2 레이저(140)는 상기 광도파로(115)를 따라 진행하는 펄스 형태의 제2 레이저 빔(S3)을 제공한다. 상기 제2 레이저 빔(S3)은 상기 분극 반전 패턴(113)에 에바네슨트(evanecsent) 전기장을 인가하여 상기 진행 방향을 따라 주기적인 굴절률 변화를 유발하여 상기 신호광(S1)을 기본 모드에서 고차 모드로 변환한다.

[39] 상기 광변조부(110)는 제1 기판(112) 및 상기 제1 기판(112) 상에 적층된 제2 기판(114)을 포함한다. 상기 제1 기판(112)은 비선형 매질의 강유전체 결정일 수 있다. 상기 제1 기판(112)은 리튬나이오베이트(LiNbO3), LiTaO3, Zn:LiNbO3 또는 KTiOPO4 일 수 있다. 상기 제2 기판(14)은 주기적으로 분극 반전된 리튬나이오베이트(LiNbO3), LiTaO3, Zn:LiNbO3 또는 KTiOPO4 일 수 있다. 상기 제1 기판은 제1 방향 및 제2 방향에 의하여 정의되는 평면에 배치될 수 있다.

[40] 상기 제2 기판(114)은 비선형 매질의 강유전체 결정으로 분극 반전된 리튬나이오베이트(PPLN: Periodically Poled LiNbO3)일 수 있다. 상기 리튬나이오베이트(LiNbO3)는 특정 주기로 이상굴절축(extraordinary axis, ne)에 대해서 분극 반전된 리튬나이오베이트(PPLN: Periodically Poled LiNbO3)가 될 수 있다. 정상 굴절축의 방향은 제1 방향 및 제2 방향일 수 있고, 이상굴절축의 방향은 제3 방향일 수 있다.

[41] 상기 리튬나이오베이트의 분극 반전 주기(Λ)는, 상기 광도파로(115)에 전기장이 인가됨에 따라 형성되는 굴절률 분포의 주기와 관련된다. 상기 리튬나이오베이트는 1㎛ 이상 2000㎛ 이하의 분극 반전 주기(Λ)를 가질 수 있다. 상기 분극 반전 패턴(113)은 제2 방향을 따라 연장되어 띠 형태로 배치될 수 있다. 상기 제2 방향에 수직한 제1 방향을 따라 상기 분극 반전 패턴(113)은 주기적으로 배치될 수 있다. 이웃한 분극 반전 패턴은 서로 반대 방향으로 분극될 수 있다. 이에 따라, 상기 제1 기판(112)은 상기 제1 방향과 상기 제2 방향에 의하여 정의되는 평면에 배치될 수 있다. 상기 제2 기판(114)은 상기 제1 기판(112)의 배치 평면에 수직한 제3 방향으로 상기 제1 기판(112) 상에 적층되어 형성될 수 있다. 상기 제2 기판(114)의 분극 방향은 양의 제3 방향 또는 음의 제3 방향일 수 있다.

[42] 상기 광 변조부(110)의 길이는 제1 방향으로 수 센티미터일 수 있고, 상기 제1 기판(112) 및 제2 기판(114)의 두께는 각각 수 밀리미터일 수 있다.

[43] 상기 광도파로(115)는 상기 제1 기판(112)의 측면에서 입사한 상기 제1 레이저 빔(S1)에 의하여 형성된다. 상기 제1 레이저 빔(S1)은 제2 방향과 제3 방향에 의하여 정의되는 상기 제1 기판(112)의 일 측면에 입사할 수 있다. 상기 제1 레이저 빔(S1)이 입사하는 지점은 상기 제1 기판(112)과 상기 제2 기판(114)의 경계선에서 상기 제1 기판(112)으로 방향으로 약간 이동한 위치일 수 있다. 이에 따라, 상기 제1 레이저 빔(S1)은 상기 제1 기판(112)에서 제1 방향으로 광도파로를 형성할 수 있다. 상기 제1 레이저 빔(S1)의 파장은 1.064 ㎛ 일 수 있다. 상기 제1 레이저 빔(S1)의 진행 방향 또는 상기 광도파로(115)의 연장 방향은 양의 제1 방향일 수 있다.

[44] 상기 제1 레이저(120)는 Nd:YAG 레이저 일 수 있다. 상기 제1 레이저 빔(S1)은 상기 제1 기판(112)에서 흡수되어 국부적으로 온도를 상승시키고, 상기 온도 상승은 굴절률을 변화시킨다. 상기 굴절률 변화는 상기 광도파로(115)를 형성한다. 상기 제1 레이저 빔(S1)의 출력단의 직경은 입력단의 직경보다 클 수

있다. 이에 따라, 상기 광도파로(115)를 진행하는 신호광(S2)의 모드 변화를 유도할 수 있다. 상기 제1 레이저 빔(S1)은 상기 분극 반전 패턴(113)을 수직으로 가로지를 수 있다. 상기 제1 레이저 광(S1)은 상기 분극 반전 패턴(113)의 분극 방향에 수직인 제2 방향으로 선편광될 수 있다. 즉, 상기 제1 레이저 광(S1)은 제2 방향으로 선편광될 수 있다. 이에 따라, 상기 제1 레이저 광(S1)은 상기 제2 기판(114)에 의하여 영향을 받지 않을 수 있다.

[45] 신호원(130)은 신호광(S2)을 출력하고, 상기 신호광(S2)은 상기 광도파로(115)를 진행한다. 상기 신호광(S2)는 상기 광도파로 내에서 제3 방향으로 선편광될 수 있다. 상기 신호광(S2)의 파장은 상기 분극 반전 패턴(113)의 공간 주기(Λ)에 의존할 수 있다. 구체적으로, 상기 신호광의 파장(λ2)는 변조되기 전의 제1 유효 전파 상수(effective propagation constant; β21)와 변조 후의 제2 유효 전파 상수(β22)의 함수로 표시될 수 있다.

[46] 수학식 1

$$\beta_{21}-\beta_{22}=\frac{2\pi}{\Lambda}$$

[47] 상기 신호광(S2)의 주파수는 가시광 영역 또는 적외선 영역일 수 있다.

[48] 제2 레이저(130)는 상기 광도파로(115)를 따라 진행하는 펄스 형태의 제2 레이저 빔(S3)을 제공한다. 상기 제2 레이저 빔(S3)은 펨토 초 정도의 짧은 펄스 폭을 가진다. 이에 따라, 상기 제2 레이저 빔(S3)이 상기 제1 기판(112)에서 진행하는 경우, 상기 제2 레이저 빔이 존재하는 유효 거리(L)는 펄스 폭(DT)과 빛의 속도(c)의 곱으로 표시될 수 있다. 따라서, 유효 거리(L)는 대략 수 밀리미터 이하일 수 있다. 즉, 정지된 시간에서, 상기 제2 레이빔(S3)이 상기 제1 기판의 일부분에만 존재할 수 있으며, 상기 제2 레이저 빔(S3)은 상기 제1 기판(112)에 비선형 효과를 유발하여, DC 전기장(E_DC)를 생성할 수 있다. 상기 DC 전기장은 상기 제1 기판에 인가되는 외부 전기장(E)와 분극(P)의 관계에 의하여 형성될 수 있다.

[49] 상기 DC 전기장(E_DC)은 상기 제2 기판(114)에 에바네슨트 전기장으로 작용하여, 상기 제2 기판(114)의 상기 분극 반전 패턴(115)은 주기적인 굴절률 변화를 유발하여 격자 구조를 형성할 수 있다.

[50] 상기 제2 레이저 빔(S3)은 간접적으로 상기 분극 반전 패턴(115)에 에바네슨트(evanecsent) 전기장을 인가하여 상기 진행 방향을 따라 주기적인 굴절률 변화를 유발하여 격자 구조를 제공한다. 상기 격자 구조는 상기 신호광(S2)의 기본 모드를 고차 모드로 변환한다. 구체적으로, 상기 기본 모드는 LP01 모드일 수 있고, 고차 모드는 LP1x 모드(x=1, 2, 3, 4...)일 수 있다. 상기 제2 레이저 빔(S3)의 펄스 폭은 펨토 초(femto second)일 수 있다. 상기 제2 레이저(140)는 780 nm의 파장을 가진 Ti-사파이어 레이저일 수 있다.

[51] 상기 제2 레이저 빔(S3)은 제3 방향으로 선편광될 수 있다. 이에 따라, 상기 제2 레이저 빔(S3)의 전기장(Ez)은 제3 방향 성분을 가진다. 상기 제2 레이저 빔(S3)은

진행파이다. 상기 제2 레이저 빔(S3)의 진행속도로 이동하는 좌표계에서 보면, 상기 전기장(Ez)은 진행 방향을 따라 일정하다. 따라서, 비선형 매질의 효과에 의하여, 다음과 같은 굴절률 변화가 발생할 수 있다.

[52] 수학식 2

$$\Delta n_z = \frac{1}{2} n_e^3 r_{33} E_z$$

[53] 여기서, Δn_z는 굴절률의 변화이고, ne는 이상굴절축(extraordinary)에 대한 굴절률이고, r33은 전광계수(electro-optical coefficient)이다. 예를 들어, 양의 제3 방향으로 분극된 PPLN은 양의 굴절률 변화를 야기하고, 음의 제3 방향으로 분극된 PPLN은 음의 굴절률 변화를 야기할 수 있다. 이에 따라, 굴절률 변화는 주기적으로 진행 방향 또는 제3 방향을 따라 형성된다. 이러한 격자 구조는 광도파로를 진행하는 전자기파의 모드 변환을 유발한다. 따라서 효율적인 모드 변환을 위하여, 변조되기 전의 제1 유효 전파 상수는 수학식 1의 조건을 만족하여야 한다.

[54] 한편, 상기 제1 레이저 빔(S1)의 위치가 상기 제1 기판(112)과 제2 기판(114)의 경계면에 너무 가까우면, 상기 제1 레이저 빔(S1)에 의하여 형성된 광도파로의 형태는 왜곡될 수 있다. 구체적으로, 상기 제1 레이저 빔(S1)의 직경이 작아지면, 상기 광도파로(115)의 직경이 감소하여, 상기 광도파로(115)는 단일모드 도파로가 될 수 있다. 그러나, 상기 단일모드 도파로는 신호광(S2)의 모드 변환을 유발할 수 없다. 따라서, 상기 광도파로(115)의 직경이 이중 모드 도파로가 되도록, 상기 제1 레이저 빔(S1)의 직경 및 위치가 결정될 필요가 있다. 이에 따라, 상기 제1 레이저 빔(S1)은 상기 제1 기판(112)과 상기 제2 기판(112)의 경계면에 가까운 상기 제1 기판(112)에 입사할 수 있다.

[55] 상기 제1 기판(112)의 앞에는 렌즈부(153)가 배치되어, 상기 제1 기판(112)에 입사하는 제1 레이저 빔(S1)의 크기 또는 위치를 조절할 수 있다.

[56] 제1 레이저 빔(S1)의 형태는 가우시안(Gaussian) 형태이고, 상기 제1 레이저 빔(S1)의 반경은 수 내지 수십 마이크로 미터일 수 있다. 또한, 상기 신호광(S2)의 빔 반경은 수 내지 수십 마이크로 미터일 수 있다. 또한, 상기 제2 레이저 빔(S3)의 빔 반경은 수 내지 수십 마이크로 미터일 수 있다. 상기 제2 레이저 빔(S3)은 펨토 초의 펄스 폭을 가지고, 펨트 초 이상의 주기를 가지고 광변조를 수행할 수 있다. 이에 따라, 매우 빠른 광변조가 가능하다.

[57] 상기 제1 레이저 빔(S1)은 제2 방향으로 선편광되고, 상기 신호광(S2)은 제3 방향으로 선편광되고, 상기 제2 레이저 빔(S3)은 제3 방향으로 선편광될 수 있다.

[58] 상기 제1 레이저(120)는 상기 제1 레이저 빔(S1)을 제1 편광 빔 스플리터 (polarization beam splitter; 150)를 통하여 상기 광변조부(110)에 제공한다. 상기 제1 레이저(120), 상기 제1 편광 빔 스플릿터(150), 및 상기 광변조부(110)는 제1 방향을 따라 연속적으로 배치된다.

[59] 상기 제2 레이저(140)는 제3 방향으로 선편광되고 음의 제2 방향으로 진행하는

제2 레이저 빔(S3)을 생성하여 상기 제1 편광 빔 스플릿터(150)에 제공한다. 상기 제1 편광 빔 스플릿터(150)는 제공받은 제2 레이저 빔(S3)의 진행 방향을 90도 방향 전환하여 제1 방향으로 제공한다.

[60] 상기 신호원(130)은 제3 방향으로 편광되고 음의 제2 방향으로 진행하는 신호광(S2)을 생성하여 상기 제1 편광 빔 스플릿터(150)에 제공한다. 상기 제1 편광 빔 스플릿터(150)는 제공받은 상기 신호광(S2)의 진행 방향을 90도 방향 전환하여 제1 방향으로 제공한다.

[61] 상기 광변조부(110)를 통과한 상기 제1 레이저 빔(S1)은 제2 편광 빔 스플릿터(160)를 통하여 제1 방향으로 계속 진행할 수 있다.

[62] 한편, 상기 광변조부(110)를 통과한 상기 제2 레이저 빔(SS3)은 상기 제2 편광 빔 스플릿터(160)를 통하여 90 방향 전환하여, 음의 제2 방향으로 진행할 수 있다. 또한, 상기 광변조부(110)를 통과한 상기 신호광(SS2)의 기본 모드 또는 고차 모드는 상기 제2 편광 빔 스플릿터(160)를 통하여 90 방향 전환하여, 음의 제2 방향으로 진행할 수 있다.

[63] 파장 필터(170)는 상기 제2 편광 빔 스플릿터(160)를 통과하여 음의 제2 방향으로 진행하는 제2 레이저 빔(SS3) 및 상기 신호광(SS2)을 제공받아 선택적으로 신호광(SS2)을 출력한다.

[64] 상기 파장 필터(170)를 통과한 상기 신호광(SS3)은 모드 선택 결합기(180)에 제공된다. 상기 모드 선택 결합기(180)는 고차 모드와 기본 모드를 분리할 수 있다.

[65] 결국, 상기 신호광(S2)은 제2 레이저 빔(S3)으로 변조되고, 상기 신호광은 기본 모드에서 고차 모드로 변조되어 출력될 수 있다. 상기 신호광의 변조는 상기 제2 레이저 빔의 펄스 폭 및 주기에 의존한다. 상기 제2 레이저 빔(S3)의 펄스폭은 테라헤르츠 영역으로 매우 짧다. 따라서, 종래의 전기적 방법으로 구현할 수 없는 고속의 변조가 가능하다.

[66] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 실시할 수 있는 다양한 형태의 실시예들을 모두 포함한다.

[67]

청구범위

[청구항 1] 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제1 기판 및 상기 제1 기판 상에 적층되고 주기적 분극 반전 패턴을 포함하는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제2 기판을 포함하는 광변조부;
상기 제1 기판과 상기 제2 기판의 경계면 주위에서 상기 주기적 분극 반전 패턴을 가로지르는 방향으로 상기 제1 기판에 입사하여 진행 방향을 따라 상기 제1 기판이 제1 레이저 빔을 흡수하여 상기 제1 레이저 빔의 경로를 따라 가열되어 주위와의 굴절률 차이를 유발하여 제1 방향으로 광도파로를 형성시키는 제1 레이저;
상기 광도파로를 따라 진행하는 신호광을 제공하는 신호원; 및
상기 광도파로를 따라 진행하는 펄스 형태의 제2 레이저 빔을 제공하는 제2 레이저를 포함하고,
상기 제2 레이저 빔은 상기 분극 반전 패턴에 DC 전기장을 인가하여 상기 광도파로를 따라 주기적인 굴절률 차이를 유발하고 상기 신호광을 기본 모드에서 고차 모드로 변조하는 것을 특징으로 하는 광-광 변조 장치.

[청구항 2] 제1 항에 있어서,
상기 제1 레이저 빔은 상기 제1 방향에 수직하고 상기 제1 기판과 상기 제2 기판의 경계면에 있는 제2 방향으로 선편광되고, 상기 제2 레이저 빔 및 상기 신호광은 상기 제1 방향 및 상기 제2 방향에 수직한 제3 방향으로 선편광되고,
상기 제1 레이저 빔을 제공받아 상기 제1 기판의 일 측면에 제공하고, 상기 제2 레이저 빔 및 상기 신호광을 제공받아 90도 진행 방향을 꺾어 상기 제1 기판의 일 측면에 제공하는 제1 편광 빔 스플릿터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광-광 변조 장치.

[청구항 3] 제2 항에 있어서,
상기 제1 기판의 타 측면을 통과한 상기 제1 레이저 빔을 제공받아 그 진행 방향으로 출력하고,
상기 제1 기판의 타 측면을 통과한 상기 제2 레이저 빔 및 상기 신호광을 제공받아 진행 방향을 90도 꺾어 출력하는 제2 편광 빔 스플릿터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광-광 변조 장치.

[청구항 4] 제4 항에 있어서,
상기 제2 편광 빔 스플릿터의 뒤에 배치되어 상기 제2 레이저 빔 및 상기 신호광을 제공받아 상기 신호광을 선택적으로 출력하는 파장 필터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광-광 변조 장치.

[청구항 5] 제4 항에 있어서,
상기 파장 필터의 뒤에 배치되어 상기 신호광을 제공받아 기본

모드와 고차 모드를 분리하는 모드 선택 결합기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광-광 변조 장치.

[청구항 6] 제1 항에 있어서,
상기 제1 기판 및 제2 기판은 LiNbO3, LiTaO3, Zn:LiNbO3 및 KTiOPO4 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 광-광 변조 장치.

[청구항 7] 제1 항에 있어서,
상기 주기적 분극 반전 패턴의 주기(Λ)와 상기 신호광의 변조 전 유효 전파 상수(β21)와 변조 후 유효 전파 상수(β22)는

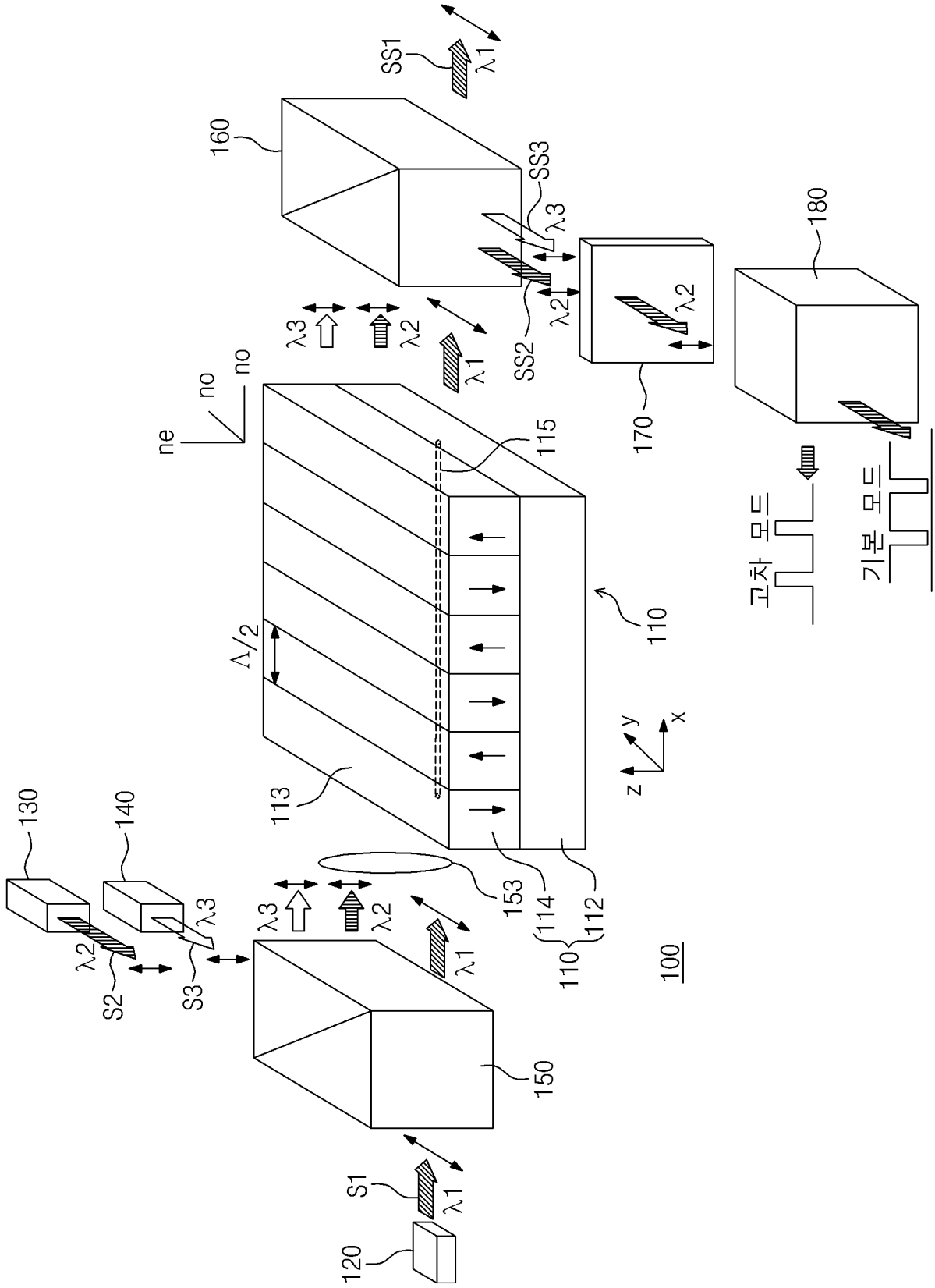
$$\beta_{21}-\beta_{22}=\frac{2\pi}{\Lambda}$$

관계식을 만족하는 것을 특징으로 하는 광-광 변조 장치.

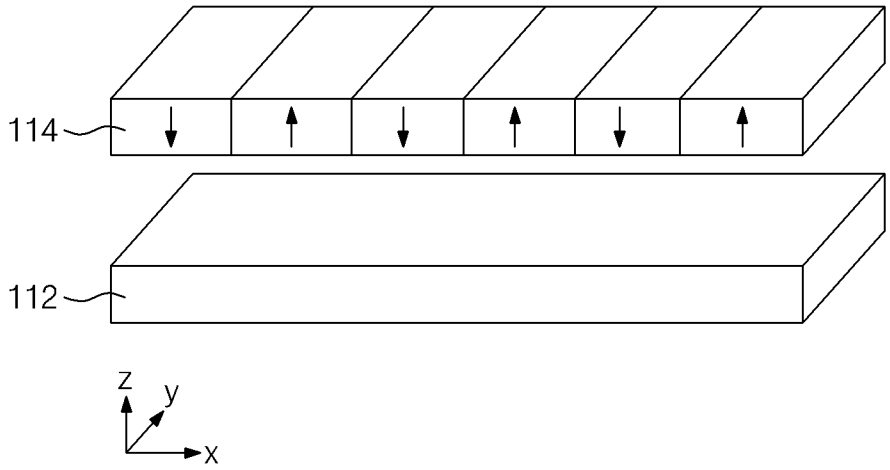
[청구항 8] 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제1 기판과 주기적 분극 반전 패턴을 포함하는 비선형 매질의 강유전체 결정으로 형성된 제2 기판을 결합하는 단계;
상기 제1 기판과 상기 제2 기판의 경계선 주위에서 상기 제1 기판에 분극 반전 패턴을 수직으로 가로지르는 진행 방향을 따라 제1 레이저 빔을 제공하여 상기 제1 레이저 빔의 경로를 따라 가열되어 주위와의 굴절률 차이를 유발하여 광도파로를 형성시키는 단계;
상기 광도파로를 따라 진행하는 신호광을 제공하는 단계; 및
상기 광도파로를 따라 진행하는 펄스 형태의 제2 레이저 빔을 제공하여 모드 변환시키는 단계를 포함하는 것을 특징으하는 광-광 변조 방법.

[청구항 9] 제8 항에 있어서,
상기 제2 기판은 상기 제2 기판의 배치 평면에 수직인 방향으로 분극 반전되고,
상기 제2 레이저 빔은 상기 분극 반전 패턴에 에베네슨트 전기장을 인가하여 상기 진행 방향을 따라 굴절률 변화를 주기적으로 유발하여 상기 신호광을 기본 모드에서 고차 모드로 변조하는 것을 특징으로 하는 광-광 변조 방법.

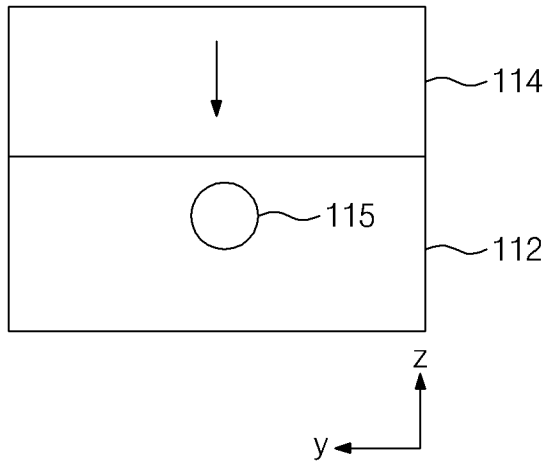
[Fig. 1]


SS1
λ1
160
SS3
λ3
λ2
SS2
λ2
180
λ3
λ2
λ1
no
no
ne
115
170
고차 모드
기본 모드
Λ/2
110
y
x
z
130
140
113
λ2
λ3
λ3
λ2
λ1
153
114
112
110
100
S2
S3
150
S1
λ1
120

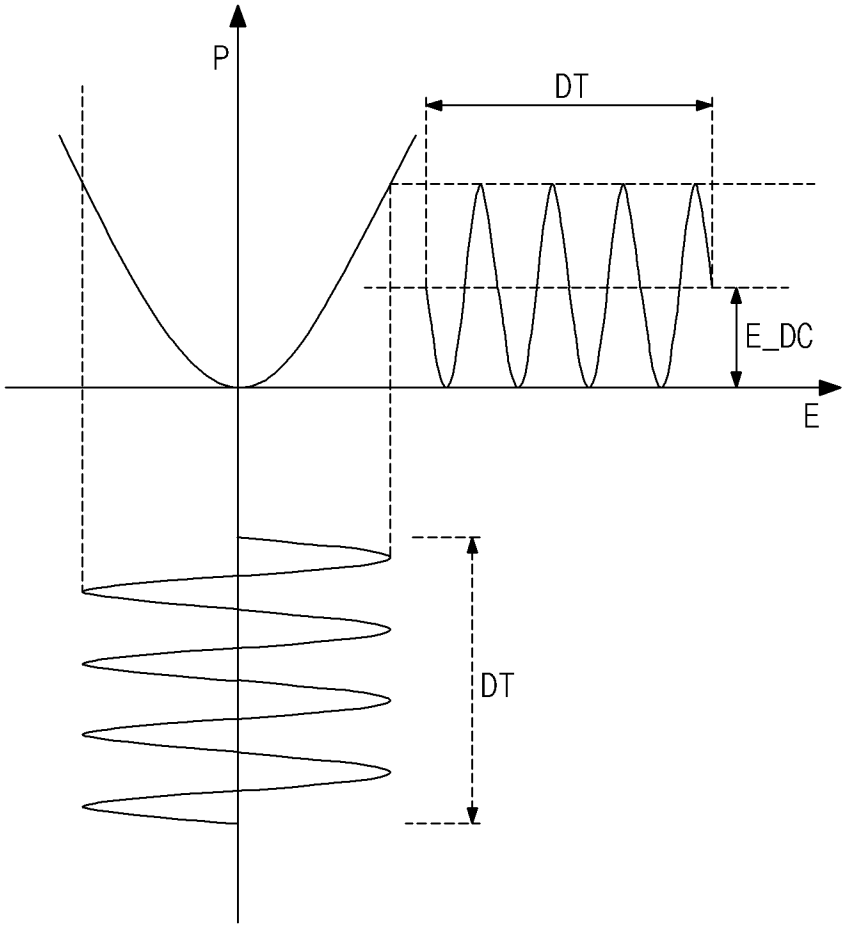
[Fig. 2]



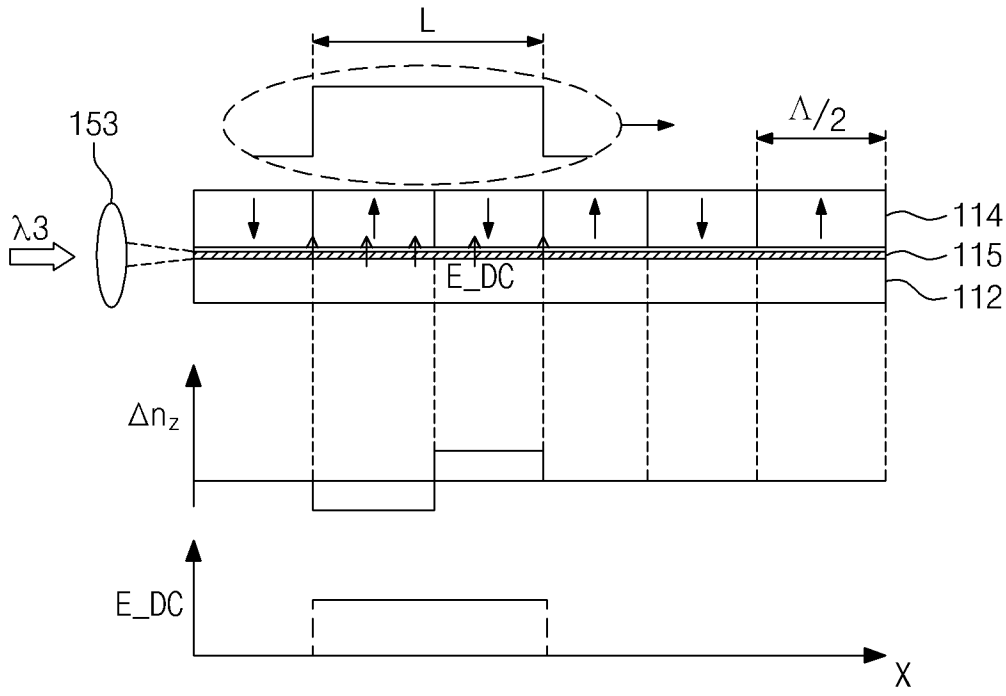
[Fig. 3]



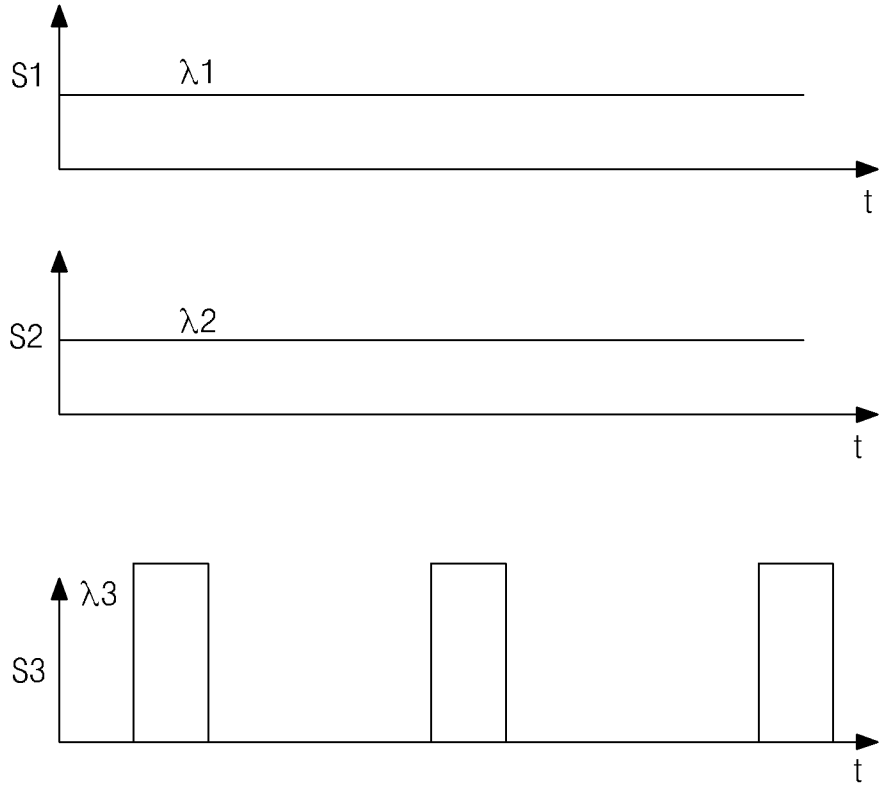
[Fig. 4]



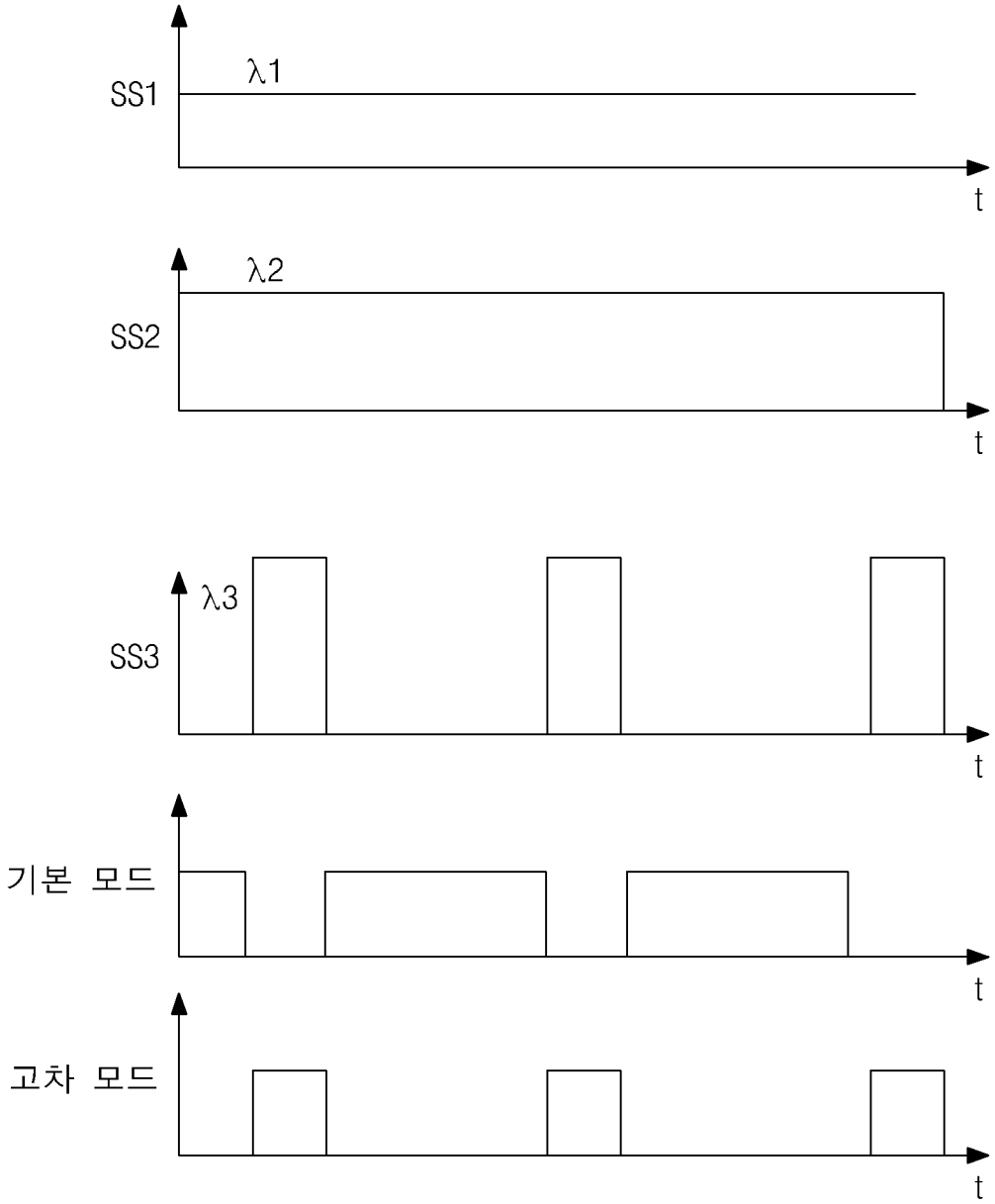
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2013/005865

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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 6/12; G02F 1/37; G02F 1/03; G02F 1/39; A61B 18/20; G02B 6/13; G02F 1/377; H01S 3/06

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: polarization, modulation, laser beam, module

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-147584 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 26 May 2000 See abstract, paragraphs [0171, 0201, 0206 and 0207], figures 12, 17	1-9
A	JP 2007-003819 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>) 11 January 2007 See abstract, paragraphs [0003, 0027], figure 2	1-9
A	JP 2011-203376 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>) 13 October 2011 See abstract, paragraph [0065], figure 10	1-9
A	JP 2002-031827 A (TOHOKU TECHNO ARCH CO LTD) 31 January 2002 See abstract, paragraph [0002] figures 1-6	1-9

☐ 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
02 SEPTEMBER 2013 (02.09.2013)	**04 SEPTEMBER 2013 (04.09.2013)**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Telephone No.

International application No.
PCT/KR2013/005865

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2000-147584 A	26/05/2000	EP 0699934 A2	06/03/1996
		EP 0699934 B1	15/10/2003
		EP 1355186 A2	22/10/2003
		EP 1355186 A3	29/10/2003
		JP 03-059080B2	04/07/2000
		JP 03-332363B2	07/10/2002
		JP 03-398144B2	21/04/2003
		JP 03-429502B2	22/07/2003
		JP 04-081398B2	23/04/2008
		JP 08-220578A	30/08/1996
		JP 2002-099009A	05/04/2002
		JP 2002-250950A	06/09/2002
		JP 2003-295242A	15/10/2003
		US 05652674 A	29/07/1997
JP 2007-003819 A	11/01/2007	JP 4418779 B2	24/02/2010
JP 2011-203376 A	13/10/2011	NONE	
JP 2002-031827 A	31/01/2002	NONE	

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2013/005865

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G02B 6/12(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G02B 6/12; G02F 1/37; G02F 1/03; G02F 1/39; A61B 18/20; G02B 6/13; G02F 1/377; H01S 3/06

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: 분극 , 변조 ,레이저 빔, 모듈

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2000-147584 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 2000.05.26 요약, 단락[0171,0201,0206,0207], 도면12,17 참고	1-9
A	JP 2007-003819 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>) 2007.01.11 요약, 단락[0003,0027], 도면2 참고	1-9
A	JP 2011-203376 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>) 2011.10.13 요약, 단락[0065], 도면10 참고	1-9
A	JP 2002-031827 A (TOHOKU TECHNO ARCH CO LTD) 2002.01.31 요약, 단락[0002] 도면1-6 참고	1-9

☐ 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
2013년 09월 02일 (02.09.2013)	2013년 09월 04일 (04.09.2013)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관
민경신
전화번호 +82-42-481-5417

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2013/005865

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2000-147584 A	2000/05/26	EP 0699934 A2	1996/03/06
		EP 0699934 B1	2003/10/15
		EP 1355186 A2	2003/10/22
		EP 1355186 A3	2003/10/29
		JP 03-059080B2	2000/07/04
		JP 03-332363B2	2002/10/07
		JP 03-398144B2	2003/04/21
		JP 03-429502B2	2003/07/22
		JP 04-081398B2	2008/04/23
		JP 08-220578A	1996/08/30
		JP 2002-099009A	2002/04/05
		JP 2002-250950A	2002/09/06
		JP 2003-295242A	2003/10/15
		US 05652674 A	1997/07/29
JP 2007-003819 A	2007/01/11	JP 4418779 B2	2010/02/24
JP 2011-203376 A	2011/10/13	없음	
JP 2002-031827 A	2002/01/31	없음	