

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2017년 8월 24일 (24.08.2017)



(10) 국제공개번호
WO 2017/142155 A1

- (51) 국제특허분류:
H01S 3/10 (2006.01) H01S 3/106 (2006.01)
H01S 3/107 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/010234
- (22) 국제출원일: 2016년 9월 12일 (12.09.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2016-0017860 2016년 2월 16일 (16.02.2016) KR
- (71) 출원인: (주)이오테크닉스 (EO TECHNICS CO.,LTD.)
[KR/KR]; 13930 경기도 안양시 동안구 동편로 91,
Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 신동준 (SHIN, Dong Joon); 13930 경기도 안양
시 동안구 동편로 183 번길 67-5, 201 호, Gyeonggi-do
(KR).
- (74) 대리인: 리앤목 특허법인 (Y.P.LEE, MOCK & PART-
NERS); 06292 서울시 강남구 언주로 30 길 13 대림아
크로텔 12 층, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KW,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

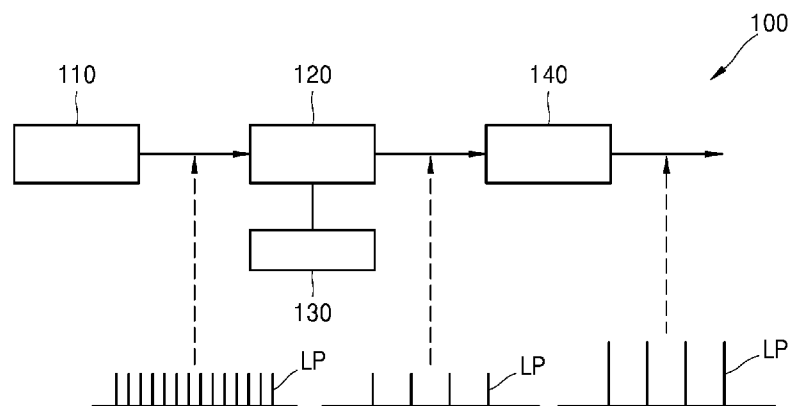
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의
역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,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

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: LASER PULSE CONTROL APPARATUS AND LASER PULSE CONTROL METHOD

(54) 발명의 명칭 : 레이저 펄스 제어 장치 및 레이저 펄스 제어 방법



(57) Abstract: Disclosed are a laser pulse control apparatus and a laser pulse control method. The disclosed laser pulse control apparatus comprises: a pulse laser generator for generating a plurality of laser pulses at regular time intervals; an optical modulator which is driven so as to selectively extract some of the laser pulses; a control unit for controlling the driving of the optical modulator by changing an electrical signal applied to the optical modulator over time; and an optical amplifier for amplifying the extracted laser pulses.

(57) 요약서: 레이저 펄스 제어 장치 및 레이저 펄스 제어 방법이 개시된다. 개시된 레이저 펄스 제어 장치는, 일정한 시간 간격으로 복수의 레이저 펄스를 발생시키는 펄스 레이저 발생기, 구동에 의해 상기 레이저 펄스들 중 일부를 선택적으로 추출하는 광변조기, 상기 광변조기에 인가되는 전기적인 신호를 시간에 따라 변화시키면서 상기 광변조기의 구동을 제어하는 제어부 및 상기 추출된 레이저 펄스들을 증폭하는 광증폭기를 포함한다.



WO 2017/142155 A1

명세서

발명의 명칭: 레이저 펄스 제어 장치 및 레이저 펄스 제어 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 레이저 펄스 제어 장치 및 레이저 펄스 제어 방법에 관한 것으로, 펄스 제어 장치의 광변조기에 인가되는 전압 또는 고주파 전력을 조절함으로써 레이저 펄스를 선택적으로 추출하여, 버스트 모드(burst mode)를 생성하는 레이저 펄스 제어 장치 및 레이저 펄스 제어 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 전자산업 등의 정밀 부품 가공을 위해 레이저 가공 기술은 점점 더 초정밀화, 초고속화, 대면적화 가공으로 기술 발전이 이루어지고 있다. 특히, 반도체, 디스플레이, 태양전지, 차세대 고부가/고기능 PCB, 차세대 패키징 산업 등을 포함하는 마이크로 전자산업 분야의 부품을 가공하기 위해서는 초정밀 가공이 필수적이다.
- [3] 이러한 마이크로 크기의 초정밀 가공을 위해서 레이저 사양도 고성능이 요구된다. 가공의 미세화를 위해 자외선 영역의 레이저를 이용하거나, 펄스폭이 매우 짧은 펨토초 및 피코초 펄스 레이저가 이용된다. 이와 동시에 레이저 빔의 공간 분포가 단일 모드인 고품위 레이저가 요구된다. 또한 고속화 및 대면적화를 위해서는 고반복률, 고출력의 펄스 레이저가 요구된다.
- [4] 레이저를 펄스로 작동시키는 방법으로 큐(Q) 스위칭, 모드잠금(mode locking) 방법이 이용되고 있다. 레이저 다이오드에서는 인가해주는 전류를 직접 변조하여 펄스로 작동하는 방법이 이용된다.
- [5] 기존에는 레이저 펄스를 버스트 모드로 발생시키기 위해, 1개의 펄스를 편광자를 사용하여 펄스를 분할한 후 경로차를 발생시켜 버스트 모드를 구현하는 방법이 이용되었다. 그러나, 이 방식의 경우 1개의 펄스를 생성하여 분할하는 것이기 때문에 레이저 펄스 에너지의 제한을 가지고 있다. 또한, 레이저 빔을 분할하는 광학계가 추가적으로 필요하며, 버스트 모드의 레이저 펄스 개수를 임의로 조절하는 것이 어려울 수 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명의 일 실시예는 광변조기에 인가되는 전기적인 신호를 시간에 따라 변화시킴으로써, 출력되는 레이저 펄스들을 버스트 모드로 동작시킴과 동시에 레이저 펄스들의 피크(peak)를 조절할 수 있는 펄스 제어 장치 및 펄스 제어 방법을 제공한다.

과제 해결 수단

- [7] 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 장치는 일정한 시간 간격으로 복수의 레이저 펄스를 발생시키는 펄스 레이저 발생기; 구동에 의해 상기 레이저 펄스들

중 일부를 선택적으로 추출하는 광변조기; 상기 광변조기에 인가되는 전기적인 신호를 시간에 따라 변화시키면서 상기 광변조기의 구동을 제어하는 제어부; 및 상기 추출된 레이저 펄스들을 증폭하는 광증폭기;를 포함한다.

발명의 효과

- [8] 전술한 본 개시의 과제 해결 수단에 의하면, 광변조기에 인가되는 전기적인 신호를 임의로 조절함으로써, 가공하고자 하는 대상물의 종류에 따라 다양한 버스트 모드를 구현할 수 있으며, 이에 따라 생산성이 증대될 수 있다.
- [9] 또한, 광학계를 이용하여 레이저 펄스의 버스트 모드를 생성하는 것에 비해 공간적으로 간단해 질 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [10] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 장치를 개략적으로 도시한 것이다.
- [11] 도 2a는 광증폭기에 여기 에너지를 연속적으로 가할 때, 증폭매질에 축적되는 에너지와 포화시간과의 관계를 나타낸 그래프이다.
- [12] 도 2b 및 도 2c는 광증폭기에 여기 에너지를 연속적으로 가하면서, 주기적으로 레이저 펄스가 입사하고 증폭되어 출력될 때, 광증폭기 매질에 축적되는 에너지와 입력 레이저 펄스 및 출력 레이저 펄스를 나타내는 그래프이다.
- [13] 도 3a 내지 도 3d는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 장치를 이용하여, 레이저 펄스들을 선택적으로 추출하여 증폭하는 과정을 도시한 것이다.
- [14] 도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 장치를 이용하여, 레이저 펄스들을 선택적으로 추출하여 증폭하는 과정을 도시한 것이다.
- [15] 도 5a 내지 도 5d는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 장치를 이용하여, 레이저 펄스들을 선택적으로 추출하여 증폭하는 과정을 도시한 것이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [16] 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 장치는 일정한 시간 간격으로 복수의 레이저 펄스를 발생시키는 펄스 레이저 발생기; 구동에 의해 상기 레이저 펄스들 중 일부를 선택적으로 추출하는 광변조기; 상기 광변조기에 인가되는 전기적인 신호를 시간에 따라 변화시키면서 상기 광변조기의 구동을 제어하는 제어부; 및 상기 추출된 레이저 펄스들을 증폭하는 광증폭기;를 포함한다.
- [17] 상기 광변조기는 전기 광학 변조기(EOM; electro optics modulator)를 포함할 수 있다.
- [18] 상기 전기적인 신호는 전압을 포함하고, 상기 제어부는 상기 전기 광학 변조기에 시간에 따라 변화하는 전압을 인가할 수 있다.
- [19] 상기 광증폭기로부터 나오는 상기 레이저 펄스들의 출력은 일정하거나 또는 시간에 따라 변화할 수 있다.
- [20] 상기 광변조기는 음향 광학 변조기(AOM; acoustic optics modulator)를 포함할 수 있다.

- [21] 상기 전기적인 신호는 고주파 전력을 포함하고, 상기 제어부는 상기 음향 광학 변조기에 시간에 따라 변화하는 고주파 전력을 인가할 수 있다.
- [22] 상기 광증폭기로부터 나오는 상기 레이저 펄스들의 출력은 일정하거나 또는 시간에 따라 변화할 수 있다.
- [23] 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 방법은 일정한 시간 간격으로 복수의 레이저 펄스를 발생시키는 단계; 광변조기의 구동에 의해 상기 레이저 펄스들 중 일부를 선택적으로 추출하는 단계; 및 상기 추출된 레이저 펄스들을 증폭하는 단계;를 포함하며, 상기 추출하는 단계는, 제어부가 상기 광변조기에 인가되는 전압 또는 고주파 전력을 시간에 따라 변화시킴으로써 수행된다.
- [24] 상기 광변조기는 전압 인가에 의해 구동되는 전기 광학 변조기를 포함하며, 상기 제어부는 상기 전기 광학 변조기에 시간에 따라 변화하는 전압을 인가할 수 있다.
- [25] 상기 전기 광학 변조기에 인가되는 전압은 시간에 따라 감소하거나 또는 시간에 따라 증가할 수 있다.
- [26] 상기 증폭된 레이저 펄스들의 출력은 일정하거나 또는 시간에 따라 변화할 수 있다.
- [27] 상기 광변조기는 고주파 전력 인가에 의해 구동되는 음향 광학 변조기를 포함하며, 상기 제어부는 상기 음향 광학 변조기에 시간에 따라 변화하는 고주파 전력을 인가할 수 있다.
- [28] 상기 음향 광학 변조기에 인가되는 고주파 전력은 시간에 따라 감소하거나 또는 시간에 따라 증가할 수 있다.
- [29] 상기 증폭된 레이저 펄스들의 출력은 일정하거나 또는 시간에 따라 변화할 수 있다.

발명의 실시를 위한 형태

- [30] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [31] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [32] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 장치(100)를 개략적으로 도시한

것이다.

- [33] 도 1을 참조하면, 펄스 제어 장치(100)는 펄스 레이저 발생기(110), 광변조기(120), 제어부(130) 및 광증폭기(140)을 포함한다.
- [34] 펄스 레이저 발생기(100)는 일정한 시간 간격으로 복수의 레이저 펄스(LP)를 연속적으로 발생시킬 수 있다. 이러한 펄스 레이저 발생기(100)는 레이저를 발생시키는 물질의 종류에 따라 기체, 액체, 고체 레이저 발생기 등으로 다양하게 분류될 수 있다. 펄스 레이저 발생기(100)에서 발생된 복수의 레이저 펄스(LP) 간의 시간간격은 100ns 이하가 될 수 있다.
- [35] 광변조기(120)는 광변조기(120)로 입사된 레이저 펄스(LP)들 중, 일부를 선택적으로 추출하는 역할을 할 수 있다. 광변조기(120)는 전기 광학 변조기(EOM; electro optics modulator) 및 음향 광학 변조기(AOM; acoustic optics modulator)를 포함할 수 있다.
- [36] 제어부(130)는 광변조기(120)에 전기적인 신호를 인가하여 광변조기(120)의 구동을 제어할 수 있다. 제어부(130)는 광변조기(120)가 전기 광학 변조기인 경우 전압을 인가할 수 있으며, 광변조기(120)가 음향 광학 변조기인 경우에는 고주파 전력을 인가하여 광변조기(120)의 구동을 제어할 수 있다.
- [37] 광변조기(120)가 전기 광학 변조기인 경우, 포켈스 효과(Pockels effect)를 이용하여 레이저 펄스(LP)를 선택적으로 추출할 수 있다. 전기 광학 변조기를 통과한 레이저 빔의 광 경로 상에는 편광 빔 스플리터(PBS; polarization beam splitter)(미도시)가 위치할 수 있다. 제어부(130)가 전기 광학 변조기에 전압을 인가하면, 전기 광학 변조기 매질의 굴절률이 변화하게 되며, 이에 따라 빛의 편광방향이 바뀔 수 있다. 이를 이용하여, 펄스 레이저 발생기(110)에 의해 발생된 레이저 펄스(LP)들 중 일부만을 선택적으로 추출할 수 있으며, 또한, 추출된 레이저 펄스(LP)들의 강도도 조절할 수 있다.
- [38] 예를 들면, 편광 빔 스플리터는 P형 광선은 통과시키고, S형 광선은 반사시킬 수 있으며, 전기 광학 변조기를 통과한 레이저 펄스(LP)들은 S형의 편광방향을 가질 수 있다. 따라서, 제어부(130)에 의해 전기 광학 변조기에 전압이 가해지기 전에는 레이저 펄스(LP)들은 편광 빔 스플리터를 통과할 수 없다. 제어부(130)가 전기 광학 변조기에 전압을 인가하면 레이저 펄스(LP)들의 편광방향은 회전하게 되며, 편광 빔 스플리터를 통과할 수 있다. 또한, 인가되는 전압의 크기를 조절함으로써 레이저 펄스(LP)들의 편광방향의 회전 각도를 조절할 수 있으며, 이에 따라 추출되는 레이저 펄스(LP)들의 강도도 조절할 수 있다.
- [39] 광변조기(120)가 음향 광학 변조기인 경우, 제어부(130)가 음향 광학 변조기에 고주파 전력을 인가하면, 음향 광학 변조기 매질의 굴절률의 주기적인 변화로 인해 회절격자에 의한 빛의 회절현상이 발생할 수 있다. 이에 따라, 음향 광학 변조기로 입사된 레이저 펄스(LP)들 간의 경로차가 발생할 수 있으며, 경로차를 이용하여 레이저 펄스(LP)들 중 일부만을 선택적으로 추출할 수 있다. 또한, 음향 광학 변조기에 인가되는 고주파 전력의 크기를 조절함으로써, 추출되는 레이저

펄스(LP)들의 강도도 조절할 수 있다.

- [40] 광증폭기(140)는 광변조기(120)에 의해 추출된 레이저 펄스(LP)들을 증폭하여 출력한다. 레이저 펄스(LP)가 광증폭기(140)에 입력되면 반전분포된 에너지를 축출하여 레이저 펄스(LP)들의 에너지가 증폭될 수 있다. 광증폭기(140)의 증폭매질에 축적되는 에너지와 레이저 펄스(LP)의 증폭과의 관계는 이하 후술하기로 한다.
- [41] 도 2a는 광증폭기(140)에 여기 에너지를 연속적으로 가할 때, 증폭매질에 축적되는 에너지와 포화시간과의 관계를 나타낸 그래프이다. 도 2a를 참조하면, 일정시간 동안 즉, 포화시간(t_s)에 이르기까지는 축적되는 에너지가 계속적으로 증가하게 된다. 포화시간은 증폭매질에 따라 다르지만, 희토류 이온의 경우에 수 마이크로초(ms; micro second)에서 수십 마이크로초 영역이 일반적이다.
- [42] 도 2b 및 도 2c는 광증폭기(140)에 여기 에너지를 연속적으로 가하면서, 주기적으로 레이저 펄스(LP)가 입사하고 증폭되어 출력될 때, 광증폭기(140) 매질에 축적되는 에너지와 입력 레이저 펄스(LP) 및 출력 레이저 펄스(LP)를 나타내는 그래프이다. 도 2b를 참조하면, 펄스 레이저 발생기(110)에서 발생된 후, 광변조기(120)에 의해 선택적으로 추출된 레이저 펄스(LP)들간의 시간간격(t_1)은 포화시간(t_s) 보다 크거나 같을 수 있다. 즉, 하나의 레이저 펄스(LP)가 광증폭기(140)에 입력된 후, 다음 레이저 펄스(LP)가 입력될 때까지의 시간은 포화시간(t_s)보다 크거나 같다는 것이다. 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)가 광증폭기(140)에 의해 증폭된 후, 다음 레이저 펄스(LP)가 입력되기 전에 광증폭기(140)의 증폭매질에 축적된 에너지는 포화상태가 될 수 있다. 따라서, 후순위로 입력된 레이저 펄스(LP)도 충분히 증폭될 수 있으며, 이에 따라 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)와 다음으로 입력된 레이저 펄스(LP)의 출력은 동일할 수 있다.
- [43] 도 2c를 참조하면, 펄스 레이저 발생기(110)에서 발생된 후, 광변조기(120)에 의해 선택적으로 추출된 레이저 펄스(LP)들간의 시간간격(t_2)은 포화시간(t_s)보다 작을 수 있다. 즉, 하나의 레이저 펄스(LP)가 광증폭기(140)에 입력된 후, 다음 레이저 펄스(LP)가 입력될 때까지의 시간은 포화시간(t_s)보다 작다는 것이다. 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)가 광증폭기(140)에 의해 증폭된 후, 다음 레이저 펄스(LP)가 입력될 때, 광증폭기(140)의 증폭매질에 축적된 에너지는 포화상태에 도달하기 전일 수 있다. 따라서, 후순위로 입력된 레이저 펄스(LP)는 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)에 비해 증폭되는 정도가 작을 수 있으며, 이에 따라 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)는 다음으로 입력된 레이저 펄스(LP)의 출력보다 큰 값을 가질 수 있다. 또한, 입력 에너지가 낮으면 증폭효율도 떨어지게 되므로, 포화시간(t_s)보다 작은 시간간격(t_2)을 갖는 레이저 펄스(LP)가 광증폭기(140) 연속적으로 입력되면, 출력되는 레이저 펄스(LP)들은 점점 감소하는 출력을 나타낼 수 있다.
- [44] 도 3a 내지 도 3d는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 장치(100)를

이용하여, 레이저 펄스(LP)들을 선택적으로 추출하여 증폭하는 과정을 도시한 것이다. 도 3a를 참조하면, 펄스 레이저 발생기(110)에 의해 발생된 레이저 펄스(LP)들은 서로 일정한 시간 간격을 가질 수 있다. 레이저 펄스(LP)들간의 시간 간격은 100ns이하일 수 있으며, 광증폭기(140)의 포화시간(t_s)보다 작을 수 있다.

[45] 도 3b는 제어부(130)에 의해 광변조기(120)에 인가되는 전압 또는 고주파 전력을 나타낸 그래프이다. 도 3b를 참조하면, 제어부(130)는 시간에 따라 일정하게 유지되는 전압 또는 고주파 전력을 일정한 시간 간격을 두고 광변조기(120)에 인가할 수 있다.

[46] 도 3c는 광변조기(120)에 의해 선택적으로 추출된 레이저 펄스(LP)들을 나타낸 것이다. 제어부(130)에 시간에 따라 일정하게 유지되는 전압 또는 고주파 전력이 인가되었으므로, 광변조기(120)에 의해 추출되는 레이저 펄스(LP)들은 동일한 출력을 가질 수 있다. 광변조기(120)에 전압 또는 고주파 전력이 인가되지 않는 구간에서는 레이저 펄스(LP)들이 추출되지 않을 수 있다.

[47] 도 3d는 광변조기(120)에서 추출된 후, 광증폭기(140)에 의해 증폭된 레이저 펄스(LP)들을 도시한 것이다. 도 3d를 참조하면, 동일한 군에 속하는 레이저 펄스(LP)들간의 시간 간격은 광증폭기(140)의 포화시간(t_s)보다 작을 수 있다. 따라서, 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)가 광증폭기(140)에 의해 증폭된 후, 다음 레이저 펄스(LP)가 입력될 때, 광증폭기(140)의 증폭매질에 축적된 에너지는 포화상태에 도달하기 전일 수 있다. 따라서, 후순위로 입력된 레이저 펄스(LP)는 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)에 비해 증폭되는 정도가 작을 수 있으며, 이에 따라 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)는 다음으로 입력된 레이저 펄스(LP)의 출력보다 큰 값을 가질 수 있다. 또한, 입력 에너지가 낮으면 증폭효율도 떨어지게 되므로, 포화시간(t_s)보다 작은 시간 간격을 갖는 레이저 펄스(LP)가 광증폭기(140) 연속적으로 입력되면, 출력되는 레이저 펄스(LP)들은 점점 감소하는 출력을 나타낼 수 있다. 광변조기(120)에 전압 또는 고주파 전력이 인가되지 않는 구간에서는 광증폭기(140)에 입력되는 레이저 펄스(LP)가 없으므로, 광증폭기(140)의 증폭매질에 축적된 에너지는 다시 포화상태에 도달할 수 있다. 이때, 광증폭기(140)에 포화시간(t_s)보다 작은 시간 간격을 갖는 레이저 펄스(LP)들이 입력되면, 점점 감소하는 출력을 나타내는 레이저 펄스(LP)들이 다시 출력될 수 있다.

[48] 제어부(130)에 의해 광변조기(120)에 전압 또는 고주파 전력이 인가되는 구간에서는 레이저 펄스(LP)들이 추출되며, 레이저 펄스(LP)들간의 시간 간격은 100ns 이하가 될 수 있다. 반면에, 광변조기(120)에 전압 또는 고주파 전력이 인가되지 않는 구간에서는 레이저 펄스(LP)가 출력되지 않으며, 전압 또는 고주파 전력이 인가되지 않는 시간은 수백 ns 이상이 될 수 있다. 따라서, 제어부(130)에서 광변조기(120)로의 전압 또는 고주파 전력의 인가 및 비인가에 의해, 100ns 이하의 시간 간격을 갖는 레이저 펄스(LP)들의 그룹이 수백 ns

이상의 시간을 주기로 반복될 수 있으며, 이를 버스트 모드라고 할 수 있다. 도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 장치(100)를 이용하여, 레이저 펄스(LP)들을 선택적으로 추출하여 증폭하는 과정을 도시한 것이다.

- [49] 도 4a를 참조하면, 펄스 레이저 발생기(110)에 의해 발생된 레이저 펄스(LP)들은 서로 일정한 시간 간격을 가질 수 있다. 레이저 펄스(LP)들간의 시간 간격은 100ns 이하일 수 있으며, 광증폭기(140)의 포화시간(t_s)보다 작을 수 있다.
- [50] 도 4b는 제어부(130)에 의해 광변조기(120)에 인가되는 전압 또는 고주파 전력을 나타낸 그래프이다. 도 4b를 참조하면, 제어부(130)는 시간에 따라 증가하는 전압 또는 고주파 전력을 일정한 시간 간격을 두고 광변조기(120)에 인가할 수 있다.
- [51] 도 4c는 광변조기(120)에 의해 선택적으로 추출된 레이저 펄스(LP)들을 나타낸 것이다. 제어부(130)에 시간에 따라 증가하는 전압 또는 고주파 전력이 인가되었으므로, 광변조기(120)에 의해 추출되는 레이저 펄스(LP)들은 시간에 따라 증가하는 출력을 가질 수 있다. 광변조기(120)에 전압 또는 고주파 전력이 인가되지 않는 구간에서는 레이저 펄스(LP)들이 추출되지 않을 수 있다.
- [52] 도 4d는 광변조기(120)에서 추출된 후, 광증폭기(140)에 의해 증폭된 레이저 펄스(LP)들을 도시한 것이다. 도 4d를 참조하면, 동일한 군에 속하는 레이저 펄스(LP)들간의 시간 간격은 광증폭기(140)의 포화시간(t_s)보다 작을 수 있다. 따라서, 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)가 광증폭기(140)에 의해 증폭된 후, 다음 레이저 펄스(LP)가 입력될 때, 광증폭기(140)의 증폭매질에 축적된 에너지는 포화상태에 도달하기 전일 수 있다. 따라서, 후순위로 입력된 레이저 펄스(LP)는 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)에 비해 증폭되는 정도가 작을 수 있다. 다만, 도 4c를 참조하면, 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)의 출력이 후순위로 입력되는 레이저 펄스(LP)의 출력보다 작은 값을 나타내므로, 광증폭기(140)에 의해 증폭이 수행된 레이저 펄스(LP)들의 출력은 동일할 수 있다.
- [53] 제어부(130)에 의해 광변조기(120)에 전압 또는 고주파 전력이 인가되는 구간에서는 레이저 펄스(LP)들이 추출되며, 레이저 펄스(LP)들간의 시간 간격은 100ns 이하가 될 수 있다. 반면에, 광변조기(120)에 전압 또는 고주파 전력이 인가되지 않는 구간에서는 레이저 펄스(LP)가 출력되지 않으며, 전압 또는 고주파 전력이 인가되지 않는 시간은 수백 ns 이상이 될 수 있다. 따라서, 제어부(130)에서 광변조기(120)로의 전압 또는 고주파 전력의 인가 및 비인가에 의해, 100ns 이하의 시간 간격을 갖는 레이저 펄스(LP)들의 그룹이 수백 ns 이상의 시간을 주기로 반복될 수 있으며, 이를 버스트 모드라고 할 수 있다. 위 실시예에 따르면, 광변조기(120)에 인가되는 전기적인 신호를 임의로 조절함으로써, 가공하고자 하는 대상물의 종류에 따라 다양한 버스트 모드를 구현할 수 있으며, 이에 따라 생산성이 증대될 수 있다. 또한, 광학계를 이용하여 레이저 펄스(LP)의 버스트 모드를 생성하는 것에 비해 공간적으로 간단해 질 수

있다.

- [54] 도 5a 내지 도 5d는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 제어 장치(100)를 이용하여, 레이저 펄스(LP)들을 선택적으로 추출하여 증폭하는 과정을 도시한 것이다.
- [55] 도 5a를 참조하면, 펄스 레이저 발생기(110)에 의해 발생된 레이저 펄스(LP)들은 서로 일정한 시간 간격을 가질 수 있다. 레이저 펄스(LP)들간의 시간 간격은 100ns 이하일 수 있으며, 광증폭기(140)의 포화시간(t_s)보다 작을 수 있다.
- [56] 도 5b는 제어부(130)에 의해 광변조기(120)에 인가되는 전압 또는 고주파 전력을 나타낸 그래프이다. 도 4b를 참조하면, 제어부(130)는 시간에 따라 감소하다가 증가하는 전압 또는 고주파 전력을 일정한 시간 간격을 두고 광변조기(120)에 인가할 수 있다.
- [57] 도 5c는 광변조기(120)에 의해 선택적으로 추출된 레이저 펄스(LP)들을 나타낸 것이다. 제어부(130)에 시간에 따라 감소하다가 증가하는 전압 또는 고주파 전력이 인가되었으므로, 광변조기(120)에 의해 추출되는 레이저 펄스(LP)들은 시간에 따라 감소하다가 증가하는 출력을 가질 수 있다. 광변조기(120)에 전압 또는 고주파 전력이 인가되지 않는 구간에서는 레이저 펄스(LP)들이 추출되지 않을 수 있다.
- [58] 도 5d는 광변조기(120)에서 추출된 후, 광증폭기(140)에 의해 증폭된 레이저 펄스(LP)들을 도시한 것이다. 도 5d를 참조하면, 동일한 군에 속하는 레이저 펄스(LP)들간의 시간 간격은 광증폭기(140)의 포화시간(t_s)보다 작을 수 있다. 따라서, 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)가 광증폭기(140)에 의해 증폭된 후, 다음 레이저 펄스(LP)가 입력될 때, 광증폭기(140)의 증폭매질에 축적된 에너지는 포화상태에 도달하기 전일 수 있다. 따라서, 후순위로 입력된 레이저 펄스(LP)는 먼저 입력된 레이저 펄스(LP)에 비해 증폭되는 정도가 작을 수 있다. 광변조기(120)에 입력되는 전압 또는 고주파 전력을 조절함으로써, 광변조기(120)를 통과한 레이저 펄스(LP)의 출력이 감소하는 구간과 증가하는 구간의 형태를 조절할 수 있다. 이를 이용하여, 광증폭기(140)에 의해 출력되는 레이저 펄스(LP)의 출력의 형태는 감소하다가 증가하면서, 좌우가 대칭인 형태를 생성할 수 있다.
- [59] 제어부(130)에 의해 광변조기(120)에 전압 또는 고주파 전력이 인가되는 구간에서는 레이저 펄스(LP)들이 추출되며, 레이저 펄스(LP)들간의 시간 간격은 100ns 이하가 될 수 있다. 반면에, 광변조기(120)에 전압 또는 고주파 전력이 인가되지 않는 구간에서는 레이저 펄스(LP)가 출력되지 않으며, 전압 또는 고주파 전력이 인가되지 않는 시간은 수백 ns 이상이 될 수 있다. 따라서, 제어부(130)에서 광변조기(120)로의 전압 또는 고주파 전력의 인가 및 비인가에 의해, 100ns 이하의 시간 간격을 갖는 레이저 펄스(LP)들의 그룹이 수백 ns 이상의 시간을 주기로 반복될 수 있으며, 이를 버스트 모드라고 할 수 있다.

- [60] 위 실시예에 따르면, 광변조기(120)에 인가되는 전기적인 신호를 임의로 조절함으로써, 가공하고자 하는 대상물의 종류에 따라 다양한 버스트 모드를 구현할 수 있으며, 이에 따라 생산성이 증대될 수 있다. 또한, 광학계를 이용하여 레이저 펄스(LP)의 버스트 모드를 생성하는 것에 비해 공간적으로 간단해 질 수 있다.
- [61] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [62] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

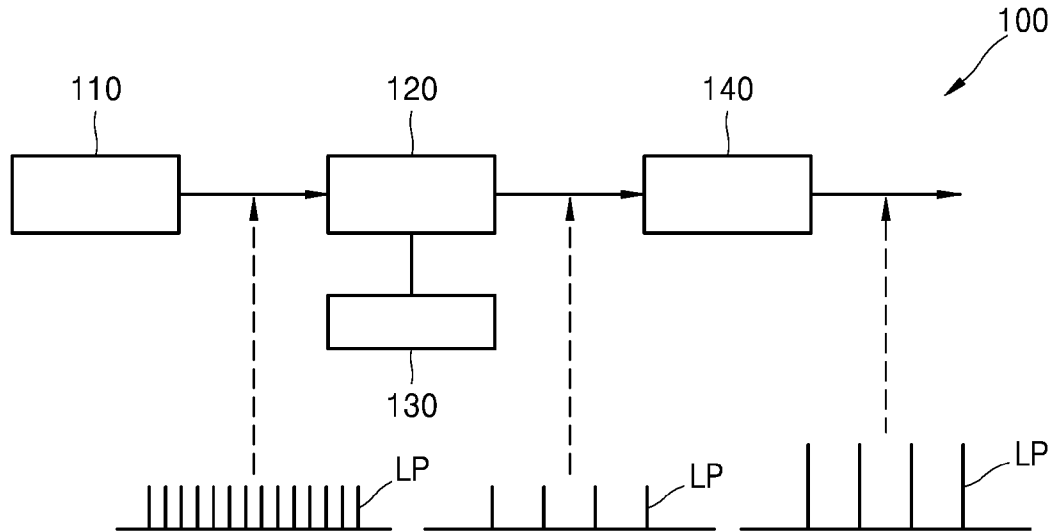
청구범위

- [청구항 1] 일정한 시간 간격으로 복수의 레이저 펄스를 발생시키는 펄스 레이저 발생기;
구동에 의해 상기 레이저 펄스들 중 일부를 선택적으로 추출하는 광변조기;
상기 광변조기에 인가되는 전기적인 신호를 시간에 따라 변화시키면서 상기 광변조기의 구동을 제어하는 제어부; 및
상기 추출된 레이저 펄스들을 증폭하는 광증폭기;를 포함하는 펄스 제어 장치.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 광변조기는 전기 광학 변조기(EOM; electro optics modulator)를 포함하는 펄스 제어 장치.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
상기 전기적인 신호는 전압을 포함하고, 상기 제어부는 상기 전기 광학 변조기에 시간에 따라 변화하는 전압을 인가하는 펄스 제어 장치.
- [청구항 4] 제 3 항에 있어서,
상기 광증폭기로부터 나오는 상기 레이저 펄스들의 출력은 일정하거나 또는 시간에 따라 변화하는 펄스 제어 장치.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 광변조기는 음향 광학 변조기(AOM; acoustic optics modulator)를 포함하는 펄스 제어 장치.
- [청구항 6] 제 5 항에 있어서,
상기 전기적인 신호는 고주파 전력을 포함하고, 상기 제어부는 상기 음향 광학 변조기에 시간에 따라 변화하는 고주파 전력을 인가하는 펄스 제어 장치.
- [청구항 7] 제 6 항에 있어서,
상기 광증폭기로부터 나오는 상기 레이저 펄스들의 출력은 일정하거나 또는 시간에 따라 변화하는 펄스 제어 장치.
- [청구항 8] 일정한 시간 간격으로 복수의 레이저 펄스를 발생시키는 단계;
광변조기의 구동에 의해 상기 레이저 펄스들 중 일부를 선택적으로 추출하는 단계; 및
상기 추출된 레이저 펄스들을 증폭하는 단계;를 포함하며,
상기 추출하는 단계는, 제어부가 상기 광변조기에 인가되는 전압 또는 고주파 전력을 시간에 따라 변화시킴으로써 수행되는 펄스 제어 방법.
- [청구항 9] 제 8 항에 있어서,
상기 광변조기는 전압 인가에 의해 구동되는 전기 광학 변조기를 포함하며,

상기 제어부는 상기 전기 광학 변조기에 시간에 따라 변화하는 전압을 인가하는 펄스 제어 방법.

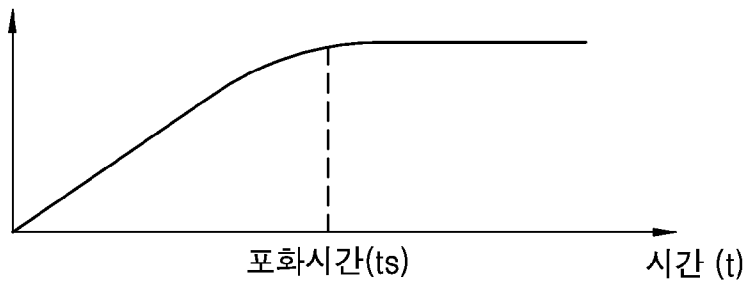
- [청구항 10] 제 9 항에 있어서,
상기 전기 광학 변조기에 인가되는 전압은 시간에 따라 감소하거나 또는 시간에 따라 증가하는 펄스 제어 방법.
- [청구항 11] 제 10 항에 있어서,
상기 증폭된 레이저 펄스들의 출력은 일정하거나 또는 시간에 따라 변화하는 펄스 제어 방법.
- [청구항 12] 제 8 항에 있어서,
상기 광변조기는 고주파 전력 인가에 의해 구동되는 음향 광학 변조기를 포함하며,
상기 제어부는 상기 음향 광학 변조기에 시간에 따라 변화하는 고주파 전력을 인가하는 펄스 제어 방법.
- [청구항 13] 제 12 항에 있어서,
상기 음향 광학 변조기에 인가되는 고주파 전력은 시간에 따라 감소하거나 또는 시간에 따라 증가하는 펄스 제어 방법.
- [청구항 14] 제 13 항에 있어서,
상기 증폭된 레이저 펄스들의 출력은 일정하거나 또는 시간에 따라 변화하는 펄스 제어 방법.

[도1]



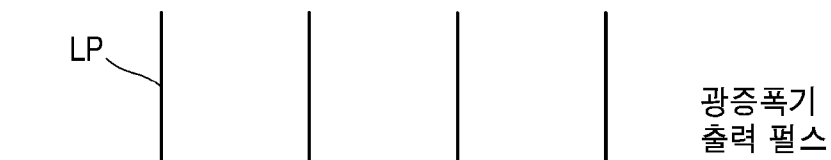
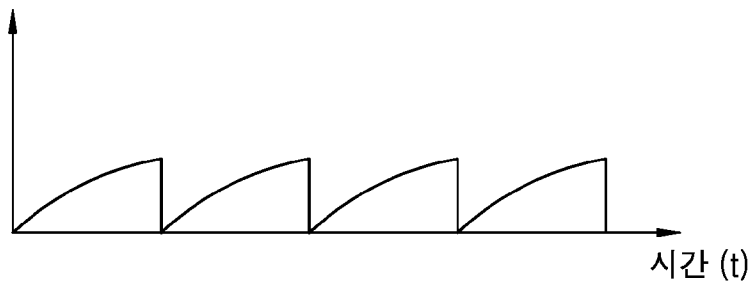
[도2a]

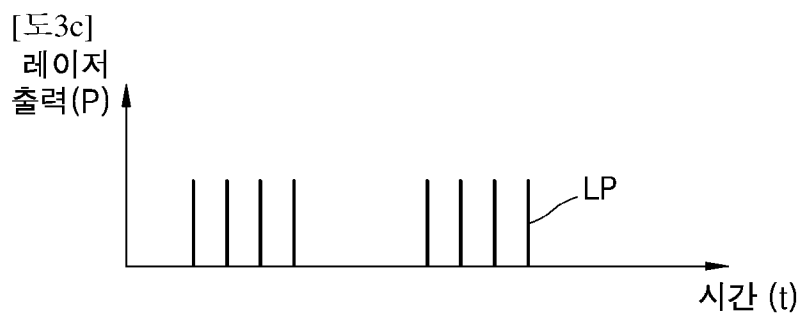
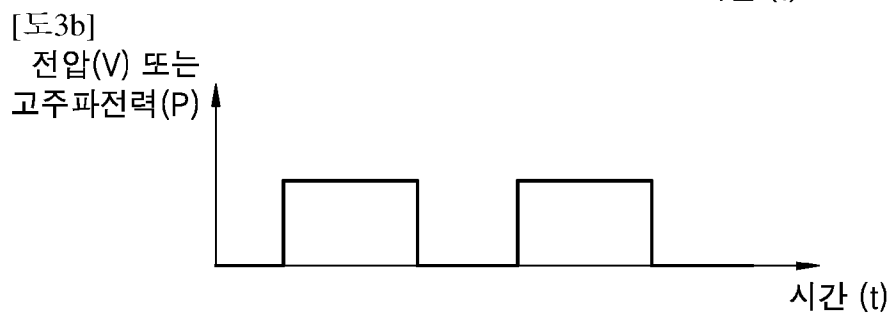
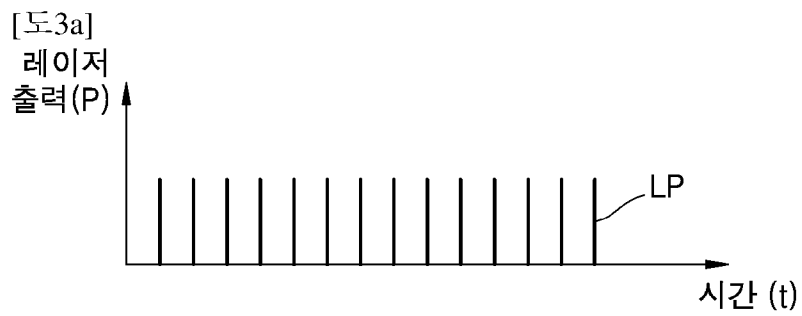
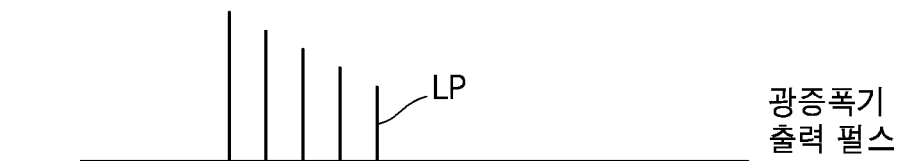
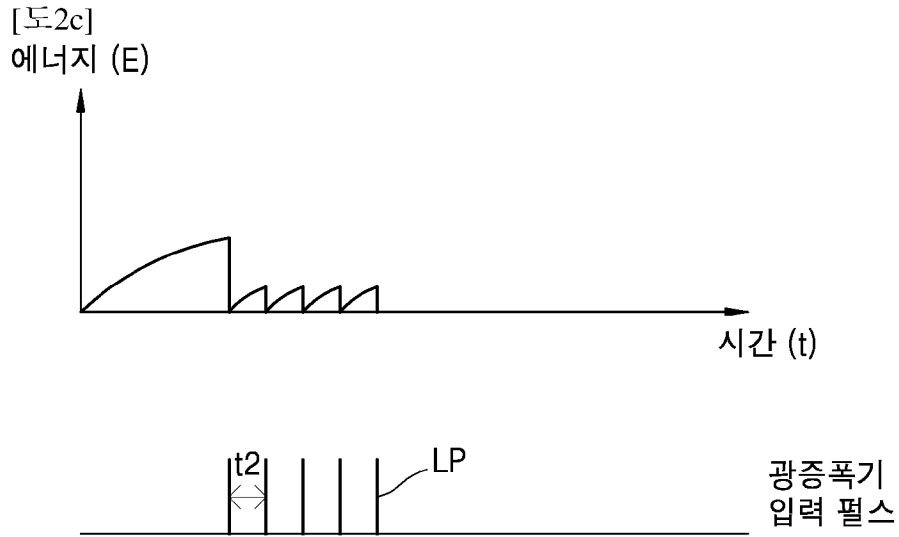
에너지 (E)



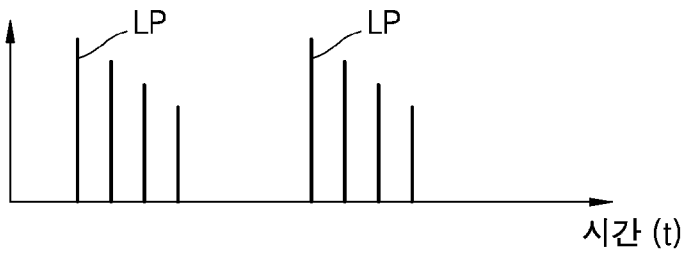
[도2b]

에너지 (E)

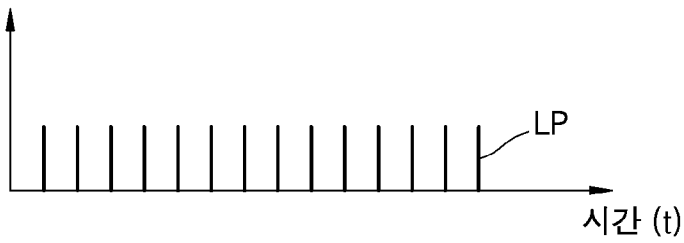




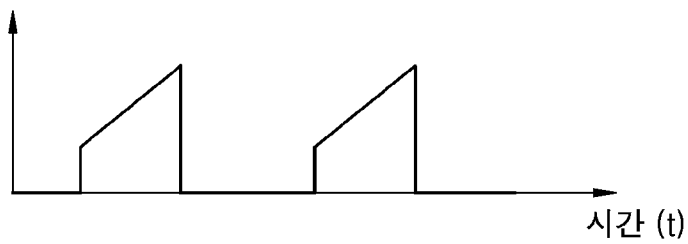
[도3d]

레이저
출력(P)

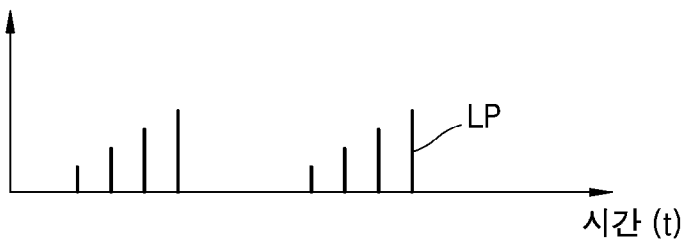
[도4a]

레이저
출력(P)

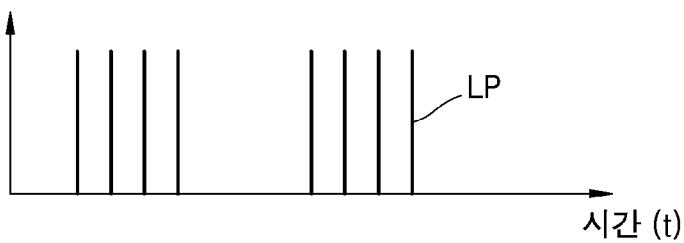
[도4b]

전압(V) 또는
고주파전력(P)

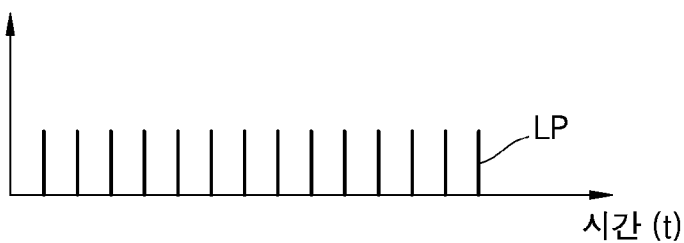
[도4c]

레이저
출력(P)

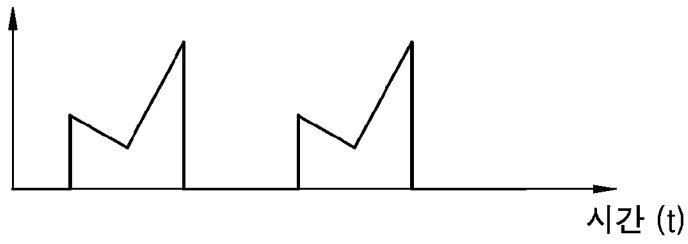
[도4d]

레이저
출력(P)

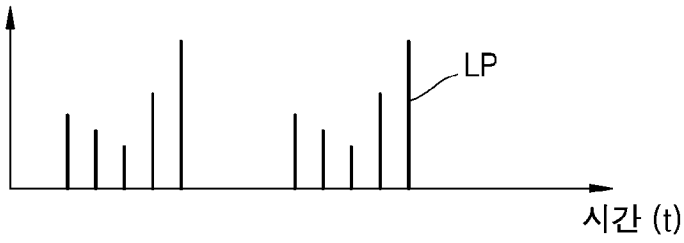
[도5a]

레이저
출력(P)

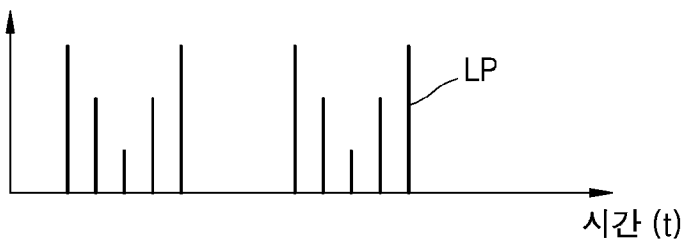
[도5b]

전압(V) 또는
고주파전력(P)

[도5c]

레이저
출력(P)

[도5d]

레이저
출력(P)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/010234

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S 3/10(2006.01)i, H01S 3/107(2006.01)i, H01S 3/106(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; B23K 26/36; H01S 3/102; H01S 3/23; H01S 3/098; H01S 5/183; H01S 3/107; H01S 3/106

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, modulator, amplifier, burst mode

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2011-0112347 A (ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC.) 12 October 2011 See paragraphs [0027]-[0037], claims 1, 17 and figures 1-6.	1-14
A	KR 10-2014-0129013 A (ESI-PYROPHOTONICS LASERS, INC.) 06 November 2014 See claim 1 and figure 2.	1-14
A	KR 10-2015-0008904 A (PHOTON ENERGY GMBH.) 23 January 2015 See claim 1 and figure 1.	1-14
A	KR 10-1176447 B1 (GWANGJU INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 30 August 2012 See claim 1 and figure 8.	1-14
A	KR 10-2015-0120937 A (NOVARTIS AG.) 28 October 2015 See claim 1 and figure 2.	1-14



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

21 NOVEMBER 2016 (21.11.2016)

Date of mailing of the international search report

22 NOVEMBER 2016 (22.11.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR

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

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2016/010234

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2011-0112347 A	12/10/2011	CA 2749329 A1	22/07/2010
		CN 102334249 A	25/01/2012
		CN 102334249 B	01/01/2014
		JP 2012-515450 A	05/07/2012
		TW 201031064 A	16/08/2010
		US 2010-0177794 A1	15/07/2010
		US 8309885 B2	13/11/2012
		WO 2010-083091 A2	22/07/2010
		WO 2010-083091 A3	23/09/2010
KR 10-2014-0129013 A	06/11/2014	CN 104094484 A	08/10/2014
		JP 2015-503856 A	02/02/2015
		TW 201330432 A	16/07/2013
		US 2013-0183046 A1	18/07/2013
		US 8958705 B2	17/02/2015
		WO 2013-106140 A1	18/07/2013
KR 10-2015-0008904 A	23/01/2015	JP 2015-519757 A	09/07/2015
		US 2015-0180197 A1	25/06/2015
		WO 2013-185792 A1	19/12/2013
KR 10-1176447 B1	30/08/2012	JP 2014-515886 A	03/07/2014
		JP 5795682 B2	14/10/2015
		KR 10-1262346 B1	08/05/2013
		US 2014-0049811 A1	20/02/2014
		US 2014-0177033 A1	26/06/2014
		US 9450368 B2	20/09/2016
		WO 2012-148062 A1	01/11/2012
KR 10-2015-0120937 A	28/10/2015	AU 2013-380267 A1	24/09/2015
		CN 105103391 A	25/11/2015
		EP 2789061 A1	15/10/2014
		JP 2016-513989 A	19/05/2016
		US 2015-0230978 A1	20/08/2015
		WO 2014-131445 A1	04/09/2014

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01S 3/10(2006.01)i, H01S 3/107(2006.01)i, H01S 3/106(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01S 3/10; B23K 26/36; H01S 3/102; H01S 3/23; H01S 3/098; H01S 5/183; H01S 3/107; H01S 3/106

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, 변조기, 증폭기, 버스트 모드

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2011-0112347 A (일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드) 2011.10.12 단락 [0027]-[0037], 청구항 1, 17 및 도면 1-6 참조.	1-14
A	KR 10-2014-0129013 A (이에스아이-파이로포토닉스 레이저스, 인코포레이티드) 2014.11.06 청구항 1 및 도면 2 참조.	1-14
A	KR 10-2015-0008904 A (포탄 에너지 게엠베하) 2015.01.23 청구항 1 및 도면 1 참조.	1-14
A	KR 10-1176447 B1 (광주과학기술원) 2012.08.30 청구항 1 및 도면 8 참조.	1-14
A	KR 10-2015-0120937 A (노바르티스 아게) 2015.10.28 청구항 1 및 도면 2 참조.	1-14

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

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

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

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

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

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

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

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

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2016년 11월 21일 (21.11.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 11월 22일 (22.11.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



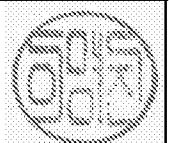
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이명진

전화번호 +82-42-481-8474



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2011-0112347 A	2011/10/12	CA 2749329 A1 CN 102334249 A CN 102334249 B JP 2012-515450 A TW 201031064 A US 2010-0177794 A1 US 8309885 B2 WO 2010-083091 A2 WO 2010-083091 A3	2010/07/22 2012/01/25 2014/01/01 2012/07/05 2010/08/16 2010/07/15 2012/11/13 2010/07/22 2010/09/23
KR 10-2014-0129013 A	2014/11/06	CN 104094484 A JP 2015-503856 A TW 201330432 A US 2013-0183046 A1 US 8958705 B2 WO 2013-106140 A1	2014/10/08 2015/02/02 2013/07/16 2013/07/18 2015/02/17 2013/07/18
KR 10-2015-0008904 A	2015/01/23	JP 2015-519757 A US 2015-0180197 A1 WO 2013-185792 A1	2015/07/09 2015/06/25 2013/12/19
KR 10-1176447 B1	2012/08/30	JP 2014-515886 A JP 5795682 B2 KR 10-1262346 B1 US 2014-0049811 A1 US 2014-0177033 A1 US 9450368 B2 WO 2012-148062 A1	2014/07/03 2015/10/14 2013/05/08 2014/02/20 2014/06/26 2016/09/20 2012/11/01
KR 10-2015-0120937 A	2015/10/28	AU 2013-380267 A1 CN 105103391 A EP 2789061 A1 JP 2016-513989 A US 2015-0230978 A1 WO 2014-131445 A1	2015/09/24 2015/11/25 2014/10/15 2016/05/19 2015/08/20 2014/09/04