



- (51) **국제특허분류:**
H01S 3/10 (2006.01) *H01S 3/13* (2006.01)

(21) **국제출원번호:** PCT/KR2013/008661

(22) **국제출원일:** 2013년 9월 27일 (27.09.2013)

(25) **출원언어:** 한국어

(26) **공개언어:** 한국어

(30) **우선권경보:**
 10-2012-0110099 2012년 10월 4일 (04.10.2012) KR

(71) **출원인:** 한국표준과학연구원 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) [KR/KR]; 305-340 대전시 유성구 가정로 267, Daejeon (KR).

(72) **발명자:** 홍기석 (HONG, Kee-Suk); 305-340 대전시 유성구 가정로 267 한국표준과학연구원 203-206, Daejeon (KR). 이동훈 (LEE, Dong-Hoon); 305-720 대전시 유성구 신성동 대림두레아파트 102-1301, Daejeon (KR). 박성중 (PARK, Seongchong); 305-721 대전시 유성구 도동동 431-6 현대아파트 102-404, Daejeon (KR). 박승남 (PARK, Seung-Nam); 305-308 대전시 유성구 장대동 푸르지오아파트 106-504, Daejeon (KR). 김승관 (KIM, Seung-Kwan); 305-761 대전시 유성구 전민동 엑스포아파트 505-601, 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, 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, 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).

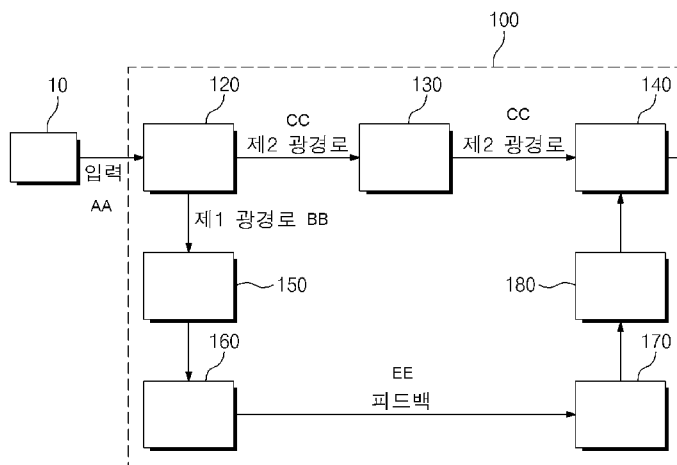
공개:
 — 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

- (54) Title:** APPARATUS FOR STABILIZING PULSE LASER OUTPUT AND METHOD FOR SAME

- (54) 발명의 명칭 : 펄스 레이저 출력 안정화 장치 및 그 방법



AA ... Input
BB ... First optical path
CC ... Second optical path
DD ... Output
EE ... Feedback

(57) Abstract: The present invention relates to an apparatus for stabilizing pulse laser output and to a method for same. The apparatus for stabilizing pulse laser output includes: a directional coupler that receives output light from a pulse laser and decouples the output light into first and second optical paths; an optical detector that receives the light decoupled into the first optical path in order to output a current according to optical intensity; a current-to-voltage converter that converts the output current from the optical detector into a voltage and outputs the voltage; a function generator that provides an output having a predetermined frequency and proportional to an output signal from the current-to-voltage converter; a time delay unit that is disposed on the second optical path and provides a predetermined time delay for feedback control; and an acousto-optic variable modulator that receives an output signal from the function generator and an optical signal output from the time delay unit as an input, modulates the optical signal from the time delay unit according to the magnitude of the output signal from the function generator, and outputs the modulated result.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



본 발명은 펄스 레이저 출력 안정화 장치 및 그 방법을 제공한다. 이 펄스 레이저 출력 안정화 장치는 펄스 레이저의 출력 광을 제공받아 출력광을 제 1 광 경로와 제 2 광 경로로 분기하는 방향성 결합기, 제 1 광 경로로 분기된 광을 제공받아 광 강도에 따른 전류를 출력하는 광 검출기, 광 검출기의 출력 전류를 전압으로 변환하여 출력하는 전류-전압 변환기, 소정의 주파수를 가지고 상기 전류-전압 변환기의 출력 신호에 비례하는 출력을 제공하는 함수 발생기, 제 2 광 경로에 배치되어 되먹임 제어를 위한 소정의 시간 지연을 제공하는 시간 지연부, 및 함수 발생기의 출력신호 및 시간 지연부에서 제공되는 광 신호를 입력으로 제공받아 함수 발생기의 상기 출력신호의 크기에 따라 상기 시간 지연부에서 제공되는 광 신호를 변조하여 출력하는 음향 광학 가변 변조기를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 펄스 레이저 출력 안정화 장치 및 그 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 펄스 레이저 출력 안정화 장치에 관한 것으로, 더 구체적으로 실시간 되먹임 제어와 음향 광학 가변 변조기를 사용하는 펄스 레이저 출력 안정화 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 2000년대 이후 광원 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 레이저 이외에도 LED, SOA 등 여러 다른 소자들의 개발 또한 활발해지고 있으며, 산업체에서도 조명용, 시험용 그리고 피부 치료 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 레이저 분야 또한 비선형 결정(nonlinear crystal)을 사용하여 기존의 200 nm 내지 400 nm 정도의 좁은 밴드에서 벗어나 250 nm 내지 2500 nm의 광대역 광원 소자 개발이 많이 진행되어 가는 상태이다. 이러한 광대역의 광원은 광통신, 광측정 그리고 바이오 이미징 분야에서 기존에 쓰이던 파장이 아닌 새로운 파장을 이용함으로써 그 활용 범위를 더욱 넓히고 있다.
- [3] 하지만, 광대역 레이저의 경우 시간의 따른 출력 변화가 매우 크다. 기존의 산업체에서 사용되는 레이저의 경우 Continuous Wave(CW) 타입의 레이저이기 때문에 시간에 따라서 출력의 변화가 5 퍼센트 이하로 변화되는 상당히 안정된 레이저이다. 하지만 광대역 레이저의 경우 펄스(Pulse) 형 레이저이고 비선형 결정을 사용하기 때문에 시간에 따른 출력의 변화가 매우 크다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 본 발명의 광대역 펄스 레이저의 출력을 안정화시키는 펄스 레이저 출력 안정화 장치를 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [5] 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저 출력 안정화 장치는 펄스 레이저의 출력 광을 제공받아 상기 출력광을 제1 광 경로와 제2 광 경로로 분기하는 방향성 결합기; 제1 광 경로로 분기된 광을 제공받아 광 강도에 따른 전류를 출력하는 광 검출기; 상기 광 검출기의 출력 전류를 전압으로 변환하여 출력하는 전류-전압 변환기; 소정의 주파수를 가지고 상기 전류-전압 변환기의 출력 신호에 비례하는 출력을 제공하는 함수 발생기; 제2 광 경로에 배치되어 되먹임 제어를 위한 소정의 시간 지연을 제공하는 시간 지연부; 및 상기 함수 발생기의 출력 신호 및 상기 시간 지연부에서 제공되는 광 신호를 입력으로 제공받아 상기 함수 발생기의 상기 출력 신호의 크기에 따라 상기 시간 지연부에서 제공되는 상기 광 신호를 변조하여 출력하는 음향 광학 가변 변조기를 포함한다.
- [6] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 전류-전압 변환기와 상기 주파수 발생기

사이에 배치되어, 상기 전류-전압 변환기의 출력 신호를 증폭하여 상기 주파수 발생기의 입력 신호로 제공하는 증폭기를 더 포함할 수 있다.

- [7] 상기 음향 광학 가변 변조기는 중심에 제1 관통홀을 포함하고 음파를 발생시키는 원판 형상의 압전변환기; 중심에 제2 관통홀을 포함하고 원뿔 형상의 유전체 원뿔; 상기 제1 관통홀 및 상기 제2 관통홀에 삽입되어 배치되는 광학 파이버; 및 상기 유전체 원뿔에서 소정의 거리 이격되어 상기 광학 파이버에 결합하는 음향 진동 감쇄기를 포함할 수 있다.
- [8] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 펄스 레이저의 파장은 가변될 수 있다.
- [9] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 시간 지연부의 지연 시간은 50 μsec 내지 70 μsec 일 수 있다.
- [10] 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저 출력 안정화 방법은 펄스 레이저의 출력 광을 제공받아 광을 2 개의 광 경로로 분기하는 단계; 제1 광 경로로 분기된 광을 제공받아 광 강도에 따른 제1 전류를 출력하는 단계; 상기 제1 전류를 제1 전압으로 변환하는 단계; 소정의 주파수를 가지고 상기 제1 전압에 비례하는 제2 전압을 출력을 제공하는 단계; 상기 제2 광 경로에서 소정의 시간 지연을 제공하는 단계; 및 상기 제2 전압을 제공받아 상기 제2 전압의 크기에 따라 시간 지연된 제2 경로의 광 신호를 음향 광학 변조하여 출력하는 단계를 포함할 수 있다.
- [11] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 전압을 증폭하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [12] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 펄스 레이저의 파장은 가변될 수 있다.
- [13] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 지연 시간은 50 μsec 내지 70 μsec 인 일 수 있다.

발명의 효과

- [14] 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저 출력 안정화 장치는 음향 광학 가변 변조기를 사용하고 실시간 되먹임 제어를 통하여 안정화된 출력 특성을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [15] 도 1은 광섬유 음향 광학 가변 변조기를 설명하는 도면이다.
- [16] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저 출력 안정화 장치를 설명하는 블록도이다.
- [17] 도 3a는 음향 광학 파장 가변 변조기 (Acousto-Optic Tunable Modulator : AOTM)의 투과율 제어 특성을 측정하기 위한 실험 구성도이다.
- [18] 도 3b 및 도 3c는 주파수에 따른 AOTM의 변조 성능을 나타내는 도면들이다.
- [19] 도 4a 및 도 4b는 전압에 따른 AOTM의 변조 성능을 나타내는 도면들이다.
- [20] 도 5a 및 도 5b는 전압에 따른 AOTM의 작동 지연 시간을 나타내는 도면들이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [21] 광대역 레이저의 필요성에 의해 광 파라메트릭 발진기(Optical Parametric Oscillator; OPO), 초연속광원(Super Continuum Source; SC) 등 250 nm 내지 2500 nm 에서 작동되는 레이저가 개발되었다. 하지만 이들 레이저는 펄스형 그리고 비선형(nonlinear) 특성 때문에 연속형 (Continuous Wave; CW) 레이저에 비해 출력 자체가 매우 불안정하다. 따라서 광대역 레이저의 실시간 출력 안정화 장치가 요구된다.
- [22] 본 발명은 250nm 내지 2500 nm의 넓은 파장 영역에서 작동 가능하고 펄스 레이저 출력을 실시간으로 안정화시킬 수 있는 장치를 제공한다.
- [23] 본 발명의 펄스 레이저 출력 안정화 장치에 필수 부품인 음향 광학 파장 가변 변조기의 동작 원리를 우선 설명한다.
- [24] 도 1은 광섬유 음향 광학 가변 변조기를 설명하는 도면이다.
- [25] 도 1을 참조하면, 광섬유 음향 광학 가변 변조기(Optical Fiber Acousto-optic tunable modulator; AOTM, 140)는 광섬유(144), 음파를 인가해주는 음파 발생부(acoustic generation part, 142), 및 발생된 음파로 인해 미세 구부림이 유도되었을 때 음향 에너지를 흡수해주는 음파 제동기(acoustic damper, 145)를 포함한다.
- [26] 상기 음파 발생부(142)는 음파를 발생시키는 원판 모양의 압전변환기(piezoelectric transducer, 142a), 및 유전체 원뿔(142b)를 포함할 수 있다. 상기 압전변환기는 shear mode PZT(lead zirconate titanate)일 수 있다. 상기 압전변환기(142a)와 상기 유전체 원뿔(142b)은 서로 접착되어 있다. 상기 압전변환기(142a)은 중심에 제1 관통홀을 포함하고, 상기 유전체 원뿔(142b)의 중심축에는 제2 관통홀을 포함한다. 상기 광섬유(144)는 상기 제1 관통홀 및 상기 제2 관통홀에 삽입된다.
- [27] 레이저에서 조사된 가우시안 형상의 LP01 모드의 광은 상기 광섬유(144)를 따라 진행할 수 있다. 이 경우, 함수 발생기(Function generator, 180)는 소정의 진동 주파수의 사인형 전압 신호를 상기 압전변환기(142a)에 인가하면, 상기 압전변환기(142a)는 상기 진동 주파수에 맞추어 아래 위 방향으로 음파를 발생시킬 수 있다. 이에 따라, 상기 압전변환기(142a)에 접착되어 있는 상기 유전체 원뿔(142b)은 그 꼭지점으로 음향 에너지를 집중시킨다. 따라서, 상기 음향 에너지는 상기 광섬유(144)에 주기적인 구부림을 만들어 낸다. 주기적인 구부림의 주기가 위상 매칭 조건(phase matching condition)을 충족하면, LP01 모드가 LP1m 모드로 최대로 모드 변환될 수 있다. 상기 위상 매칭 조건은 상기 음파의 파장(Acoustic wavenegth: Λ)이 LP01 모드와 LP1m 모드의 유효 굴절률과 서로 같아지는 경우이다. 즉,
- [28] $\beta_{01} - \beta_{11} = 2\pi/\Lambda$
- [29] 여기서, β_{01} 은 LP01 모드의 전파 상수(propagation constant)이고, β_{11} 은 LP11 모드의 전파 상수(propagation constant)이다.
- [30] 상기 광섬유(144)를 따라 상기 유전체 원뿔(142b)과 충분히 이격되어 상기 음파

- 제동기 (acoustic damper, 145)가 배치된다. 상기 음파 제동기(145)는 상기 광섬유(144)를 따라 진행하기는 상기 음향 에너지를 흡수할 수 있다.
- [31] 또한, 변환된 LP1m 모드는 고차 모드 제거기인 모드 스트리퍼(mode stripper, 미도시)를 통해 제거될 수 있다. 따라서, 레이저에서 상기 AOTM(140)에 제공된 LP01 모드의 투과율은 조절될 수 있다. 즉, 상기 AOTM(140)은 세기 변조를 수행할 수 있다.
- [32] 상기 AOTM(140)은 상기 함수 발생기(180)에 제공되는 주기적인 구부림을 조절할 수 있는 주파수(Frequency; f)와 구부림의 진폭을 조절하는 전압(Voltage; V)에 의해 입력단의 투과율을 변조시킬 수 있다.
- [33] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 레이저 출력 안정화 장치를 설명하는 블록도이다.
- [34] 도 2를 참조하면, 펄스 레이저 출력 안정화 장치는 펄스 레이저(10)의 출력 광을 제공받아 상기 출력광을 제1 광 경로와 제2 광 경로로 분기하는 방향성 결합기(120), 상기 제1 광 경로로 분기된 광을 제공받아 광 강도에 따른 전류를 출력하는 광 검출기(150), 상기 광 검출기(150)의 출력 전류를 전압으로 변환하여 출력하는 전류-전압 변환기(160), 소정의 주파수를 가지고 상기 전류-전압 변환기(160)의 출력 신호에 비례하는 출력을 제공하는 함수 발생기(180), 상기 제2 광 경로에 배치되어 되먹임 제어를 위한 소정의 시간 지연을 제공하는 시간 지연부(130), 및 상기 함수 발생기(180)의 출력신호 및 상기 시간 지연부(130)에서 제공되는 광 신호를 입력으로 제공받아 상기 함수 발생기(180)의 상기 출력신호의 크기에 따라 상기 시간 지연부(130)에서 제공되는 상기 광 신호를 변조하여 출력하는 음향 광학 가변 변조기(140)를 포함한다.
- [35] 실시간으로 피드백이 가능한 레이저 출력 안정화 장치는 광학 모듈(Optics module)과 전기 모듈(Electronics module)로 구분될 수 있다. 상기 전기 모듈은 안정화된 펄스를 만들어 주도록 되먹임(feedback) 기능을 수행한다.
- [36] 상기 펄스 레이저(10)가 펄스 광을 출력하고, 상기 펄스 광의 세기는 시간에 따라 불안정하다. 상기 펄스 레이저(10)은 광 파라메트릭 발진기(OPO) 또는 초연속광원(SC)일 수 있다. 상기 펄스 레이저의 파장은 가변 가능하며, 250 nm 내지 2500 nm 의 범위 내에서 전 영역 또는 일부 영역에서 파장은 가변될 수 있다.
- [37] 상기 펄스 광은 상기 방향성 결합기(120)에 제공된다. 상기 방향성 결합기(120)은 광 경로를 제1 광 경로와 제2 광 경로로 나뉜다. 구체적으로, 상기 펄스 레이저(10)의 출력광은 광섬유 방향성 결합기를 통하여 2개의 광 경로로 분기될 수 있다.
- [38] 상기 제1 광 경로를 진행하는 제1 광은 상기 AOTM(140)에 제어신호를 제공하기 위하여 상기 광 검출기(150)에 제공된다. 상기 제2 광 경로를 진행하는 제2 광은 상기 AOTM(140)에 변조된다. 한편, 상기 AOTM(140)에 제공되는 제2

광을 변조시키기 위한 시간 지연을 보상하기 위하여, 상기 AOTM(140)과 상기 방향성 결합기(120) 사이에 시간 지연부(130)가 배치된다. 상기 시간 지연부(130)는 광섬유일 수 있다. 상기 시간 지연부(130)가 제공하는 시간 지연은 수 μsec 내지 수십 μsec 일 수 있다.

- [39] 상기 제1 광은 상기 광 검출기(150)에 제공된다. 상기 광 검출기(150)는 온도 조절이 가능한 포토다이오드(Photodiode)일 수 있다. 상기 광 광출기(150)는 상기 제1 광의 강도를 전류로 변환할 수 있다. 상기 광 검출기(150)의 출력 신호는 상기 전류-전압 변환기(160)를 통하여 전압 신호로 변환될 수 있다.
- [40] 상기 전류-전압 변환기(160)의 출력신호는 그 크기 작기 때문에 증폭기(170)에 제공될 수 있다. 상기 증폭기(170)는 입력 전압 신호를 증폭하여 출력할 수 있다. 상기 증폭기(170)의 이득은 가변될 수 있다.
- [41] 상기 증폭기(170)의 출력 신호는 함수 발생기(180)에 제공된다. 상기 함수 발생기(180)의 출력 신호는 소정의 주파수를 가지고, 상기 출력 신호는 입력 신호에 비례할 수 있다. 1500nm 파장대 레이저 펄스의 입력단의 경우, 상기 주파수는 2.23 MHz 내지 2.27 MHz일 수 있다.
- [42] 상기 함수 발생기(180)의 출력 신호는 상기 AOTM(140)에 제공된다. 상기 AOTM(140)은 상기 함수 발생기(180)의 주파수와 증폭기(170)의 출력 전압으로 광학 파이버를 진동시켜서 투과율을 조절한다.
- [43] 예를 들어, 상기 펄스 레이저(10)가 높은 출력의 펄스를 출력하면, 상기 시간 지연부(130)는 시간을 지연시키고, 그 시간 동안 일정량만 투과시킬 수 있도록 광 검출기(150)에서 검출된 증폭된 전압이 상기 함수 발생기(180)와 결합하여 상기 AOTM(140)에 제어 신호를 제공하게 되어 투과율을 낮춘다. 한편, 상기 펄스 레이저(10)가 낮은 출력의 펄스를 출력하며, 반대로 낮은 전압의 특정 주파수를 함수 발생기(180)에서 제어하여 상기 AOTM은 투과율을 높여준다. 따라서, 상기 AOTM(140)은 일정한 출력 펄스 광 다발을 출력한다.
- [44] 실시간으로 피드백이 가능한 레이저 출력 안정화 장치를 만들기 위해서 가장 중요한 점은 피드백 시간을 최소화 시키는 것이다. 이를 위하여, 상기 AOTM(140)의 성능 평가가 요구된다.
- [45] 상기 전류-전압 변환기(160), 상기 증폭기(170), 또는 상기 함수 발생기(180)가 프로그램되는 장비인 경우, 명령어가 수행되는 시간은 수 ms 정도이다. 따라서, 상기 시간 지연부는 시간을 지연을 위하여 광섬유가 수백 km 정도가 요구된다. 예를 들어 1 ms의 시간 지연이 발생하게 되면, 광섬유의 굴절률이 1.45인 경우, 광섬유의 길이는 200 km가 된다. 일반적인 광섬유의 손실은 1550 nm의 파장에서 1 km 당 0.22 dB 정도이다. 따라서, 200 km를 진행한다면, 44 dB가 손실되어, 상기 AOTM에 도달한 광은 실질적으로 전부 손실된다.
- [46] 따라서 실시간 되먹임을 위한 모든 과정은 프로그램 명령이 없는 수동적 장비로 진행되는 것이 바람직하다. 이 경우, 상기 전류-전압 변환기(160), 상기 증폭기(170), 또는 상기 함수 발생기(180)가 소요하는 시간은 1 μsec 정도이다.

- 한편, 주파수와 전압에 따른 상기 AOTM의 작동 시간에 대한 측정이 필요하다.
- [47] 우선, 상기 AOTM(140)의 주파수에 따른 작동 시간을 조사하였다. 상기 AOTM(140)의 작동 원리는 광섬유에 음파를 가해 주기적인 구부림을 만들어 변조를 발생시켜 레이저에서 입력단의 출력 모드인 LP01 모드를 없애는 역할을 하는 것이다. 주기적인 구부림은 상기 함수 발생기에서 인가되는 주파수에 따라서 변화될 수 있다.
- [48] 도 3a는 AOTM의 투과율 제어 특성을 측정하기 위한 실험 구성도이다.
- [49] 도 3b 및 도 3c는 주파수에 따른 AOTM의 변조 성능을 나타내는 도면들이다.
- [50] 도 3a를 참조하면, 펄스 레이저(10)는 넓은 스펙트럼을 보기 위해 1530 nm 내지 1600nm의 광대역으로 발진되는 ASE(amplified spontaneous emission) 광원을 사용하였다. 파장 대역 별로 투과율 조절 특성을 측정하기 위해 광학 스펙트럼 분석기(Optical spectrum analyzer, 12)를 사용하였다. 방향성 결합기는 광 경로를 분기하여, 하나의 광 경로는 AOTM(140)에 제공하고, 다른 광 경로는 함수 발생기에 제공한다.
- [51] 도 3b를 참조하면, 함수 발생기(180)가 각각 다른 주파수를 상기 AOTM(140)에 인가하는 경우, 상기 주파수에 따라 다른 중심 파장에서 변조된다. 이때 인가된 전압은 5.6 Vpp로 고정되었다. 2.2600 MHz를 인가하였을 경우, 중심파장이 1549 nm에서 -10 dB (약 92 퍼센트)의 빛이 필터링되어 차단되었다. 2.2570 MHz가 인가되었을 경우 1551 nm에서 필터링이 일어난다. 2.485 MHz가 인가되었을 경우 1554 nm에서 필터링이 일어난다. 즉, 1550 nm 레이저를 사용하였을 경우, 5.6 Vpp의 전압, 및 2.260MHz의 주파수를 인가하면, 상기 AOTM은 92 퍼센트의 빛을 차단시키고 8 퍼센트의 광을 투과시킬 수 있다.
- [52] 도 3c를 참조하면, 단일 파장인 1550 nm 레이저를 사용하였을 경우, 주파수 변화에 따른 상기 AOTM(140)의 투과율이 변한다. 동그라미는 퍼센트 단위의 투과율이고, 삼각형은 데시벨(dB) 단위의 투과율이다. 2.240 MHz의 주파수를 인가하였을 경우, 필터링 효과가 거의 1 퍼센트에 가까워 99 퍼센트의 빛이 통과되었다. 하지만, 2.260MHz의 주파수를 인가하였을 경우, 90 퍼센트 이상이 필터링되어 10 퍼센트 이하의 빛이 투과한다. 따라서 인가하는 전압을 고정시키고 주파수 변화만으로도 상기 AOTM(140)은 그 입력 광신호를 변조할 수 있다.
- [53] 한편, 상기 AOTM(140)은 주파수의 변화만으로도 변조가 가능하다. 그러나, 실시간으로 되먹임을 제공하기 위하여, 전류-주파수 변환기 또는 전압-주파수 변환기가 필요하다. 그러나, 위의 장비의 대부분은 프로그램이 실행되어야 하는 능동형 장비인 FPGA(Field Programmable Gate Array)가 필요하다. 이러한 FPGA는 주파수를 변환시켜주는 개수도 채널에 따라 한정되어있고, 프로그램 명령어를 넣어주었을 때 명령어 수행 시간이 수 ms단위로 늘어나기 때문에 변조 방식으로는 적합하지 않다.
- [54] 따라서 명령어 수행 시간 또는 되먹임 시간을 감소시키기 위하여 전압에 따른

AOTM의 변조가 필요하다.

- [55] 도 3a와 동일한 실험 장치 구성을 가지나, 주파수는 2.2625 MHz로 고정되었다. AOTM에 인가되는 전압을 변화시킴에 따라, 상기 AOTM의 변조 성능이 조사되었다.
- [56] 도 4a 및 도 4b는 전압에 따른 AOTM의 변조 성능을 나타내는 도면들이다.
- [57] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 1.2 Vpp 내지 5.6 Vpp의 전압을 인가한 경우, 상기 AOTM(140)의 변조 효과가 표시된다. 1.2 Vpp의 전압을 인가하였을 경우, 90 퍼센트의 빛이 투과되었다. 하지만, 5.6 Vpp의 전압을 인가하였을 경우, 8 퍼센트의 빛이 투과되었다. 투과율은 인가전압에 비례하여 감소한다. 특히, 2 Vpp 내지 4 Vpp의 전압에서는 투과율은 인가전압에 거의 선형 비례한다. 따라서 이 영역을 사용하며, 출력 안정화를 제공할 수 있다.
- [58] 펄스 레이저(10)의 출력광은 광 검출기(150)에서 전류로 변환되고, 상기 광 검출기(150)의 전류는 전류-전압 변환기(160)에 의하여 전압 신호로 변환된다. 펄스 레이저(10)의 출력광이 큰 경우, AOTM(140)에 인가되는 인가 전압을 크게 하면, 상기 AOTM(140)은 입력 신호를 크게 감소시켜 출력한다. 또한, 펄스 레이저(10)의 출력광이 작은 경우, 상기 AOTM(140)에 인가되는 인가 전압은 작게 하면, 상기 AOTM(140)은 작은 입력 신호를 대부분 투과시켜 출력한다. 이에 따라, 상기 AOTM(140)의 출력은 상기 펄스 레이저의 출력 세기가 시간에 따라 불안정함에도 불구하고 일정하게 유지시킬 수 있다.
- [59] 상기 AOTM(140)의 작동 지연 시간이 측정되었다. 실시간으로 되먹임 가능한 능동형 출력 안정화 장치를 구현하기 위하여, 상기 AOTM(140)의 작동 지연 시간이 수십 μsec 이하가 바람직하다. 되먹임을 주어서 상기 AOTM(140)을 작동되는데 까지 걸리는 시간이 너무 길면, 시간 지연을 역할을 하는 광섬유의 에너지 손실이 너무 커진다. 따라서 상기 AOTM(140)의 작동 지연 시간의 측정이 필요하다.
- [60] 도 5a 및 도 5b는 전압에 따른 AOTM의 작동 지연 시간을 나타내는 도면들이다.
- [61] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 상기 AOTM(140)의 작동 지연 시간을 측정하기 위하여, 레이저 광원은 1550.4 nm에서 중심 파장이 존재하는 가변 레이저 다이오드(Tunable LD)를 사용하였다. 또한, 함수 발생기(180)는 최대한으로 광원을 필터링할 수 있는 2.2625 MHz의 주파수를 사용하였다. 또한, 상기 함수 발생기(180)의 출력 전압은 5.6 Vpp이고 150 μsec 의 주기로 ON/OFF 시켰다. 상기 함수 발생기(180)의 출력은 상기 AOTM(140)을 주기적으로 ON/OFF 시킬 수 있다. 이에 따라, 상기 AOTM(140)의 출력단에 배치된 고속 광 검출기(rising/falling time 300 psec 정도인 fast PD)가 측정한 광의 세기는 시간에 따라 변조된다. 상기 광 검출기의 상승/하강 시간(rising/falling time)은 300 피코초(psec) 정도인 포토다이오드이다.
- [62] 상기 함수 발생기(180)가 상기 AOTM(140)에 전압을 인가하고, 상기 AOTM(140)이 정상적으로 동작하는 상승 시간(rising time)은 약 60 μsec 이다.

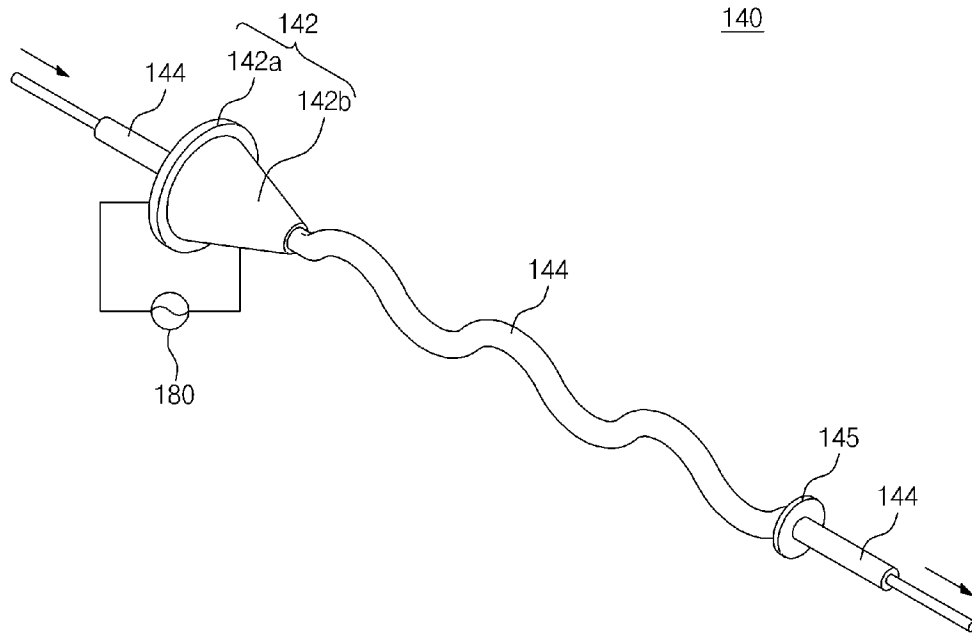
- 또한, 상기 AOTM을 작동 중지시켰을 경우에도 하강 시간은 60 μsec 정도이다.
- [63] 되먹임 과정 중에서 상기 AOTM 전까지 걸리는 시간을 1 μsec 으로 예상하면, 총 되먹임 시간은 약 61 μsec 이다. 61 μsec 의 상기 지연 시간은 12 km의 광섬유 길이에 대응된다. 또한, 상기 광섬유는 1550 nm 에서 0.22 dB/km이다. 따라서, 상기 시간 지연을 위하여 상기 광섬유의 출력은 25 퍼센트를 손실된다. 따라서, 61 μsec 의 상기 지연 시간은 실시간 피드백이 가능한 출력 안정화장치에 적용될 수 있다.
- [64] 또한, 상기 AOTM은 인가 전압에 변조되는 능동형 시스템이다. 하지만, 인가 전압의 세기에 따라 지연시간이 변하지 않는 것을 확인하였다.
- [65] 인가 전압에 따라 상기 AOTM(140)의 작동 지연 시간 또는 상승 시간을 보여준다. 1 내지 5.6 Vpp를 상기 AOTM(140)에 인가하였을 경우, 각각 다른 변조 값을 갖지만, 작동 지연 시간은 60 μsec 로 동일하다.

청구범위

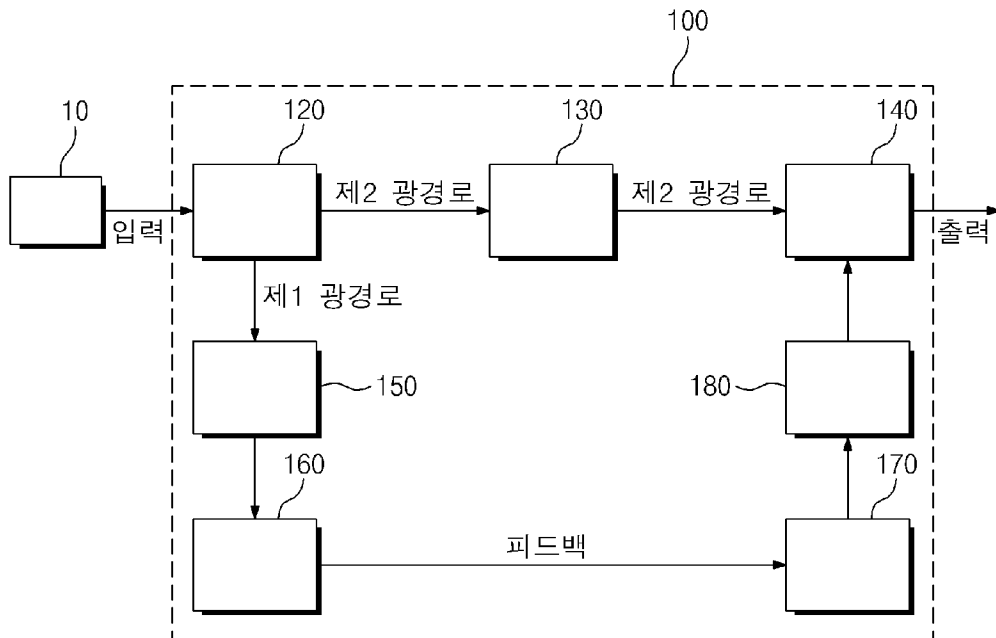
- [청구항 1] 펄스 레이저의 출력 광을 제공받아 상기 출력광을 제1 광 경로와 제2 광 경로로 분기하는 방향성 결합기;
제1 광 경로로 분기된 광을 제공받아 광 강도에 따른 전류를 출력하는 광 검출기;
상기 광 검출기의 출력 전류를 전압으로 변환하여 출력하는 전류-전압 변환기;
소정의 주파수를 가지고 상기 전류-전압 변환기의 출력 신호에 비례하는 출력을 제공하는 함수 발생기;
제2 광 경로에 배치되어 되먹임 제어를 위한 소정의 시간 지연을 제공하는 시간 지연부; 및
상기 함수 발생기의 출력신호 및 상기 시간 지연부에서 제공되는 광 신호를 입력으로 제공받아 상기 함수 발생기의 상기 출력신호의 크기에 따라 상기 시간 지연부에서 제공되는 상기 광 신호를 변조하여 출력하는 음향 광학 가변 변조기를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 레이저 출력 안정화 장치.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
상기 전류-전압 변환기와 상기 주파수 발생기 사이에 배치되어, 상기 전류-전압 변환기의 출력 신호를 증폭하여 상기 주파수 발생기의 입력 신호로 제공하는 증폭기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 레이저 출력 안정화 장치.
- [청구항 3] 제1 항에 있어서,
상기 음향 광학 가변 변조기는:
중심에 제1 관통홀을 포함하고 음파를 발생시키는 원판 형상의 압전변환기;
중심에 제2 관통홀을 포함하고 원뿔 형상의 유전체 원뿔;
상기 제1 관통홀 및 상기 제2 관통홀에 삽입되어 배치되는 광학 파이버; 및
상기 유전체 원뿔에서 소정의 거리 이격되어 상기 광학 파이버에 결합하는 음향 진동 감쇄기를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 레이저 출력 안정화 장치.
- [청구항 4] 제1 항에 있어서,
상기 펄스 레이저의 파장은 가변되는 것을 특징으로 펄스 레이저 출력 안정화 장치.
- [청구항 5] 제1 항에 있어서,
상기 시간 지연부의 지연 시간은 50 μ sec 내지 70 μ sec인 것을 특징으로 하는 펄스 레이저 출력 안정화 장치.

- [청구항 6] 펄스 레이저의 출력 광을 제공받아 광을 2 개의 광 경로로 분기하는 단계;
제1 광 경로로 분기된 광을 제공받아 광 강도에 따른 제1 전류를 출력하는 단계;
상기 제1 전류를 제1 전압으로 변환하는 단계;
소정의 주파수를 가지고 상기 제1 전압에 비례하는 제2 전압을 출력을 제공하는 단계;
상기 제2 광 경로에서 소정의 시간 지연을 제공하는 단계; 및
상기 제2 전압을 제공받아 상기 제2 전압의 크기에 따라 시간 지연된 제2 경로의 광 신호를 음향 광학 변조하여 출력하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 레이저 출력 안정화 방법.
- [청구항 7] 제6 항에 있어서,
상기 제1 전압을 증폭하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 레이저 출력 안정화 방법.
- [청구항 8] 제6 항에 있어서,
상기 펄스 레이저의 파장은 가변되는 것을 특징으로 펄스 레이저 출력 안정화 방법.
- [청구항 9] 제6 항에 있어서,
상기 지연 시간은 50 μsec 내지 70 μsec 인 것을 특징으로 하는 펄스 레이저 출력 안정화 방법.

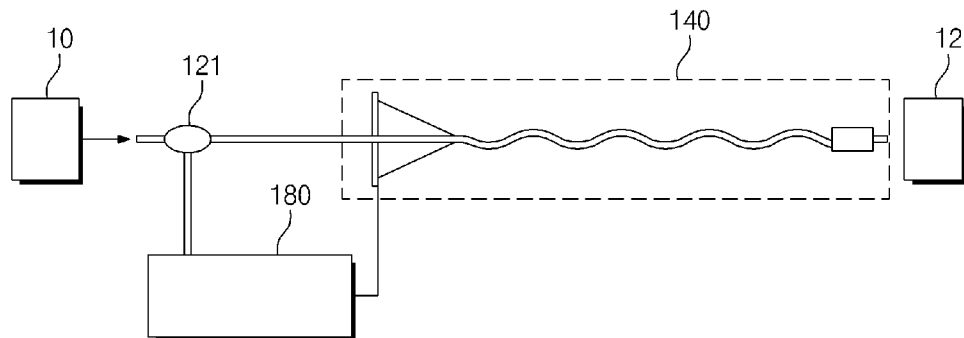
[Fig. 1]



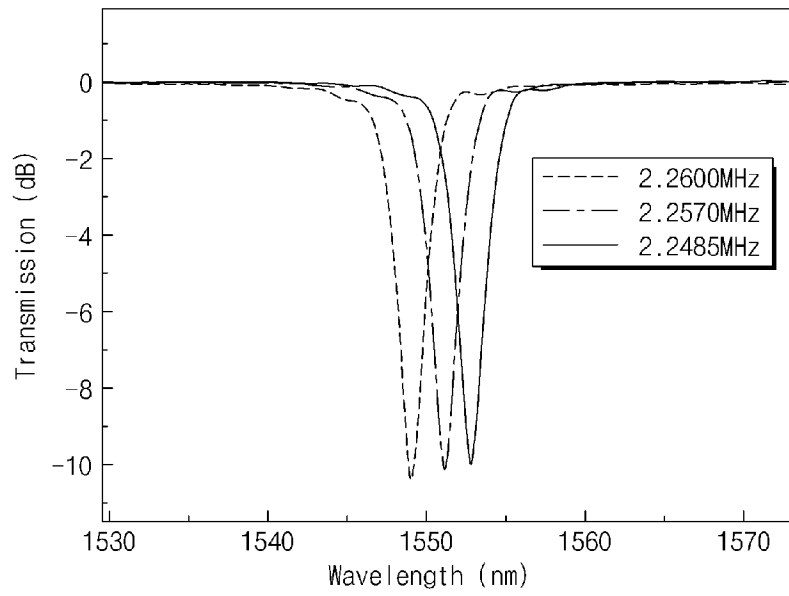
[Fig. 2]



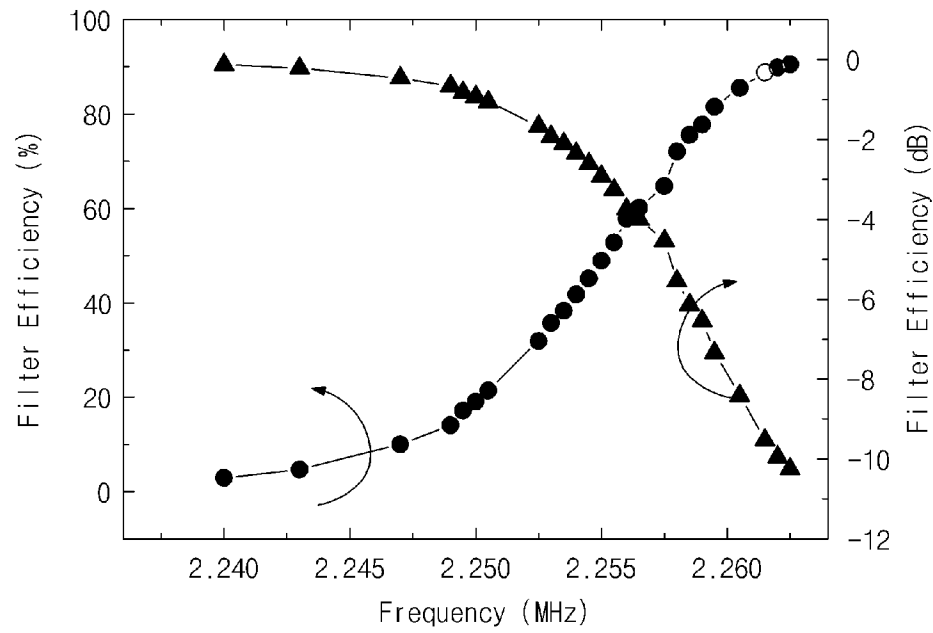
[Fig. 3a]



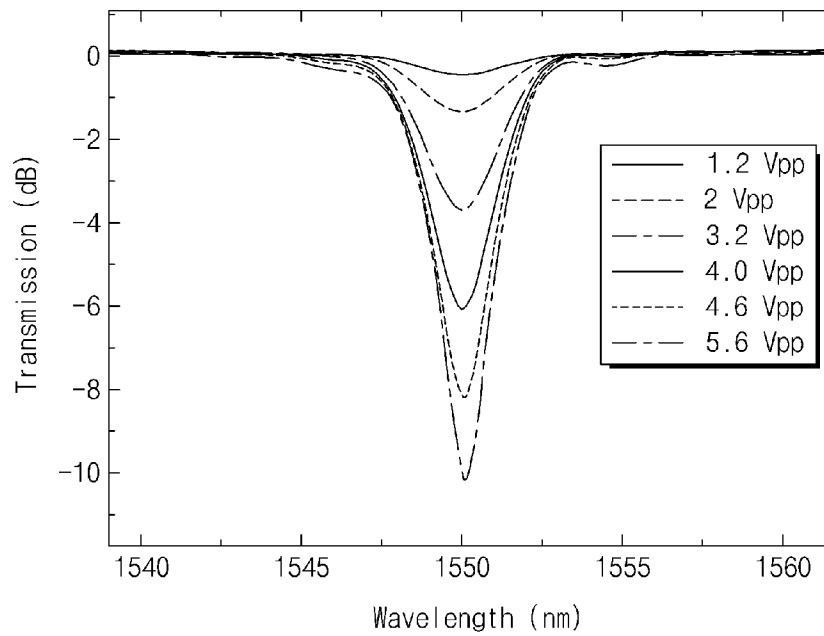
[Fig. 3b]



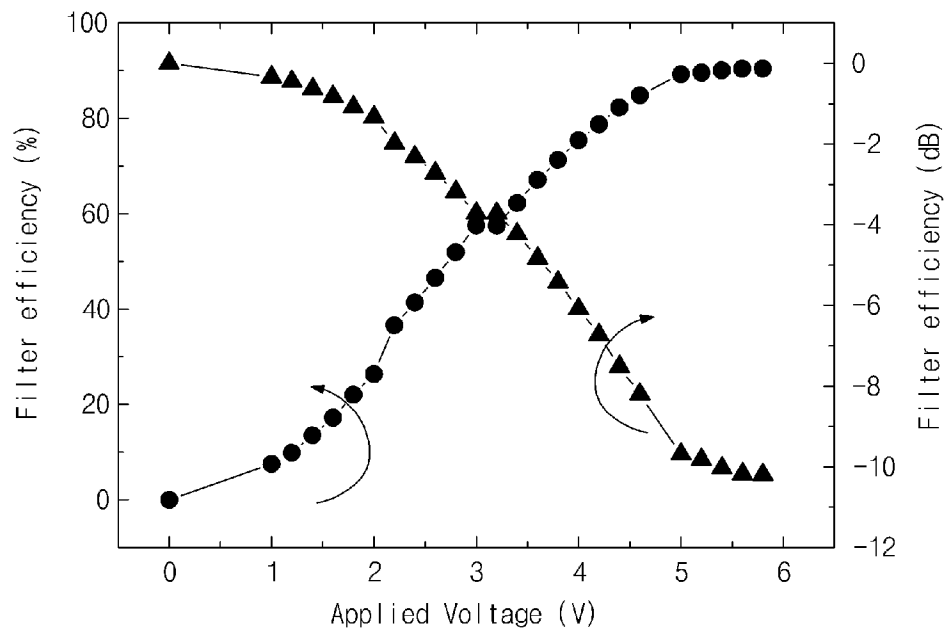
[Fig. 3c]



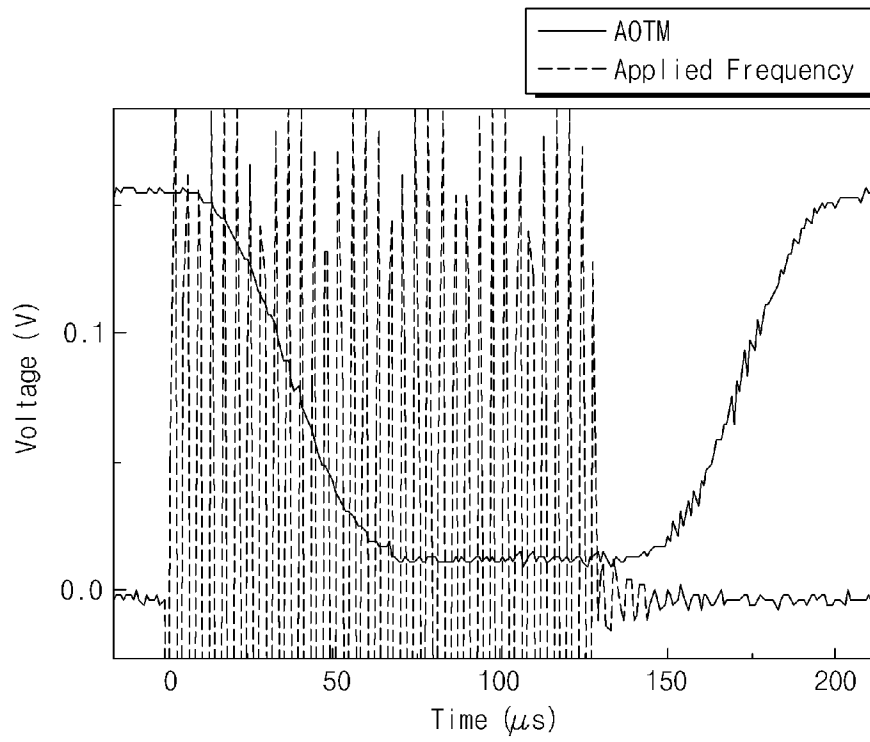
[Fig. 4a]



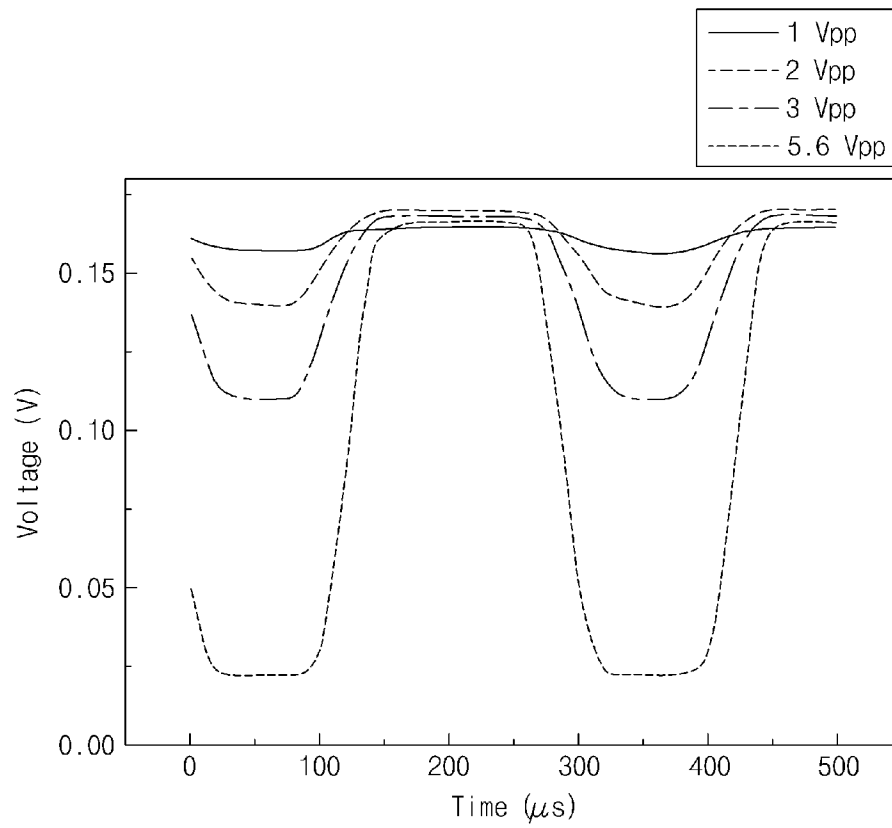
[Fig. 4b]



[Fig. 5a]



[Fig. 5b]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2013/008661**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H01S 3/10(2006.01)i, H01S 3/13(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)

H01S 3/10; G01N 21/64; G02F 2/02; G01B 11/24; G01N 21/65; H01S 3/13

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: "pulse", "laser", "converter", "function", "delay", "modulator" and "amplifier"

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-158413 A (OLYMPUS CORP.) 18 August 2011 See abstract; figures 1-2, 7-10; claims 1-10.	1-9
A	JP 2012-510645 A (FEMTOLASERS PRODUKTIONS GMBH) 10 May 2012 See abstract; figures 1-6; claims 1-25.	1-9
A	JP 07-027526A (CHINON IND. INC.) 27 January 1995 See abstract; figures 1-4; claim 1.	1-9
A	US 6654394 B1 (SELLIN, Peter B. et al.) 25 November 2003 See abstract; figures 1A-4, 7 and 10; claims 1-20.	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

22 NOVEMBER 2013 (22.11.2013)

Date of mailing of the international search report

25 NOVEMBER 2013 (25.11.2013)

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/KR2013/008661

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2011-158413 A	18/08/2011	NONE	
JP 2012-510645 A	10/05/2012	CN102265214 A	30/11/2011
		CN102265214 B	11/09/2013
		DE 102008059902 B3	16/09/2010
		EP 2374041 A1	12/10/2011
		US 2011-0235661 A1	29/09/2011
		US 8416819 B2	09/04/2013
		WO 2010-063051 A1	10/06/2010
JP 07-027526A	27/01/1995	NONE	
US 6654394 B1	25/11/2003	AU 2000-60618 A1	22/01/2001
		AU 6061800 A	22/01/2001
		WO 01-03259 A1	11/01/2001

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H01S 3/10(2006.01)i, H01S 3/13(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H01S 3/10; G01N 21/64; G02F 2/02; G01B 11/24; G01N 21/65; H01S 3/13 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: "펄스," "레이저," "변환기," "함수," "지연," "변조기" 및 "증폭기"		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2011-158413 A (OLYMPUS CORP.) 2011.08.18 요약; 그림 1-2, 7-10; 청구항 1-10.	1-9
A	JP 2012-510645 A (Femtolasers Produktions GmbH) 2012.05.10 요약; 그림 1-6; 청구항 1-25.	1-9
A	JP 07-027526A (CHINON IND. INC.) 1995.01.27 요약; 그림 1-4; 청구항 1.	1-9
A	US 6654394 B1 (SELLIN; PETER B. 외 4명) 2003.11.25 요약; 그림 1A-4, 7, 10; 청구항 1-20.	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 2013년 11월 22일 (22.11.2013)		국제조사보고서 발송일 2013년 11월 25일 (25.11.2013)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-472-7140		심사관 조성찬 전화번호 +82-42-481-8462

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2013/008661

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2011-158413 A	2011/08/18	없음	
JP 2012-510645 A	2012/05/10	CN102265214 A CN102265214 B DE 102008059902 B3 EP 2374041 A1 US 2011-0235661 A1 US 8416819 B2 WO 2010-063051 A1	2011/11/30 2013/09/11 2010/09/16 2011/10/12 2011/09/29 2013/04/09 2010/06/10
JP 07-027526A	1995/01/27	없음	
US 6654394 B1	2003/11/25	AU 2000-60618 A1 AU 6061800 A WO 01-03259 A1	2001/01/22 2001/01/22 2001/01/11