



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0145049
(43) 공개일자 2016년12월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 1/42 (2006.01) G01J 1/02 (2006.01)
G01J 1/04 (2006.01) G02B 6/024 (2006.01)
G02B 6/028 (2006.01) G02B 6/036 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01J 1/4228 (2013.01)
G01J 1/0295 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7030162
(22) 출원일자(국제) 2015년04월09일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2016년10월27일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/025204
(87) 국제공개번호 WO 2015/157574
국제공개일자 2015년10월15일
(30) 우선권주장
61/978,736 2014년04월11일 미국(US)

(71) 출원인
록히드 마틴 코포레이션
미국 메릴랜드 베테스다 록렛지 드라이브 6801(우
:20817)
(72) 발명자
귀몬드, 스티븐
미국 워싱턴주 98021, 보셀, 20번가 사우스이스트
22121
(74) 대리인
특허법인 티앤아이

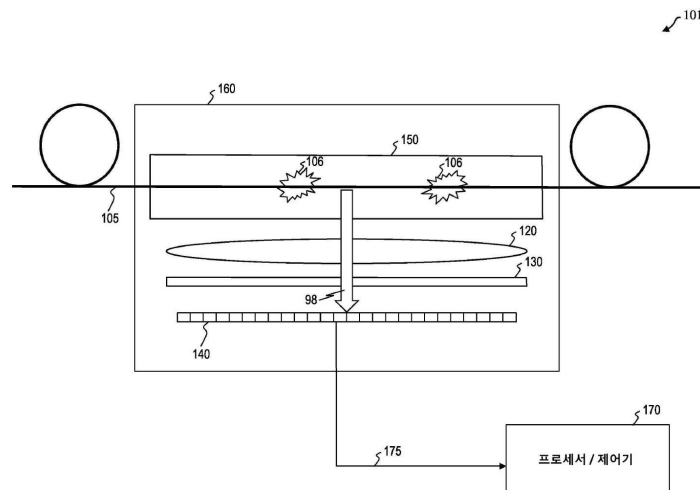
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 비접촉 광 전력 측정을 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 광 섬유의 변경과 광 섬유와의 물리적 접촉을 필요로 하지 않는 광 전력을 측정하기 위한 방법 및 시스템을 제공하고, 시스템은, 광 신호를 전파하도록 구성되고, 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하는 광 섬유로서, 광 신호의 일부가 광 섬유의 길이를 따라 광 섬유로부터 산란되어 산란 섬유 광을 형성하는, 광 섬유; 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 수신하고 수신한 산란 섬유 광에 기초하여 검출 신호를 출력하도록 구성된 검출기 시스템; 및 검출 신호를 수신하고 수신한 검출 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하도록 구성된 프로세서를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G01J 1/0425 (2013.01)

G01J 1/0429 (2013.01)

G01J 1/4257 (2013.01)

G02B 6/024 (2013.01)

G02B 6/0283 (2013.01)

G02B 6/03622 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

광 전력을 측정하기 위한 장치로서,

광 신호를 전파하도록 구성되고, 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하는 광 섬유로서, 상기 광 신호의 일부가 상기 광 섬유의 길이를 따라 상기 광 섬유로부터 산란되어 산란 섬유 광을 형성하는, 광 섬유;

상기 광 섬유의 길이를 따라 상기 산란 섬유 광을 수신하고 수신한 상기 산란 섬유 광에 기초하여 검출 신호를 출력하도록 구성된 검출기 시스템; 및

상기 검출 신호를 수신하고 수신한 상기 검출 신호에 기초하여 상기 광 신호의 전력 값을 결정하도록 구성된 프로세서를 포함하는, 광 전력 측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 클래딩 층은 굴절률을 갖고, 상기 광 섬유는 상기 광 섬유의 길이를 따라 상기 제1 클래딩 층을 둘러싸는 제2 클래딩 층을 더 포함하고, 상기 제2 클래딩 층은, 상기 제1 클래딩 층 내에 삽입되는 펌프 광이 상기 광 섬유의 길이를 따라 상기 제1 클래딩 층 내에 포함되도록 상기 제1 클래딩 층의 굴절률보다 낮은 굴절률을 갖는, 광 전력 측정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 검출기 시스템은 복수의 감광 위치를 포함하고, 상기 복수의 감광 위치의 각각은 적어도 하나의 다른 위치로부터 집광하는, 광 전력 측정 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 검출기 시스템은 1 대 N 선형 어레이 검출기를 포함하고, 상기 N은 1보다 큰 정수인, 광 전력 측정 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 검출기 시스템은 단일-픽셀 검출기를 포함하는, 광 전력 측정 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 산란 섬유 광은 산란 펌프 광을 포함하고,

상기 장치는,

상기 광 섬유와 상기 검출기 시스템 사이에 위치하고, 상기 산란 섬유 광이 상기 검출기 시스템 상으로 향하도록 구성된 이미징 광학계; 및

상기 산란 펌프 광이 상기 검출기 시스템에 도달하기 전에 상기 산란 섬유 광으로부터 상기 산란 펌프 광을 필터링하도록 구성된 파장 필터를 더 포함하는, 광 전력 측정 장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 상기 산란 섬유 광의 대부분은 상기 PM 섬유로부터 제1 방향으로 산란하고, 상기 검출기 시스템은 상기 제1 방향으로 산란하는 상기 산란 섬유 광을 검출하도록 배향된, 광 전력 측정 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 상기 프로세서는 로크인(lock-in) 검출 모듈을 포함하고,

상기 장치는, 상기 프로세서에 동작가능하게 결합되고 상기 산란 섬유 광의 편광을 변조하도록 구성된 편광 변조기 유닛을 더 포함하고,

상기 편광 변조기 유닛은 편광기를 포함하고, 상기 프로세서는, 상기 산란 섬유 광의 신호대 잡음비를 개선하도록 상기 편광 변조기 유닛과 상기 로크인 검출 모듈을 제어하는, 광 전력 측정 장치.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 프로세서는, 또한, 상기 광 신호의 전력 값의 결정 동안 상기 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하도록 구성된, 광 전력 측정 장치.

청구항 10

제1항에 있어서, 펌프 덤프, 및

상기 광 섬유에 광학적으로 결합된 캘리브레이션 출력계를 더 포함하고,

상기 캘리브레이션 출력계는 상기 장치의 출력 캘리브레이션을 제공하도록 구성된, 광 전력 측정 장치.

청구항 11

광 전력을 측정하는 방법으로서,

광 신호를 전파하도록 구성된 광 섬유를 제공하는 단계로서, 상기 광 섬유는 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하고, 상기 광 신호의 일부는 상기 광 섬유의 길이를 따라 상기 광 섬유로부터 산란되어 산란 섬유 광을 형성하는, 상기 제공하는 단계;

제1 기간에, 상기 광 섬유의 길이를 따라 상기 산란 섬유 광을 검출하고 이미징된 상기 산란 섬유 광에 기초하여 제1 신호를 출력하는 단계; 및

상기 제1 신호에 기초하여 상기 광 신호의 전력 값을 결정하는 단계를 포함하는, 광 전력 측정 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 산란 섬유 광은 산란 펌프 광을 포함하고,

상기 방법은,

상기 산란 섬유 광의 검출 전에 상기 산란 섬유 광을 포커싱하는 단계; 및

상기 산란 섬유 광을 파장 필터링하여 상기 광 신호의 일부를 펌프 광으로부터 분리하는 단계를 더 포함하는, 광 전력 측정 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 상기 산란 섬유 광의 대부분은 상기 PM 섬유로부터 제1 방향으로 산란하고, 상기 산란 섬유 광의 검출은 로크인 검출에 의해 상기 제1 방향으로 산란하는 산란 섬유 광의 검출을 포함하고,

상기 방법은 상기 산란 섬유 광의 검출 전에 상기 산란 섬유 광의 편광을 변조하는 단계를 더 포함하는, 광 전력 측정 방법.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 광 신호의 전력 값을 결정하는 단계는 상기 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하는 단계를 포함하는, 광 전력 측정 방법.

청구항 15

제11항에 있어서, 상기 광 신호의 전력 값을 결정하는 단계는,

상기 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하는 단계;

결정된 상기 전력 값의 기능성 맞춤(functional fit)을 상기 산란 섬유 광에 대하여 수행하는 단계;

상기 제1 기간에 후속하는 제2 기간에, 상기 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 검출하고 제2 이미지 신호를 출력하는 단계; 및

상기 기능성 맞춤을 이용하여, 상기 제2 이미지 신호에 기초하여 상기 광 신호의 전력 값을 결정하는 단계를 포함하는, 광 전력 측정 방법.

청구항 16

제11항에 있어서, 상기 광 섬유의 길이를 따라 펄스 광을 덤핑하는 단계; 및

상기 광 신호의 전력 값의 결정을 캘리브레이션하는 단계를 더 포함하는, 광 전력 측정 방법.

청구항 17

제11항에 있어서, 상기 검출을 수행하도록 구성된 검출기 시스템을 제공하는 단계; 및

상기 광 섬유에 대한 상기 검출기 시스템의 위치를 고정하는 단계를 더 포함하는, 광 전력 측정 방법.

청구항 18

제11항에 있어서, 상기 광 신호의 전력 값을 결정하는 단계는 상기 광 신호의 출력 대 시간 프로파일을 검출하는 단계를 포함하는, 광 전력 측정 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 출력 대 시간 프로파일에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 광 신호를 제어하는 단계를 더 포함하는, 광 전력 측정 방법.

청구항 20

광 신호를 전파하도록 구성되고, 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하는 광 섬유로서, 상기 광 신호의 일부는 상기 광 섬유의 길이를 따라 상기 광 섬유로부터 산란되어 산란 섬유 광을 형성하는, 광 섬유;

상기 광 섬유의 길이를 따라 상기 산란 섬유 광을 검출하고 이미징된 상기 산란 섬유 광에 기초하여 신호를 출력하기 위한 수단; 및

이미지 신호에 기초하여 상기 광 신호의 전력 값을 결정하기 위한 수단을 포함하는, 광 전력 측정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은, 미국 특허법 35 U.S.C. § 119(e)에 따라 Stephen J. Guimond에 의해 "SYSTEM AND METHOD FOR NON-CONTACT OPTICAL-POWER MEASUREMENT"라는 명칭으로 2014년 4월 11일자로 제출된 미국 가특허출원 제 61/978,736호인 우선권을 주장하며, 그 전문은 본원에 참고로 인용된다.

[0003] 본 출원은,

[0004] "FIBER- OR ROD-BASED OPTICAL SOURCE FEATURING A LARGE-CORE, RARE-EARTH-DOPED PHOTONIC-CRYSTAL DEVICE FOR GENERATION OF HIGH-POWER PULSED RADIATION AND METHOD"라는 명칭으로 Fabio Di Teodoro 등에게 2008년 6월 24일 발행된 미국 특허 제7,391,561호;

[0005] "APPARATUS AND METHOD FOR AN ERBIUM-DOPED FIBER FOR HIGH PEAK-POWER APPLICATIONS"이라는 명칭으로 John D. Minelly 등에게 2009년 8월 4일 발행된 미국 특허 제7,570,856호;

[0006] "METHOD AND APPARATUS FOR OPTICAL GAIN FIBER HAVING SEGMENTS OF DIFFERING CORE SIZES"라는 명칭으로 Matthias P. Savage-Leuchs에게 2010년 8월 3일 발행된 미국 특허 제7,768,700호;

- [0007] "HIGH-POWER, PULSED RING FIBER OSCILLATOR AND METHOD"라는 명칭으로 Fabio Di Teodoro 등에게 2011년 1월 25일 발행된 미국 특허 제7,876,803호;
- [0008] "PULSE-ENERGY-STABILIZATION APPROACH AND FIRST-PULSE-SUPPRESSION METHOD USING FIBER AMPLIFIER"라는 명칭으로 Eric C. Honea 등에게 2011년 1월 25일 발행된 미국 특허 제7,876,498호;
- [0009] "MICRO-STRUCTURED FIBER PROFILES FOR MITIGATION OF BEND-LOSS AND/OR MODE DISTORTION IN LMA FIBER AMPLIFIERS, INCLUDING DUAL-CORE EMBODIMENTS"라는 명칭으로 John D. Minelly에게 2011년 4월 12일 발행된 미국 특허 제7,924,500호;
- [0010] "Q-SWITCHED OSCILLATOR SEED-SOURCE FOR MOPA LASER ILLUMINATOR METHOD AND APPARATUS"라는 명칭으로 Matthias P. Savage-Leuchs 등에게 2015년 1월 13일 발행된 미국 특허 제8,934,509호;
- [0011] "HIGH-POWER LASER SYSTEM HAVING DELIVERY FIBER WITH NON-CIRCULAR CROSS SECTION FOR ISOLATION AGAINST BACK REFLECTIONS"이라는 명칭으로 Matthias P. Savage-Leuchs에게 2014년 5월 27일 발행된 미국 특허 제8,736,953호;
- [0012] "HIGH BEAM QUALITY AND HIGH AVERAGE POWER FROM LARGE-CORE-SIZE OPTICAL-FIBER AMPLIFIERS"라는 명칭으로 Matthias P. Savage-Leuchs 등에게 2014년 9월 9일 발행된 미국 특허 제8,830,568호;
- [0013] "SIGNAL AND PUMP MODE-FIELD ADAPTOR FOR DOUBLE-CLAD FIBERS AND ASSOCIATED METHOD"라는 명칭으로 Matthias P. Savage-Leuchs 등에게 2014년 7월 1일 발행된 미국 특허 제8,767,286호;
- [0014] "IN-LINE FORWARD/BACKWARD FIBER-OPTIC SIGNAL ANALYZER"라는 명칭으로 Tolga Yilmaz 등에게 2014년 6월 17일 발행된 미국 특허 제8,755,649호;
- [0015] "METHOD AND APPARATUS FOR IN-LINE FIBER-CLADDING-LIGHT DISSIPATION"라는 명칭으로 Yongdan Hu에게 2013년 1월 15일 발행된 미국 특허 제8,355,608호;
- [0016] "BEAM DIAGNOSTICS AND FEEDBACK SYSTEM AND METHOD FOR SPECTRALLY BEAM-COMBINED LASERS"라는 명칭으로 Eric C. Honea 등에게 2013년 4월 2일 발행된 미국 특허 제8,411,712호;
- [0017] "OPTICAL-FIBER ARRAY METHOD AND APPARATUS"라는 명칭으로 Yongdan Hu 등에게 2013년 8월 6일 발행된 미국 특허 제8,503,840호;
- [0018] "FIBER AMPLIFIER SYSTEM FOR SUPPRESSION OF MODAL INSTABILITIES AND METHOD"라는 명칭으로 Eric C. Honea 등에 의해 2013년 11월 21일 출원된 미국 특허출원 제14/086,744호;
- [0019] "APPARATUS AND METHOD FOR FIBER-LASER OUTPUT-BEAM SHAPING FOR SPECTRAL BEAM COMBINATION"이라는 명칭으로 Eric C. Honea 등에 의해 2014년 2월 18일 출원된 미국 특허출원 제13/987,265호;
- [0020] "APPARATUS AND METHOD FOR A DIAMOND SUBSTRATE FOR A MULTI-LAYERED DIELECTRIC DIFFRACTION GRATING"이라는 명칭으로 Andrew Xing 등에 의해 2013년 9월 13일 가출원된 미국 가특허출원 제61/877,796호;
- [0021] "APPARATUS AND METHOD FOR A DIAMOND SUBSTRATE FOR A MULTI-LAYERED DIELECTRIC DIFFRACTION GRATING"이라는 명칭으로 Andrew Xing 등에 의해 2014년 9월 15일 출원된 미국 특허출원 제14/121,004호(Attorney Docket 5032.085US1);
- [0022] "SYSTEM AND METHOD FOR HIGH-POWER, HIGH-STRAYLIGHT-LOAD FIBER ARRAY"라는 명칭으로 Yongdan Hu 등에 의해 2014년 4월 30일 가출원된 미국 가특허출원 제61/854,277호; 및
- [0023] "METHOD AND APPARATUS FOR LOW-PROFILE FIBER-COUPLING TO PHOTONIC CHIPS"라는 명칭으로 Gregory J. Whaley에 의해 2014년 6월 17일 출원된 미국 특허출원 제13/999,557호이며, 이들 문헌의 각각은 본원에 참고로 인용된다.
- [0024] 본 발명은, 광학 시스템에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는, 광학 시스템을 통해 전파되는 광 신호의 전력을 비침투적으로 측정하는 (예를 들어, 광 섬유를 휘어지게 하여 클래딩 전파를 유도하거나 측면 연마에 의해 광 섬유를 변경하지 않고 및/또는 광 섬유와 물리적으로 접촉하지 않고 광 섬유를 통해 전파되는 광 전력을 측정하는) 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0025] 임의의 레이저 시스템에서의 감시를 위한 핵심 파라미터는 레이저 시스템에 의해 생성되는 광 신호의 전력이다. 종래의 광 섬유 전력 측정 시스템은, 대략 다음과 같은 두 개의 카테고리인, (1) 모든 전력이 측정 헤드에서 판독 및 정지되도록 섬유 팁이 갈라지거나 연마되어 측정 헤드 내에 삽입되는 섬유 광학 전력 측정(본원에서 "인터럽션" 전력 측정이라고도 함) 및 (2) 광 섬유가 측면 연마되거나 그 외에는 소정의 넉제로 삽입 손실을 갖는 "인라인" 전력 모니터 내에 통합되는 섬유 광학 디바이스 중 하나에 속한다.
- [0026] 인터럽션 전력 모니터는, 광 트레인을 인터럽트하여, 제 위치에서의 전력 측정, 감시, 또는 고장 검출에 대하여 광 트레인을 소용없게 한다. 인터럽션 전력 모니터의 예로는, Ophir Optronics Solutions Ltd.에 의한 Ophir PD300-IRG Fiber Optic Power Meter Head(www.ophiropt.com/laser-measurement-instruments/new-products/pd300-r) 및 Thorlabs Inc.에 의한 Thorlabs S140C with S120-FC Fiber Adapter(www.Thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=3328&pn=S140C#6034)가 있다.
- [0027] 종래의 인라인 전력 모니터는, 섬유 무결성을 가지고 고 전력에서의 광 손상위험을 감수하며 삽입 손실을 도입하는 탭을 사용한다(예를 들어, 종래의 인라인 전력 모니터는, 고 전력 응용분야에 있어서 손상의 위험이 있고 광 성능을 열화시키고 후방 산란을 야기하고 및/또는 전력 처리량을 감소시키는 방식으로 광 섬유를 변경한다). 인라인 전력 모니터의 예로는, EigenLight Corporation에 의한 EigenLight Series 500 Inline Optical Power Monitor (www.eigenlight.com/products/portable-optical-power-monitors/series-500 및 FiberLogix Inline Power Monitor(www.fiberlogix.com/Passive/powermonitor.html)가 있다. 인라인 전력 모니터는, 코어에서의 전력 중 일부를 광 검출기로 향하도록 탭오프함으로써 삽입 손실을 도입한다. 인라인 전력 모니터는, 소멸파(evanescent wave) 효과를 이용하는 소정의 광 전력을 스트립핑(strip)함으로써 또는 광 결합기 또는 스플리터와 유사한 수단에 의해 동작한다. 종래의 인라인 전력 모니터는, (예를 들어, 변경 감시 시스템, 전력 피드백 시스템, 고장 검출 시스템 등에서 필요할 때) 전체 동작 동안 인라인 디바이스가 제 위치에서 유지되어야 하는 효율과 총 전력 때문에 바람직하지 못하다. 종래의 소정의 인라인 전력 모니터는, 클래딩에서 전파되는 전력을 프로빙(probe)하거나 재방향설정하도록 측면 연마 또는 노치에 의해 섬유를 변경한다. 이는, 기계적으로 섬유의 약화 및 레이저 손상 임계값 감소를 도입한다. 클래딩과 섬유 표면의 변경은 고 전력 섬유 레이저 시스템에서 바람직하지 못하다. 이러한 탭 및 기타 동작 원리를 이용하는 종래의 인라인 전력 모니터에서는, 80와트(W)보다 높은 동작을 위한 데이터가 없으며, 손상 임계값 또는 수백 밀리와트(mW) 내지 수십 와트(예를 들어, 약 50W) 범위의 최대 동작 전력 명세가 있다. 시스템 고장 및 화재 또는 시스템 손상이 발생한다면, 종래의 인라인 전력 모니터 및 이러한 모니터에서 발생할 수 있는 결함도, 안전성 리스크를 도입한다. 따라서, 종래의 인라인 전력 모니터는 고 전력(예를 들어, 약 1킬로와트 이상) 시스템에서의 광 전력을 안전하게 측정하는 데 적절하지 못하다.
- [0028] "INTEGRATED PARAMETER MONITORING IN A FIBER LASER/AMPLIFIER"라는 명칭으로 2013년 4월 11에 공개된 Daniel J. Creeden 등의 미국 특허출원 공개공보 제2013/0087694호(이하, "Creeden 등")는 본원에 참고로 인용된다. Creeden 등은, 탭 결합기를 추가하지 않고 또는 섬유 길이를 증가시키지 않고 고 전력 섬유 레이저 또는 증폭기 시스템에서 파라미터를 감시하는 기술을 개시한다. 일부 실시예들에서, 클래딩 스트립핑은, 클래딩에서 전파되는 광의 작은 퍼센트를 일체형 신호 파라미터 모니터로 빼내는 데 사용된다. 하나 이상의 특정 파장(예를 들어, 펄스 신호 파장, 신호/코어 신호 파장 등)에서의 파라미터들을 감시할 수 있다. 이러한 일부 경우에, 필터들은, 감시되는 신호 파장을 대응하는 파라미터 모니터로 선택적으로 통과시킬 수 있도록 사용될 수 있다. 필터들은, 파라미터 모니터 패키지의 외부에 있을 수 있고 또는 집적된 파라미터 모니터를 갖는 클래딩 스트립핑을 포함하는 파라미터 모니터 패키지 내에 집적될 수 있다. 전력에 더하여 또는 전력의 대안으로, 관심 대상인 다른 파라미터들(예를 들어, 위상, 파장)도 감시할 수 있다. 많은 구성과 변동은 본 개시 내용을 고려할 때 명백할 것이다(예를 들어, 시스템 온 칩).
- [0029] "SIGNAL COUPLER FOR BUFFERED OPTICAL FIBERS"라는 명칭으로 Bruce D. Campbell 등에게 1986년 5월 6일 발행된 미국 특허 제4,586,783호(이하, "Campbell 등")가 본원에 참고로 인용된다. Campbell 등은, 섬유의 주기적인 마이크로벤딩을 유도하는 규칙적으로 이격된 돌출부들을 갖는 견고한 "키"에 의해 섬유가 가압되는 부드럽고 투명한 폴리머 막대를 포함하는 버퍼링된 광 섬유를 위한 신호 결합기를 개시한다. 섬유를 따라 전달되는 광 신호는, 섬유를 막대에 가압하는 키에 의해 폴리머 막대에 결합될 수 있고, 막대의 단부로부터 추출될 수 있다. 유사한 공정을 이용하여 광 신호를 섬유 내에 주입할 수 있다. 결합기는 섬유를 위한 종단부로서 또는 비파괴적 탭의 일부로서 사용될 수 있다. 유도되는 감쇠 및 추출 신호의 강도는 키에 대한 압력을 가변함으로써 가변

될 수 있다.

- [0030] "OPTICAL FIBER TAP UTILIZING REFLECTOR"라는 명칭으로 William D. Uken에게 1989년 4월 25일 발행된 미국 특허 제4,824,199호(이하, "Uken")가 본원에 참고로 원용된다. Uken은, 광을 광 섬유 측면을 통해 전달함으로써 광 섬유 코어의 중간 부분으로부터 광을 회수하기 위한 탭을 개시하며, 평면에서 휘어지고 배치되는 광 섬유의 외면과 접촉하는 광 결합기를 포함한다. 평면을 가로질러 연장되는 광 반사기는 회수 광을 평면의 외부에 완전히 배치된 광 소자의 단부면을 향하여 편향시킨다. 유사한 구조를 이용하여 광을 광 섬유의 중간 부분에 주입할 수 있다. 탭은, 광을 회수하기 위한 판독 탭으로서 또는 광을 광 섬유 네트워크에 주입하기 위한 기입 탭으로서 사용될 수 있다.
- [0031] "POWER MONITOR FOR FIBER GAIN MEDIUM"이라는 명칭으로 Bernard Fidric 등에게 2002년 7월 23일 발행된 미국 특허 제6,424,663호(이하, "Fidric 등")가 본원에 참고로 원용된다. Fidric 등은, 이득 섬유(gain fiber)의 클래딩을 통해 방출되는 측광의 검출 레벨을 이용하여 출력 전력 감시 및 제어를 갖는 섬유 광학 이득 시스템을 개시한다. 섬유는, 섬유 클래딩에 인접하는 개구를 구비하는 스폴 상에 권취된다. 광검출기는, 개구의 반대측에 있는 스폴에 장착되고, 개구를 통해 투과되는 측광을 검출한다. 광검출기로부터의 출력 신호는, 시스템의 이득 또는 출력 전력을 나타내며, 시스템을 위한 펌핑 소스에 의해 발생하는 전력을 감시 및/또는 조정하는 데 사용될 수 있다. 이는 출력 전력 또는 이득을 안정화하는 데 일조하는 시스템의 피드백 제어를 가능하게 한다. 또한, 필터링 소자를 사용하여 검출되는 측광으로부터 소정의 불필요한 파장을 배제할 수 있다.
- [0032] "FIBER TAP MONITOR BASED ON EVANESCENT COUPLING"이라는 명칭으로 Bo Pi 등에게 2004년 6월 1일 발행된 미국 특허 제6,744,948호(이하, "Pi 등")가 본원에 참고로 원용된다. Pi 등은, 소멸 결합에 기초하여 측면 연마된 섬유 결합 포트 상에 형성된 섬유 탭 모니터를 개시한다.
- [0033] "BROADBAND FIBER OPTIC TAP"이라는 명칭으로 Craig D. Poole에게 2006년 10월 3일 발행된 미국 특허 제7,116,870호(이하, "Poole")가 본원에 참고로 원용된다. Poole은, 광 에너지를 고차수 모드의 섬유에 결합하기 위해 일차 및 이차 마이크로벤드들이 있는 광 섬유 및 내부 전반사에 의해 고 차수 모드의 에너지를 광 섬유로부터 멀어지게 반사하도록 섬유의 클래딩에 형성되고 경사지게 위치하는 반사면을 갖는 광 섬유로부터 광 에너지를 전달하기 위한 광대역 광 섬유 탭을 개시한다. 바람직한 실시예에서, 두 개의 마이크로벤드는, 단일 모드 섬유의 LP01 모드와 LP11 모드에 대한 다단 비트 길이(intermodal beat length)의 절반과 대략 같은 거리만큼 이격된다.
- [0034] "ASSEMBLY FOR MEASURING OPTICAL SIGNAL POWER IN FIBER LASERS"라는 명칭으로 Alexey V. Avdokhin 등에게 2013년 5월 28일 발행된 미국 특허 제8,452,147호(이하, "Avdokhin 등")가 본원에 참고로 원용된다. Avdokhin 등은, 두 개의 섬유 간의 스플라이스를 둘러싸는 전력 측정 조립체와 함께 구성된 섬유 레이저 시스템을 개시한다. 전력 측정 조립체는, 실질적으로 일정한 스플라이스 온도에서 스플라이스를 유지하고 스플라이싱된 섬유들을 외부 굽힘 응력으로부터 차폐하여 다수의 가변적 외부 인자들의 영향과는 독립적으로 스플라이스에서의 레이저 시스템의 전력 판독을 제공하도록 동작가능하다.
- [0035] 광 섬유를 통해 전파되는 광 신호의 전력을 측정하기 위한 개선된 시스템 및 방법이 필요하다.
- 발명의 내용**
- [0036] 일부 실시예들에서, 본 발명은, 광 섬유 전파의 부산물인 자연적으로 발생하는 산란 에너지를 이용하는 섬유 전력 감시 시스템을 제공하고, 따라서, 일부 실시예들에서, 본 발명은, 이러한 불가피한 산란으로 인해 손실된 전력만을 특징화하기 때문에 추가 처리량 손실을 도입하지 않는다. 일부 실시예들에서, 본 발명은, 광 섬유를 변경(굽힘, 응력, 스플라이스 등을 측면 연마하거나 도입하여 일부 광 전력의 클래딩 전파를 유도하는 등)하지 않고 광 섬유를 통해 전파되는 광 전력을 결정한다. 일부 실시예들에서, 광 전력은 자연적으로 발생하는 코어 산란으로부터 산출되므로, 물리적 접촉이 필요하지 않다. 일부 실시예들에서, 물리적 접촉 없는 전력 측정은 시험 중인 광 섬유의 레이저 손상 임계값을 증가시킨다. 일부 실시예들에서, 본 발명은, "핫스팟"으로부터의 단위 길이당 산란, 클래딩, 버퍼, 또는 기타 비균일한 결합을 판별하도록 강도 대 위치 데이터로 동작하는 알고리즘 및 선형 검출기 어레이를 제공한다. 일부 실시예들에서, "핫스팟" 또는 스파이크는, 평균을 산출하기 전에 또는 전력 캘리브레이션 록업 테이블에 이후에 매핑되는 기능성 맞춤 또는 전력 결정에 대한 기타 기능적 매핑을 수행하기 전에 제거된다. 일부 실시예들에서, 본 발명의 섬유 전력 감시 시스템은, 고 전력(예를 들어, 약 1킬로와트(kW) 이상) 시스템 및 약 1kW 미만의 전력 레벨에서 동작하는 시스템 모두에 적절하다.
- [0037] 일부 실시예들에서, 본 발명은 광 전력을 측정하는 방법을 제공하며, 이 방법은, 광 신호를 전파하도록 구성된

광 산란 매체(예를 들어, 융합 실리카, BK-7 글래스, 물, 공기 등의 Nd:YAG 또는 수동 광 재료 등의 고체 레이저 이득 매체)를 제공하는 단계로서, 광 신호의 일부는 광 산란 매체의 길이를 따라 광 산란 매체로부터 산란되어 산란 광을 형성하는, 제공하는 단계; 제1 기간에, 광 산란 매체의 길이를 따라 산란 광을 이미징하고 이미징된 산란 광에 기초하여 제1 이미지 신호를 출력하는 단계; 및 제1 이미지 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하는 단계를 포함한다.

[0038] 일부 실시예들에서, 본 발명은, 광 섬유에 대하여 고정된 섬유 전력 감시 시스템을 유지하기 위한 하우징, (원통형 렌즈 등의) 이미징 광학계, 선형 검출기 또는 검출기들의 임의의 어레이, 광 신호를 분석가능 데이터로 변환하기 위한 전자 장치, 패턴 매칭, 데이터 필터링, 데이터 거부, 데이터의 인텔리전트 선택 등에 대한 데이터 분석을 위한 알고리즘, 및 함수나 캘리브레이션 테이블에 의한 분석 결과의 광 전력으로의 변환부를 포함한다.

[0039] 일부 실시예들에서, 본 발명은, 잡음으로부터 신호를 판별하고 시스템 에러 소스로부터 바이어스를 제거하는 것을 보조하도록 이미징 트레인의 다양한 광학 구성요소들과 시스템들을 포함한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 광 이미징 구성 요소들은 다른 소스들로부터 산란 광을 판별하기 위한 편광 필터들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 이미징 구성요소들은 다른 배경 소스들로부터 신호를 판별하기 위한 파장 필터들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 이미징 구성요소들은 검출기 범위와 선형성을 연장하기 위한 중성 밀도 필터들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 이미징 구성요소들은 전술한 구성요소들 중 두 개 이상의 일부 조합을 포함한다.

[0040] 일부 실시예들에서, 본 발명은, 캘리브레이션 반복성과 정확성을 개선하는 것을 보조하는 "상류측" 섬유 처리 구성요소들을 포함한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 본 발명은, 상류측 섬유 결합에 의해 도입되었을 수 있는 클래딩 모드 전력 및 이에 따른 전체적 섬유 특징화보다는 국부적 결합에 대한 특정한 바이어스 결과를 스트리핑하도록 맨드릴 상의 섬유 루프를 포함한다. 일부 실시예들에서, 본 발명은, 인덱스 일치 유체들의 채널들을 통해 이어지는 섬유에 의해 형성되는 클래딩 덤프를 포함한다(테스트받는 구체적인 섬유를 위해 필요시 버퍼 또는 다른 층들을 스트리핑하는 것은 선택적이다).

[0041] 일부 실시예들에서, 본 발명은, 광 섬유에서 전파되는 광 신호의 광 전력을 측정하도록 광 섬유와 접촉하지 않는 이미징을 제공한다. 일부 실시예들에서, 본 발명은, 굽힘, 노치, 또는 탭을 이용한 추가 신호 부스트를 필요로 하지 않는 "자연적으로 발생하는" 코어 산란을 이용한다. 일부 실시예들에서, 본 발명은, 실제 광 전력보다는 섬유 결합에 상관되는 광 전력 아웃라이어(outlier) 데이터 포인트를 인텔리전트하게 거부하는 거부 알고리즘을 이용한다. 일부 실시예들에서, 본 발명은, 코어 광자들을 특징하게 판별하도록 로크인(lock-in) 검출 & 편광 변조와 결합된, 편광 유지 섬유들의 편광 특성 및 레일리 산란의 방향성을 이용한다.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1a는 광 섬유(105)의 광 전력을 측정하기 위한 시스템(101)의 개략도.
 도 1b는 검출기(140)에 의해 취득되는 광 섬유의 선형 어레이 이미지를 도시하는 그래프(102).
 도 1c는 광 섬유(105)의 광 전력을 산출하기 위한 알고리즘(103)의 블록도.
 도 2는 광 섬유(105)의 광 전력을 측정하기 위한 시스템(201)의 개략도.
 도 3은 광 섬유(305)의 광 전력을 측정하기 위한 시스템(301)의 개략도.
 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 어레이 검출기에 의해 발생하는 이미지(401)의 개략도.
 도 4b는 도 4a의 이미지(401) 중 하나에 기초하여 발생하는 섬유 전력의 선형 어레이 프로파일을 도시하는 그래프(402).
 도 4c는 도 4b의 그래프(402)에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되는 측정 출력 전력을 도시하는 그래프(403).
 도 5a는 광 섬유의 광 전력을 측정하기 위한 시스템(501)의 개략도.
 도 5b는 도 5a의 검출기(540)에 의해 발생하는 이미지(503)의 개략도.
 도 5c는 광 섬유의 광 전력을 측정하기 위한 시스템(504)의 개략도.
 도 6은 본 발명의 실시예들과 함께 사용되는 하드웨어 및 동작 환경(또는 운영 체제)(601)의 개요도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0043] 다음에 따르는 상세한 설명은 예시를 위해 많은 상세들을 포함하고 있지만, 통상의 기술자라면, 다음에 따르는 상세에 대한 많은 변동과 변경이 본 발명의 범위 내에 있음을 인식할 것이다. 구체적인 예들을 사용하여 구체적인 실시예들을 예시하고 있지만, 청구범위에서 설명하는 발명은, 이러한 실시예들로만 한정하려는 것이 아니라 청구범위의 전체 범위를 포함하려는 것이다. 이에 따라, 다음에 따르는 본 발명의 바람직한 실시예들은, 청구 발명에 대한 어떠한 일반성도 잃지 않고 또한 청구 발명을 한정하지 않고 개시된 것이다. 또한, 다음에 따르는 바람직한 실시예들의 상세한 설명에서는, 본원의 일부를 이루며 본 발명을 실시할 수 있는 특정한 실시예들을 예시하도록 도시된 첨부 도면을 참조한다. 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않고 다른 실시예들을 이용할 수 있고 구조적 변화를 행할 수 있음을 이해하도록 한다. 도면에 도시하고 본원에서 설명하는 실시예들은, 모든 특정한 실시예들에 포함되지 않은 특징부들을 포함할 수 있다. 구체적인 실시예는 설명하는 모든 특징부들의 서브세트만을 포함할 수 있고, 또는, 구체적인 실시예는 설명하는 모든 특징부들을 포함할 수 있다.
- [0044] 도면에 보이는 참조 번호의 앞 자리(들)는, 일반적으로, 도면 전체에 걸쳐 동일한 참조 번호를 사용하여 다수의 도면에 있는 동일한 구성요소를 참조하도록 그 구성요소가 처음 도입되어 있는 도면 번호에 대응한다. 신호와 접속부는, 동일한 참조 번호 또는 라벨에 참조될 수 있으며, 실제 의미는 설명의 문맥에서 사용될 때 명백할 것이다.
- [0045] 본원에서 사용되는 바와 같이, "삽입 손실"은 광 섬유 내의 디바이스의 삽입으로 인해 발생하는 신호 전력의 손실을 가리킨다.
- [0046] 도 1a는 광 섬유(105)의 광 전력을 측정하기 위한 시스템(101)의 개략도이다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은, 광이 광 섬유(105)의 코어를 통해 전파될 때 그 코어에 의해 산란되는 광(98)의 광 전력을 측정한다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 광(98)은 레일리 산란을 통해 산란되는 광이다). 시스템(101)은 자연적으로 발생하는 산란 광(98)을 측정하므로, 시스템(101)은, 일부 실시예들에서, 삽입 손실이 최소이거나 없도록 광 섬유(105)에 대한 물리적 변경 및/또는 접촉 없이 광 전력 측정을 제공한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유(105)는, 코어를 둘러싸는 제1 클래딩 층 및 제1 클래딩 층을 둘러싸는 제2 클래딩 층을 포함하고, 제1 클래딩 층은 코어의 굴절률보다 낮은 굴절률을 갖고, 제2 클래딩 층은 제1 클래딩 층의 굴절률보다 낮은 굴절률을 갖는다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은, 이미징 광학계(120), 이차 광학계(130), 검출기(140), 및 어두운 배경(150)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은, 이미징 광학계(120), 이차 광학계(130), 검출기(140), 및 배경(150)을 포함하고 광 섬유(105)에 대하여 고정된 시스템(101)을 유지하도록 구성된 하우징(160)을 더 포함한다(일부 실시예들에서, 시스템(101)은 하우징(160) 사용 없이 광 섬유(105)에 대하여 고정된다). 일부 실시예들에서, 광 섬유(105)의 적어도 일부는, 본원에 참고로 인용되는 미국 특허출원 제14/086,744호에 개시된 바와 같은 나선형 맨드릴 조립체에 의해 고정 위치에서 유지된다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은, 접속부(175)를 통해 검출기(140)에 동작가능하게 결합된 프로세서/제어기(170)(예를 들어, 컴퓨터 시스템)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 접속부(175)는 유선 접속부이다. 다른 실시예들에서, 접속부(175)는 무선 접속부이다. 일부 실시예들에서, 프로세서/제어기(170)는, 검출기(140)에 의해 검출되는 데이터를 처리하고 측정된 광 전력 값을 출력하도록 구성된다.
- [0047] 일부 실시예들에서, 이미징 광학계(120)는 렌즈를 포함한다. 일부 실시예들에서, 이미징 광학계(120)는 검출기(140)에 동작가능하게 결합된 이미징 섬유를 포함한다. 일부 실시예들에서, 이차 광학계(130)는 신호 판별 및 잡음/시스템 에러 필터링을 보조한다. 이러한 일부 실시예들에서, 이차 광학계(130)는 편광 필터를 포함한다. 이러한 다른 실시예들에서, 이차 광학계(130)는 신호 광으로부터 펌프 광을 분리하도록 구성된 파장 필터를 포함한다. 이러한 다른 실시예들에서, 이차 광학계(130)는, 클래딩 광으로부터 코어 광을 구별하기 위해 로크인 검출을 이용하도록 구성된 광탄성 변조기 또는 액정 가변 지연기 디바이스 등의 변조 광학계를 포함한다. 이러한 다른 실시예들에서, 이차 광학계(130)는 검출기(140)의 범위를 연장하도록 구성되고 선형성을 연장하도록 구성된 중성 밀도 필터를 포함한다. 이러한 또 다른 실시예들에서, 이차 광학계(130)는 전술한 구성요소들 중 두 개 이상의 조합을 포함한다. 일부 실시예들에서, 섬유(105)는 산란 광(98)의 편광 정도를 최적화하도록 코어에 대하여 배향된다.
- [0048] 일부 실시예들에서, 검출기(140)는, 단일-픽셀 측정을 바이어싱할 수 있는 결합(예를 들어, 핫스팟(106))을 거부하도록 광 섬유(105)의 길이를 가로질러 광(98)을 검출하는 선형 어레이 검출기이다. 예를 들어, 이러한 일부 실시예들에서, 검출기(140)는 Hamamatsu Photonics K.K.(www.hamamatsu.com/us/en/product/alpha/C/4119/index.html)에 의해 제공되는 바와 같은 상보적 금속-산

화물-반도체(CMOS) 선형 이미지 센서이다. 일부 실시예들에서, Hamamatsu-CMOS-선형-이미지 센서 군은, 200nm 내지 1000nm 범위의 광을 검출하고, 64개 내지 4098개 픽셀의 픽셀 카운트로 가변된다. 일부 실시예들에서, 검출기(140)는 Hamamatsu Photonics K.K.(www.hamamatsu.com/us/en/product/alpha/I/4107/index.html)에 의해 제공되는 바와 같은 인듐-갈륨-비소(InGaAs) p형 진성 n형(PIN) 포토다이오드 어레이 등의 선형 어레이 검출기이다. 일부 실시예들에서, Hamamatsu InGaAs-PIN-포토다이오드-어레이 센서 군은, 700nm 내지 1700nm 범위의 광을 검출하고, 16개 내지 46개 픽셀의 픽셀 카운트로 가변된다. 일부 실시예들에서, 검출기(140)는 Edmunds Optics, Inc.(www.edmundoptics.com/imaging/cameras/usb-cameras/eo-usb-3-0-cmos-machine-vision-cameras/86-752)에 의해 제공되는 바와 같은 E0-0413M Monochrome USB 3.0 Camera 등의 머신 비전 카메라이다. 일부 실시예들에서, 검출기(140)는 2차원 어레이 검출기(본원에서 M 대 N 검출기라고도 함)이다. 일부 실시예들에서, 검출기(140)는 다른 임의의 적절한 이미징 디바이스이다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 검출기(140)는, 감도가 관심 파장 범위 또는 관심 전력 범위에 적절한 임의의 이미징 디바이스이다). 일부 실시예들에서, 검출기(140)는, 다른 임의의 적절한 광 검출 디바이스이다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 검출기(140)는, 감도가 관심 파장 범위 또는 관심 전력 범위에 적절한 임의의 검출기이다).

[0049] 일부 실시예들에서, 검출기(140)에 의해 취득되는 이미징 및/또는 광 검출 데이터는, 단위 길이당 산란을 핫스팟(106), 클래딩, 버퍼, 또는 다른 비균일 결합으로부터 관별하도록 강도 대 위치 데이터로 동작하는 알고리즘에서 사용된다. 일부 실시예들에서, 핫스팟 또는 스파이크(106)는, 평균을 산출하기 전에 또는 전력 캘리브레이션 룩업 테이블에 이후에 매핑되는 기능성 맞춤 또는 전력 결정에 대한 기타 기능적 매핑을 수행하기 전에 제거된다.

[0050] 일부 실시예들에서, 시스템(101)은, 레이저 손상을 야기하지 않고 고 전력 범위(예를 들어, 일부 실시예들에서, 적어도 1kW)의 광 섬유유 광 전력을 측정하는 데 적절하다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은 삽입 손실을 도입하지 않고 광 전력 측정을 제공한다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은, 레이저 손상을 방지하도록 섬유유(105)와의 물리적 접촉 없이(또는 적어도 측정되는 광 섬유유(105)의 일부와의 물리적 접촉 없이) 광 전력 측정을 제공한다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은 안전성 인터록 또는 페일세이프(failsafe) 첫다운을 용이하게 하도록 전력 변화 검출을 제공한다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은 다양한 폐쇄 루프 전력 응답 동작(예를 들어, 폐쇄 루프 정전력 유지)을 용이하게 한다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은 광 섬유유(105)에 대한 스폴 라이싱을 필요로 하지 않는다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은 시스템 구성을 최적화하도록 이동가능하다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은, 사용자가 그 시스템을 진단 기구 또는 공장 출하시 설정된 기구로서 사용하는 데에만 관심을 갖는다면, 탈착가능하다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은 동작 동안 전력을 감시하도록 제 위치에서 유지된다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)은 섬유 군을 위한 전력 캘리브레이션을 제공한다.

[0051] 도 1b는 검출기(140)에 의해 취득되는 섬유 전력의 선형 어레이 이미지의 그래프(102)이다. 일부 실시예들에서, 검출기(140)에 의해 취득되는 선형 어레이 데이터는, 군을 벗어난 핫스팟 또는 어두운 드롭아웃(예를 들어, 핫스팟(160))의 거부를 포함한 여러 수단에 의한 분석을 제공한다. 일부 실시예들에서, 그래프(102)는 프로세서/제어기(170)에 의해 제공된다.

[0052] 도 1c는 광 섬유유(105)의 광 전력을 산출하기 위한 알고리즘(103)의 블록도이다. 일부 실시예들에서, 알고리즘(103)은, 최종 전력 산출로부터 바이어스를 제거하도록 도 1b의 강도 대 위치 데이터에서 "스�파이크"로서 보이는 핫스팟(106)이 필터링될 수 있게 한다. 일부 실시예들에서, 알고리즘(103)은, 선형 또는 2차원 어레이 검출기(예를 들어, 검출기(140)에 대하여 설명한 바와 같은 선형 어레이 검출기)의 포함 때문에 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서는, 단일 픽셀 검출기가 핫스팟(106)에 의해 오동작할 수 있기 때문에 알고리즘(103)을 갖는 선형 어레이 검출기를 사용하여 전력을 측정함으로써, 단일 픽셀 검출기(예를 들어, 도 2의 검출기(240))의 전력 측정을 개선한다.

[0053] 일부 실시예들에서, 블록 191에서, 검출기(예를 들어, 도 1a의 검출기(140))는, 광 섬유유(105)의 길이의 이미지를 캡처한다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 캡처된 이미지는 광 섬유유(105)의 길이를 따른 강도 대 위치를 나타낸다). 일부 실시예들에서, 검출기(140)는, 캡처된 이미지에 관한 데이터를 프로세서(예를 들어, 도 1a의 프로세서/제어기(170) 또는 도 6의 시스템(601))에 송신하고, 이 프로세서는 블록 192 내지 198을 수행한다. 일부 실시예들에서는, 블록 192에서, 이미지 데이터의 배경 레벨을 뺀다. 일부 실시예들에서, 이어서, 블록 193에서, 블록 192에 의해 출력되는 데이터는 ("플랫 필드"라고도 알려져 있는) 응답 대 위치에 의해 분할된다. 일부 실시예들에서, 블록 194에서는, 블록 193에 의해 출력되는 데이터에 대하여 푸리에 변환을 수행하고 블록 195에서는, 블록 194로부터의 결과를 로우 패스 필터에 의해 승산한다. 일부 실시예들에서, 블록 196에서는, 블록 195에 의해 출력되는 데이터에 대하여 역 푸리에 변환을 수행한다. 일부 실시예들에서, 블록 196의 출력

은 기능성 맞춤 또는 캘리브레이션 록업 테이블로부터의 정보와 결합된다(예를 들어, 블록 198의 산출된 전력을 발생시키는 블록 197을 참조한다). 일부 실시예들에서, 블록 194의 푸리에 변환과 블록 195의 로우 패스 필터는, 핫스팟의 영향을 감소시키도록 임의의 픽셀에서의 값을 해당 픽셀 자체와 이웃하는 픽셀들 일부 양의 평균으로 교체하는 평활화 연산에 의해 교체된다. 일부 실시예들에서, 블록 194의 푸리에 변환과 블록 195의 로우 패스 필터는, "핫스팟" 아웃라이어 데이터를 폐기하도록 소정의 임계값보다 높은 픽셀 값들을 폐기하는 통계적 거부에 의해 교체된다.

[0054] 도 2는 광 섬유(105)의 광 전력을 측정하기 위한 시스템(201)의 개략도이다. 일부 실시예들에서, 시스템(201)은, 시스템(201)이 단일-픽셀 검출기(240)를 포함한다는 점을 제외하고는 시스템(101)과 실질적으로 유사하다. 예를 들어, 시스템(201)의 일부 실시예들에서, 검출기(240)는 Thorlabs Inc.에 의해 제공되는 바와 같은 인듐-갈륨-비소(InGaAs) 포토다이오드이다(www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=FDGA05). 이러한 일부 실시예들에서, 검출기(240)는, 변경 검출기 또는 고장 섰다운 검출기로서의 역할을 수행할 정도로 빠르다. 시스템(201)의 일부 실시예들에서, 이차 광학계(120)는 파장 필터를 포함한다. 일부 실시예들에서, 시스템(201)은 상대 전력 또는 고장 검출을 위한 전력 측정을 제공한다. 일부 실시예들에서, 시스템(201)은 저가이며, 섬유(105)의 임의의 위치에 "끼워진다". 일부 실시예들에서, 시스템(201)은 도 3에 개시한 바와 같은 로크인 검출 및 편광 변조와 조합하여 사용된다.

[0055] 도 3은 광 섬유(305)의 광 전력을 측정하기 위한 시스템(301)의 개략도이다. 일부 실시예들에서, 광 섬유(305)는 편광 유지(PM) 섬유(예를 들어, "팬더" 스타일 섬유)이며, 코어 전파 광 신호의 전계 방향을 나타내는 알려져 있는 편광 배향(308)(예를 들어, 느린-축 정렬 편광)을 갖는다. 일부 실시예들에서, 섬유(305)는, 섬유 코어(306), 및 "팬더" 스타일 PM 섬유 응력 부재(307)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 레일리 산란의 동작으로 인해, 섬유 전파 방향과 편광 전계 방향 모두에 수직인 방향으로 산란되는 광자들(즉, 산란 광(98))은 편광의 정도와 강도에 있어서 더욱 높다. 따라서, 일부 실시예들에서, 코어 산란 광자들은, 산란 광(98)을 분석 및/또는 변조함으로써 배경 레벨들로부터 구별된다. 일부 실시예들에서, 레일리 산란의 동작으로 인해, 편광 전계에 평행한 방향으로 산란되는 광자들(즉, 산란 광(97))은, 적으며, 편광 정도가 낮다. 일부 실시예들에서, 시스템(301)의 광학 구성요소들은, 편광 배향(308)에 기초하여, 산란 광(98)에 연관된 대량의 레일리 산란과 고 정도의 편광의 이점을 취하도록 배열된다. 일부 실시예들에서, 시스템(301)은, 삽입 손실이 최소이거나 없도록 광 섬유(305)의 물리적 변경 및/또는 접촉 없이 광 전력 측정을 제공한다. 일부 실시예들에서, 시스템(301)은 섬유 군에 대한 전력 캘리브레이션을 제공한다.

[0056] 일부 실시예들에서, 시스템(301)은, 콜리메이팅 광학계(310) 및 이미징 광학계(320)를 포함한다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 콜리메이팅 렌즈(310) 및 이미징 렌즈(320)). 일부 실시예들에서, 콜리메이팅 광학계(310)와 이미징 광학계(320) 사이의 공간이 콜리메이팅 공간(317)이며, 이는, 예를 들어, 파장 필터, 중성 밀도 필터, 편광 변조기(예를 들어, 편광 변조기(315)), 편광 필터(예를 들어, 편광기(316)) 및/또는 기타를 포함하는 단일 또는 복합 광 조립체를 배치하는 데 적절한 영역이다.

[0057] 일부 실시예들에서, 편광 변조기(315)는 액정(LC) 변조기를 포함한다. 일부 실시예들에서, 편광 변조기(315)는 광탄성 변조기(PEM)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 편광 변조기(315)는 다른 임의의 적절한 편광 변조기이다. 일부 실시예들에서, 편광기(316)는 능동 편광기이다. 다른 실시예들에서, 편광기(316)는 수동 편광기이다. 일부 실시예들에서, 편광 변조기(315)와 편광기(316)는 광(98)의 편광 또는 강도 진폭을 수정하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 프로세서/제어기(370)에 의해 제공되는 로크인 검출 알고리즘과 함께 변조기(315)와 편광기(316)에 의해 제공되는 편광 변조는, 광(98)의 코어 광을 더욱 크게 구별할 수 있도록 광(98)의 신호대 잡음비를 개선하는 데 일조한다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 프로세서/제어기(370)는 로크인 증폭기를 포함한다).

[0058] 일부 실시예들에서, 시스템(301)은 이차 광학계(330)(예를 들어, 일부 실시예들에서, 파장 필터) 및 검출기(340)를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 이미징 광학계(320)는 광(98)을 검출기(340) 상에 이미징한다. 일부 실시예들에서, 검출기(340)는 섬유(305)의 길이를 따라 정렬되는 선형 어레이 검출기를 포함한다. 일부 실시예들에서, 검출기(340)는 2차원 어레이 검출기이다. 일부 실시예들에서, 검출기(340)는 단일 픽셀 검출기이다. 일부 실시예들에서, 검출기(340)는 카메라이다. 일부 실시예들에서, 검출기(340)는 고 대역폭(BW) 검출기이다. 일부 실시예들에서, 검출기(340)는 다른 임의의 적절한 광 검출 디바이스이다. 일부 실시예들에서, 검출기(340)는 접속부(375)를 통해 프로세서/제어기(370)에 동작가능하게 결합되고, 프로세서/제어기(370)는 또한 접속부(376)를 통해 편광 변조기(315)에 동작가능하게 결합된다. 일부 실시예들에서, 접속부(375, 376)는 유선 접속부이다. 일부 실시예들에서, 접속부(375, 376)는 무선 접속부이다. 일부 실시예들에서, 접속부(375, 376)

중 하나는 유선 접속부이고 나머지 하나는 무선 접속부이다.

- [0059] 도 4a는 이미징 카메라에 의해 발생하는 이미지(401)의 개략도이다. 일부 실시예들에서, 각 이미지(401)는 광 섬유의 동일한 길이를 따라 서로 다른 시간에 검출되는 서로 다른 광 전력을 나타낸다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 각 이미지(401)는 도 1a의 시스템(101)을 이용하여 발생하지만, 광 신호는 각 이미지마다 서로 다른 전력 값으로 설정된다).
- [0060] 도 4b는 도 4a의 이미지(401) 중 하나에 기초하여 발생하는 섬유 전력의 선형 어레이 프로파일을 도시하는 그래프(402)이다. 일부 실시예들에서, 본 발명은, 광 섬유의 길이를 따른 선형 어레이 프로파일의 국부적 불연속성을 식별하고 거부하는(예를 들어, 도 1a의 프로세서/제어기(170)에 의해 또는 도 6의 시스템(601)에 의해 실행되는) 소프트웨어를 제공한다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 그래프(402)는 출력 전력의 산출시 거부될 선형 어레이 프로파일의 피크를 식별한다).
- [0061] 도 4c는, 도 4b의 그래프(402)에 적어도 부분적으로 기초하여 결정되는 측정 출력 전력을 도시하는 그래프(403)이다. 일부 실시예들에서, 그래프(403)는, 측정 출력 전력과 본 발명의 어레이 검출기에 의해 검출되는 값들 간에 기능성 맞춤(예를 들어, 선형 맞춤)이 어떻게 행해지는지를 나타낸다. 일부 실시예들에서, 이러한 선형 맞춤은, 도 4b의 그래프(402)에서 식별되는 피크들 등의 원시 데이터로부터 핫스팟을 거부하거나 트리밍함으로써 개선된다. 일부 실시예들에서, 그래프(402)와 그래프(403)에 사용되는 데이터는, 본 발명의 전력 측정에 연관된 선형성과 캘리브레이션을 입증한 도 1a의 시스템(101)을 이용한 비접촉 이미징 실험에 기초하였다. 일부 실시예들에서는, 그래프(403)에 도시한 캘리브레이션을 위해 단조 거동만이 필요하다.
- [0062] 도 5a는 광 섬유의 광 전력을 측정하는 시스템(501)의 개략도이다. 일부 실시예들에서, 시스템(501)은 광 신호 발생기(502)를 포함한다(일부 실시예들에서, 발생기(502)는 300W 레이저이다). 일부 실시예들에서, 광 신호 발생기(502)는,
- [0063] 20마이크로미터 직경(20 μ m)의 코어와 400마이크로미터 직경(400 μ m)의 외부 클래딩을 갖는 수동 더블 클래드 광 섬유(505)(본원에서 20/400 광 섬유라고도 함)에 결합된다. 일부 실시예들에서, 수동 섬유(505)는 스플라이스(595)에서 5미터 길이의 이득 섬유(506)로 스플라이싱된다. 일부 실시예들에서, 이득 섬유(506)는 nLight, Leiki, Nufern, CorActive 등에 의해 제공되는 것 등의 더블 클래드 PLMA-YDF(polarization-maintaining-large-mode-area ytterbium-doped-fiber) 20/400 광 섬유이다. 일부 실시예들에서, 이득 섬유(506)는 펌프 덤프(507)에 결합된다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 펌프 덤프(507)는 스트립핑된 이득 섬유 및/또는 인덱스 일치 유체 또는 접착제를 포함한다). 일부 실시예들에서, 펌프 덤프(507)는 펌프 덤프(507)와 제2 펌프 덤프(509) 사이에서 이어지는 도핑된 이득 섬유(508)에 결합된다. 일부 실시예들에서, 이득 섬유(508)는 약 1m(3.28feet) 길이를 갖는다.
- [0064] 일부 실시예들에서, 시스템(501)은, 이득 섬유(508)에 결합되고 이득 섬유(508)를 통해 전파되는 광 신호의 전력을 검출하도록 구성된 전력 검출 모듈(580)을 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 전력 검출 모듈(580)은, 신호 광으로부터 펌프 광을 분리하도록 구성된 파장 필터(520), 흑색 배경(550), 및 섬유(508) 코어로부터 산란되는 광을 검출하거나 이미징하도록 구성된 검출기(540)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 검출기(540)는 도 1a의 검출기(140)에 대하여 전술한 바와 같은 검출기 또는 카메라이다. 일부 실시예들에서, 섬유(508)는 스플라이스(596)에서 수동 싱글 클래드 20/400 전달 섬유(510)에 스플라이싱된다. 일부 실시예들에서, 전달 섬유(510)는 전력 검출 모듈(580)의 캘리브레이션을 제공하도록 구성된 캘리브레이션 출력계(585)에 결합된다(이러한 일부 실시예들에서, 전력 미터(585)는 Ophir Optonics Solutions Ltd.에 의한 Ophir PD300-IRG Fiber Optic Power Meter Head이다)(www.ophiropt.com/laser-measurement-instruments/new-products/pd300-r). 이러한 일부 실시예들에서, 미터(585)를 펌프 덤프들(507, 509)의 하류측에 배치함으로써, 모듈(580)에 의해 발생하는 전력 검출 데이터를 분석할 때 신호 광으로부터 클래딩 펌프 광을 빼는 것을 보장한다. 일부 실시예들에서, 시스템(501)은, 모듈(580)에 의해 발생하는 데이터의 신호대 잡음비를 더욱 개선하도록(예를 들어, 도 3의 시스템(301)에 의해 제공되는 바와 같은) 편광 변조 및 로크인 검출을 더 포함한다.
- [0065] 도 5b는 도 5a의 검출기(540)에 의해 발생하는 이미지(503)의 개략도이다. 일부 실시예들에서, 각 이미지(503)는 섬유(508)의 동일한 길이를 따라 서로 다른 시간에 검출되는 서로 다른 광 전력을 나타낸다. 일부 실시예들에서, 이미지(503)에 의해 예시되는 고 전력 이미징은, 도 5a의 시스템(501)에 의해 제공되는 바와 같은 적절한 이득 및 감쇠 필터 선택에 의해 축소확대가능하다.
- [0066] 도 5c는 광 섬유의 광 전력을 측정하는 시스템(504)의 개략도이다. 일부 실시예들에서, 시스템(504)은, 전력

미터(585)와 전달 섬유(510)의 단부 사이에 자유 공간이 있도록 전달 섬유(510)가 클리브 또는 연마된다는 점을 제외하고는 도 5a의 시스템(501)과 실질적으로 유사하다. 이러한 일부 실시예들에서, 시스템(504)은, 광 빔이 전력 미터(585)와 충돌할 때 섬유(510)로부터 출력되는 광 빔을 이미징하도록 구성된 카메라(531)를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 감쇠기(530)(예를 들어, 중성 밀도 필터, 부분 반사 미러, 스모킹 글래스 등)를 사용하여 카메라(531)에서의 광 전력 레벨을 제어한다. 일부 실시예들에서, 카메라(531)에 의해 제공되는 이미징을 이용하여 광 빔을 전력 미터(585) 상의 중심에 오도록 맞춘다.

[0067] 일부 실시예들에서, 시스템(504)은, 또한, 시스템(580)을 캘리브레이션하는 데 사용된다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 시스템(504)은 전력 미터(585)에서 실제 전력 대 시스템(580) 응답의 룩업 테이블을 생성하는 데 사용된다). 일부 실시예들에서, 전력 미터(585)는, 일반적으로 수용되는 광 전력과 파장 표준으로 추적가능하게 캘리브레이션된다(예를 들어, NIST(National Institute of Standards and Technology) 추적가능 캘리브레이션). 일부 실시예들에서, 검출기(540)는, 도 1a의 일부 실시예들에 대하여 설명하고 도시한 바와 같은 선형 어레이 검출기이다(이러한 일부 실시예들에서, 검출기(540)는 전술한 Hamamatsu Photonics K.K.에 의해 제공되는 CMOS 선형 이미지 센서이다). 일부 실시예들에서, 카메라(531)는 검출기(540)의 복제 모델이다. 이러한 일부 실시예들에서, 전력 미터(585)에서의 전력 판독은, 카메라(531)와 이에 따른 의도한 시스템(58)의 응용분야에 대하여 전력 범위에 걸쳐 유용한 충분한 동적 범위를 검출기(540)가 갖고 있음을 확인하는 데 사용된다. 일부 실시예들에서, 전력 미터(588) 상에 광 빔을 이미징함으로써 카메라(531)에 의해 발생하는 픽셀 카운트를 사용하여, 카메라(531)가 충분한 광 전력 범위에 걸쳐 단조 응답을 갖는지 여부를 결정한다(예를 들어, 픽셀 카운트는, 광 전력 값이 증가할 때 결코 감소하지 않는다).

[0068] 도 6은 본 발명의 실시예들과 함께 사용되는 하드웨어 및 동작 환경(또는 시스템)(601)의 개요도이다. 도 6의 설명은, 본 발명이 함께 구현될 수 있는 적절한 컴퓨터 하드웨어와 적절한 연산 환경의 간략하고 일반적인 설명을 제공하고자 하는 것이다. 일부 실시예들에서, 본 발명은, 컴퓨터 판독가능 매체에 저장되며 도 1a의 프로세서/제어기(170) 등의 제어기에 상주하는 마이크로프로세서 등의 시스템(601)에 의해 실행되는 프로그램 모듈 등의 컴퓨터 실행가능 명령어의 일반적인 문맥으로 설명된다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 이러한 명령어는, USB FLASH 드라이브, 플로피 디스크, CDROM, 인터넷에 접속된 저장 장치 등의 비일시적 저장 매체에 저장되며, 본 발명의 일부 실시예들에서 사용되는 방법을 수행하도록 사용된다). 일반적으로, 프로그램 모듈은, 구체적인 태스크를 수행하거나 구체적인 추상 데이터 유형을 구현하는 루틴, 프로그램, 오브젝트, 컴포넌트, 데이터 구조 등을 포함한다.

[0069] 또한, 통상의 기술자는, 핸드헬드 디바이스, 멀티프로세서 시스템, 마이크로프로세서 기반 또는 프로그래밍가능 소비자 전자 장치, 네트워크 퍼스널 컴퓨터(네트워크 PC), 미니컴퓨터, 메인프레임 컴퓨터 등을 포함하는 다른 컴퓨터 시스템 구성으로 본 발명을 실시할 수 있음을 인식할 것이다. 또한, 본 발명은, 태스크들이 통신 네트워크를 통해 링크되어 있는 입력-출력 원격 처리 디바이스들에 의해 수행되는 분산형 컴퓨터 환경에서 실시될 수 있다. 분산형 연산 환경에서, 프로그램 모듈들은 국부적 및 원격 메모리 저장 디바이스들 모두에 위치할 수 있다.

[0070] 일부 실시예들에서, 시스템(601)은, 전력 미터 구성요소(680)로부터의 감지 및/또는 전력 미터 구성요소의 무선 제어(즉, 원격 마이크로프로세서의 리프로그래밍, 및 전력 미터 구성요소(680)로부터의 감지 신호와 진단 정보의 수신)를 가능하게 하는 무선(또는 유선, 광 섬유, 또는 기타 직접 접속) 송수신기(71)를 구비하고 프로그래밍가능한 사용자 제어 콘솔 컴퓨터(20)를 포함한다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 구성요소(68)는 도 3의 편광 변조기(315)와 검출기(340)를 포함한다).

[0071] 일부 실시예들에서, 하드웨어 및 동작 환경(601)은, 도 1a, 도 2, 도 3, 도 5a, 도 5c의 시스템(101), 시스템(201), 시스템(301), 시스템(501), 및/또는 시스템(504), 및/또는 전체적으로, 도 1a, 도 2, 도 3, 도 5a, 및/또는 도 5c에 도시한 개별적인 구성요소들 중 임의의 것에 각각 적용가능하다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 판독가능 저장 디바이스(예를 들어, 광 디스크(31)(CDROM, DVD, Blu-ray Disc™ (BD), 자기 또는 플래시 저장 디바이스(29)(예를 들어, 플로피 디스크, 섬 드라이브, SDHC™ (Secure-Data High-Capacity) 메모리 카드 등), 및/또는 원격 컴퓨터(49)에 접속된 저장 디바이스(50)(예를 들어, 일부 실시예들에서, 인터넷 등의 WAN(52) 또는 LAN(51)에 걸쳐 컴퓨터(20)에 접속되는 도 3의 고객 디바이스(320))에 저장된 애플리케이션 프로그램(36)은, 본원에서 설명되는 본 발명의 방법들에 의해 해당 동작을 제어하도록 처리되고 및/또는 구성요소들(680)에 송신되는 (룩업 테이블, 제어 파라미터, 데이터베이스 등의) 명령어 및/또는 제어 명령어를 포함한다. 일부 실시예들에서, 애플리케이션 프로그램들(36)은 컴퓨터(20)에서 부분적으로 실행된다.

- [0072] 도 6에 도시한 바와 같이, 일부 실시예들에서, 하드웨어 및 동작 환경은 사용자 제어 콘솔 컴퓨터(20)를 포함하고, 또는, 서버(20)는, 처리 유닛(21), 시스템 메모리(22), 및 시스템 메모리(22)를 포함하는 다양한 시스템 구성요소들을 처리 유닛(21)에 동작가능하게 결합하는 시스템 버스(23)를 포함한다. 일부 실시예들에서는, 하나의 처리 유닛만이 있을 수 있으며, 또는 다른 실시예들에서는, 하나보다 많은 처리 유닛(21)이 있을 수 있으며, 이때, 컴퓨터(20)의 프로세서는 단일 중앙 처리 유닛(CPU), 또는 흔히 멀티 프로세서 또는 병렬 처리 환경이라 칭하는 복수의 처리 유닛을 포함한다. 다양한 실시예들에서, 컴퓨터(20)는, 종래의 컴퓨터, 분산형 컴퓨터, 또는 셀폰, 개인용 정보 단말기 디바이스 또는 다른 폼 팩터에 포함된 다른 임의의 유형의 컴퓨터를 사용하여 구현될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 컴퓨터(20)는, 데스크톱 컴퓨터 또는 이러한 컴퓨터들의 네트워크, 랩탑 컴퓨터(예를 들어, Macbook®), 태블릿 컴퓨터(예를 들어, iPad®), 음악 및/또는 비디오 플레이어 컴퓨터(예를 들어, iPod Touch®), 셀폰 컴퓨터(예를 들어, iPhone®), 스마트 텔레비전(인터넷으로부터 비디오 프로그래밍을 스트리밍할 수 있는 것), 인터넷으로부터 콘텐츠를 취득하여 종래의 고해상도 TV에 출력하는 비디오 스트리밍 디바이스(예를 들어, Roku® 또는 AppleTV®), 자동차 또는 기타 차량의 컴퓨터/MP3-플레이어/CD-플레이어/GPS/폰 시스템, 또는 다른 임의의 적절한 퍼스널 연산(PC) 플랫폼 등의 임의의 적절한 연산 디바이스로서 구현된다(여러 개의 Apple® 제품들이 본원에서 통상적인 예들로서 열거되어 있지만, 대부분의 통상의 기술자들은 이러한 Apple® 제품들에 대한 유사점에 의해 디바이스의 유형을 식별할 수 있으므로, 다른 임의의 제조사의 제품들을 대체할 수 있다).
- [0073] 시스템 버스(23)는, 다양한 버스 아키텍처들 중 임의의 것을 이용하는 메모리 버스 또는 메모리 제어기, 주변 버스, 및 로컬 버스를 포함하는 버스 구조의 여러 유형들 중 임의의 것일 수 있다. 또한, 시스템 메모리는, 간단히 메모리라 칭할 수 있고, ROM(24)과 RAM(25)을 포함한다. 예를 들어 기동 동안 컴퓨터(또는 서버)(20) 내의 소자들 간의 정보 전달에 일조하는 기본 루틴을 포함하는 기본 입력/출력 시스템(BIOS; 26)이 ROM(24)에 저장될 수 있다. 컴퓨터(20)는, 자기 하드 디스크에 대하여 판독과 기입을 행하기 위한 하드 디스크 드라이브(27), 탈착가능 자기 플로피 디스크 또는 플래시 저장 디바이스(29)에 대하여 판독과 기입을 행하기 위한 탈착가능 매체 드라이브 또는 플래시 제어기(28), 및 (CDROM, DVD, Blu-ray Disc™(BD), 또는 기타 광 매체 등의) 탈착가능 광 디스크(31)에 대하여 판독과 기입을 행하기 위한 광 디스크 드라이브(30)를 더 포함한다.
- [0074] 하드 디스크 드라이브(27), 자기 디스크 드라이브(28), 및 광 디스크 드라이브(30)는, 하드 디스크 드라이브 인터페이스(32), 자기 디스크 드라이브(33), 및 광 디스크 드라이브 인터페이스(34)에 각각 결합된다. 드라이브 및 이들의 연관된 컴퓨터 판독가능 매체는, 컴퓨터(20)를 위한 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 및 기타 데이터의 비휘발성 비일시성 저장 장치를 제공한다. 통상의 기술자라면, 자기 카세트, 플래시 메모리 카드, 디지털 비디오 디스크, 베르누이 카트리지, RAM, ROM, 독립 디스크들의 리턴던트 어레이(예를 들어, RAID 저장 디바이스) 등의 컴퓨터에 의해 액세스가능한 데이터를 저장할 수 있는 임의의 유형의 컴퓨터 판독가능 매체가 예시적인 동작 환경에서 사용될 수 있음을 인식해야 한다.
- [0075] 본 발명의 방법들(예를 들어, 측정된 처리량 전력에 대한 어레이 검출기 픽셀 값들의 록업 테이블 또는 기능성 맞춤)을 구현하는 복수의 프로그램 모듈은, 운영 체제(35), 하나 이상의 애플리케이션 프로그램(36), 기타 프로그램 모듈(37), 및 프로그램 데이터(38)를 포함하는, 하드 디스크, 자기 또는 플래시 저장 디바이스(29), 광 디스크(31), ROM(24), 또는 RAM(25)에 저장될 수 있다. 본 발명을 위한 보안 송신 엔진을 포함하는 플러그인 프로그램은 임의의 하나의 컴퓨터 판독가능 매체 상에 또는 복수의 이러한 컴퓨터 판독가능 매체 상에 상주할 수 있다.
- [0076] 일부 실시예들에서, 사용자는, 키보드(40), 포인팅 디바이스(42) 또는 기타 적절한 디바이스 등의 입력 디바이스들을 통해 컴퓨터(20)에 커맨드를 입력한다. 이러한 입력 디바이스들은, 시스템 버스(23)에 결합된 직렬 포트 인터페이스(46)를 통해 처리 유닛(21)에 종종 접속되지만, 병렬 포트, 게임 포트, 또는 유니버설 시리얼 버스(USB) 등의 다른 인터페이스에 의해 접속될 수 있고, 모니터(47) 또는 다른 유형의 디스플레이 디바이스도 비디오 어댑터(48) 등의 인터페이스를 통해 시스템 버스(23)에 접속될 수 있다. 모니터(47)는 청각학자 및/또는 사용자를 위한 그래픽 유저 인터페이스를 표시할 수 있다. 모니터(47)에 더하여, 컴퓨터는, 통상적으로, 스피커와 프린터 등의 다른 주변 출력 디바이스(도시하지 않음)를 포함한다.
- [0077] 일부 실시예들에서, 컴퓨터(20)는, 원격 컴퓨터(49) 등의 하나 이상의 원격 컴퓨터 또는 서버에 대한 논리적 접속부를 이용하여 네트워크화 환경에서 동작한다. 이러한 논리적 접속부는, 컴퓨터(20)에 또는 컴퓨터(20)의 일부에 결합된 통신 디바이스에 의해 달성되고, 본 발명은 통신 디바이스의 구체적인 유형으로 한정되지 않는다. 원격 컴퓨터(49)는, 다른 컴퓨터, 서버, 라우터, 네트워크 PC, 클라이언트, 피어 디바이스, 또는 기타 공통 네트워크 노드일 수 있고, 통상적으로, 컴퓨터(20)에 관하여 전술한 요소들 중 상당수 또는 모두를 포함하지만,

메모리 저장 디바이스(50)와 애플리케이션 프로그램(36)만이 도 6에 도시되어 있다. 도 4에 도시한 논리적 접속부는 LAN(51) 및 WAN(52)을 포함한다. 이러한 네트워킹 환경은, 네트워크의 모든 형태인, 오피스 네트워크, 기업형 컴퓨터 네트워크, 인트라넷 및 인터넷에서 흔하다.

[0078] 컴퓨터(20)는, LAN 환경에서 사용되는 경우, 통신 디바이스의 한 유형인, 네트워크 인터페이스, 모뎀, 또는 어댑터(53)를 통해 LAN(51)에 접속된다. 컴퓨터(20)는, 인터넷 등의 WAN 환경에서 사용되는 경우, 통상적으로, 어댑터 또는 모뎀(54)(통신 디바이스의 한 유형), 또는 다른 임의의 유형의 통신 디바이스, 예를 들어, 인터넷 등의 WAN(52)에 대하여 통신을 확립하기 위한 무선 송수신기를 포함한다. 내장형 또는 외장형일 수 있는 모뎀(54)은 직렬 포트 인터페이스(46)를 통해 시스템 버스(23)에 접속된다. 네트워크화 환경에서, 퍼스널 컴퓨터(20) 또는 그 일부에 대하여 설명되는 프로그램 모듈들은, 원격 컴퓨터(또는 서버)(49)의 원격 메모리 저장 디바이스(50)에 저장될 수 있고, 인터넷을 통해 또는 기타 통신 수단을 통해 액세스될 수 있다. 인터넷 상의 일시적 신호는 저장되어 있는 프로그램 코드를 하나 이상의 네트워크 상의 그 신호에 의해 한 위치에서의 비밀시적 저장 매체로부터 다른 위치에서의 그 프로그램 코드를 실행하는 컴퓨터로 이동시킬 수 있다는 점에 주목한다. 네트워크 또는 인터넷으로부터 취득되는 프로그램 명령어와 데이터 구조는, 네트워크 자체에 "저장"되지 않지만, 액세스를 위해 인터넷에 때때로 접속될 수 있는 비밀시적 저장 매체에 저장된다. 도시한 네트워크 접속부는 예시적인 것이며, 일부 실시예들에서는, 공지되어 있으며 통상의 기술자가 이해하듯이, 하이브리드 섬유-동축 접속부, T1-T3 라인, DSL's, OC-3 및/또는 OC-12, TCP/IP, 마이크로파, WAP(무선 애플리케이션 프로토콜), 및 표준 스위치, 라우터, 아웃렛, 전력 라인을 통한 다른 모든 전자 매체를 포함하는, 컴퓨터들 간의 통신 링크를 확립하기 위한 통신 디바이스 및 그 통신 링크를 확립하기 위한 기타 수단을 사용할 수 있다는 점을 이해할 수 있다.

[0079] 본 발명의 실시예들을 함께 실시할 수 있는 하드웨어 및 동작 환경을 설명하였다. 본 발명의 실시예들을 함께 실시할 수 있는 컴퓨터(20)는, 종래의 컴퓨터, 분산형 컴퓨터, 또는 다른 임의의 유형의 컴퓨터일 수 있고, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 이러한 컴퓨터(20)는, 통상적으로, 자신의 프로세서로서 하나 이상의 처리 유닛, 및 메모리 등의 컴퓨터 판독가능 매체를 포함한다. 또한, 컴퓨터(20)는, 네트워크 어댑터 또는 모뎀 등의 통신 디바이스를 포함할 수 있고, 따라서, 다른 컴퓨터, 서버, 또는 디바이스에 통신가능하게 결합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 시스템(601)의 하나 이상의 구성요소들은 사용자로부터 입력을 유도 및 수신하고, 그 입력에 기초하여, 본원에서 설명하는 바와 같은 본 발명의 방법들 중 하나 이상을 수정, 조정, 또는 실행한다.

[0080] 일부 실시예들에서, 본 발명은 도 5c에 도시한 바와 같은 인터럽트 전력 측정 시스템을 위한 클리브 섬유 론치(cleaved fiber launch)를 사용한다. 일부 실시예들에서, 시스템(504)은 클리브 섬유 팁(510)에 결합된 광 전력 헤드(585)를 포함한다(예를 들어, 일부 실시예들에서, Ophir Optonics Solutions Ltd.에 의한 Ophir PD300-IRG Fiber Optic Power Meter Head(www.ophiropt.com/laser-measurement-instruments/new-products/pd300-r)). 일부 실시예들에서, 시스템(504)은, 또한, 중성 밀도(ND) 필터(530)와 카메라(531)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 본 발명은 광 전력을 측정하는 장치를 제공하며, 이 장치는, 광 신호를 전파하도록 구성되고, 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하고, 광 신호의 일부가 광 섬유의 길이를 따라 광 섬유로부터 산란되어 산란 섬유 광을 형성하는, 광 섬유; 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 수신하고 수신된 산란 섬유 광에 기초하여 검출 신호를 출력하도록 구성된 선형 어레이 검출기; 및 검출 신호를 수신하고 수신된 검출 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하도록 구성된 프로세서를 포함한다.

[0081] 장치의 일부 실시예들에서, 선형 어레이 검출기는, 광 섬유의 길이를 따른 선형 구성으로 배열된 복수의 이미징 픽셀을 포함한다. 일부 실시예들에서, 장치는 광 섬유와 선형 어레이 검출기 사이에 위치하는 이미징 광학계를 더 포함하고, 이미징 광학계는 산란 섬유 광을 선형 어레이 검출기 상으로 향하게 하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 장치는 광 섬유와 선형 어레이 검출기 사이에 위치하는 이미징 광학계를 더 포함하고, 이미징 광학계는 산란 섬유 광을 선형 어레이 검출기 상으로 향하게 하도록 구성되고, 이미징 광학계는 렌즈를 포함한다.

[0082] 장치의 일부 실시예들에서, 산란 섬유 광은 산란 펌프 광을 포함하고, 장치는, 산란 섬유 광이 선형 어레이 검출기에 도달하기 전에 산란 섬유 광으로부터 산란 펌프 광을 필터링하도록 구성된 파장 필터를 더 포함한다.

[0083] 일부 실시예들에서, 장치는, 광 섬유에 대하여 고정된 선형 어레이 검출기를 유지하도록 구성된 하우징을 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 산란 섬유 광의 대부분은 PM 섬유로부터 제1 방향으로 산란되고, 선형 어레이 검출기는 제1 방향으로 산란되는 산란 섬유 광을 검출하도록 배향된다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 프로세서는 로크인 검출 모듈을 포함하고, 장치는, 프로세서에 동작가능하게 결합되고 산란 섬유 광의 편광을 변조하도록 구성된 광탄성 변조기(또는 액정 디바이스 등)를

더 포함하고, 프로세서는, 산란 섬유 광의 신호대 잡음비를 개선하도록 광탄성 변조기(또는 액정 디바이스 등)와 로크인 검출 모듈을 제어한다. 일부 실시예들에서, 프로세서는, 또한, 광 신호의 전력 값의 결정 동안 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하도록 구성된다.

[0084] 일부 실시예들에서, 프로세서는, 또한, 광 신호의 전력 값의 결정 동안 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하도록 구성되고, 프로세서는, 또한, 결정된 전력 값의 기능성 맞춤(또는 캘리브레이션 테이블 룩업)을 산란 섬유 광에 대하여 수행하도록 구성되고, 기능성 맞춤(또는 캘리브레이션 테이블 룩업)은 전력 값을 산출하는 데 사용된다.

[0085] 일부 실시예들에서, 장치는, 복수의 펌프 덤프; 및 광 섬유의 출력 단부에 동작가능하게 결합된 캘리브레이션 출력계를 더 포함하고, 캘리브레이션 출력계는 장치의 전력 캘리브레이션을 제공하도록 구성된다.

[0086] 일부 실시예들에서, 본 발명은 광 전력을 측정하는 방법을 제공하며, 이 방법은, 광 신호를 전파하도록 구성된 광 섬유를 제공하는 단계로서, 광 섬유가 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하고, 광 신호의 일부가 광 섬유의 길이를 따라 광 섬유로부터 산란되어 산란 섬유 광을 형성하는, 제공하는 단계; 제1 기간에, 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 이미징하고 이미징된 산란 섬유 광에 기초하여 제1 이미지 신호를 출력하는 단계; 및 이미지 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하는 단계를 포함한다.

[0087] 일부 실시예들에서, 방법은, 산란 섬유 광의 이미징 전에 산란 섬유 광을 포커싱하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 방법은, 산란 섬유 광을 파장 필터링하여 펌프 광(또는 기타 배경 광(예를 들어, 방의 광))으로부터 광 신호의 일부를 분리하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 산란 섬유 광의 대부분은 PM 섬유로부터 제1 방향으로 산란되고, 산란 섬유 광의 이미징은 제1 방향으로 산란되는 산란 섬유 광의 이미징을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 방법은, 산란 섬유 광의 이미징 전에 산란 섬유 광의 편광을 변조하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 신호의 전력 값의 결정은 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟의 제거를 포함한다.

[0088] 일부 실시예들에서, 광 신호의 전력 값을 결정하는 것은, 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하는 것; 결정된 전력 값의 기능성 맞춤(또는 캘리브레이션 테이블 룩업)을 산란 섬유 광에 대하여 수행하는 것; 제1 기간에 후속하는 제2 기간에, 광 섬유의 길이를 산란 섬유 광을 이미징하고 제2 이미지 신호를 출력하는 것; 및 기능성 맞춤(또는 캘리브레이션 테이블 룩업)을 이용하여, 제2 이미지 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하는 것을 포함한다.

[0089] 일부 실시예들에서, 방법은, 광 섬유의 길이를 따라 펌프 광을 덤핑하는 단계; 및 광 신호의 전력 값의 결정을 캘리브레이션하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 방법은, 결정된 전력 값이 소정의 레벨과 다르면(예를 들어, 크거나, 작거나, 및/또는 액션을 필요로 하는 방식으로 시간 경과에 따라 가변되면) 광 신호의 발생을 셧오프하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 방법은, 산란 섬유 광의 이미징 전에 광 섬유로부터 클래딩 모드 전력을 스트리핑하는 단계를 더 포함한다.

[0090] 일부 실시예들에서, 본 발명은, 광 신호를 전파하도록 구성되고, 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하고, 광 신호의 일부가 광 섬유의 길이를 따라 광 섬유로부터 산란되어 산란 섬유 광을 형성하는, 광 섬유; 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 이미징하고 이미징된 산란 섬유 광에 기초하여 이미지 신호를 출력하기 위한 수단; 및 이미지 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하기 위한 수단을 포함하는 장치를 제공한다.

[0091] 일부 실시예들에서, 본 발명은 광 전력을 측정하는 방법을 제공하며, 이 방법은, 광 신호를 전파하도록 구성된 광 산란 매체(예를 들어, 융합 실리카, BK-7 글래스, 물, 공기 등의 Nd:YAG 또는 수동 광 재료 등의 고체 레이저 이득 매체)를 제공하는 단계로서, 광 신호의 일부는 광 산란 매체의 길이를 따라 광 산란 매체로부터 산란되어 산란 광을 형성하는, 제공하는 단계; 제1 기간에, 광 산란 매체의 길이를 따라 산란 광을 이미징하고 이미징된 산란 광에 기초하여 제1 이미지 신호를 출력하는 단계; 및 제1 이미지 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하는 단계를 포함한다.

[0092] 일부 실시예들에서, 본 발명은, 광 신호를 전파하도록 구성되고, 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하며, 광 신호의 일부가 광 섬유의 길이를 따라 광 섬유로부터 산란되어 산란 섬유 광을 형성하는, 광 섬유; 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 수신하고 수신된 산란 섬유 광에 기초하여 검출 신호를 출력하도록 구성된 검출기 시스템; 및 검출 신호를 수신하고 수신된 검출 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하도록 구성된 프로세서를 포함하는, 광 전력을 측정하는 장치를 제공한다.

[0093] 장치의 일부 실시예들에서, 제1 클래딩 층은 굴절률을 갖고, 광 섬유는 광 섬유의 길이를 따라 제1 클래딩 층을

둘러싸는 제2 클래딩 층을 더 포함하고, 제2 클래딩 층은, 제1 클래딩 층 내에 삽입되는 펌프 광이 광 섬유에 길이를 따라 제1 클래딩 층 내에 포함되도록 제1 클래딩 층의 굴절률보다 낮은 굴절률을 갖는다. 일부 실시예들에서, 검출기 시스템은 단일-픽셀 검출기를 포함한다.

[0094] 장치의 일부 실시예들에서, 검출기 시스템은 복수의 감광 위치를 포함하고, 복수의 감광 위치의 각각은 적어도 하나의 다른 위치로부터 집광한다. 이러한 일부 실시예들에서, 검출기 시스템은 1 대 N 선형 어레이 검출기를 포함하고, N은 1보다 큰 정수이다. 이러한 일부 실시예들에서, 검출기 시스템은 M 대 N 검출기를 포함하고, M과 N 각각은 1보다 큰 정수이다. 일부 실시예들에서, 검출기 시스템은 복수의 단일-픽셀 검출기를 포함한다.

[0095] 장치의 일부 실시예들에서, 산란 섬유 광은 산란 펌프 광을 포함하고, 장치는, 광 섬유와 검출기 시스템 사이에 위치하며 산란 섬유 광이 검출기 시스템 상으로 향하도록 구성된 이미징 광학계; 및 산란 펌프 광이 검출기 시스템에 도달하기 전에 산란 섬유 광으로부터 산란 펌프 광을 필터링하도록 구성된 파장 필터를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 산란 섬유 광의 대부분은 PM 섬유로부터 제1 방향으로 산란되고, 검출기 시스템은 제1 방향으로 산란되는 산란 섬유 광을 검출하도록 배향된다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 프로세서는 로크인 검출 모듈을 포함하고, 장치는, 프로세서에 동작가능하게 결합되고 산란 섬유 광의 편광을 변조하도록 구성된 편광 변조기 유닛을 더 포함하고, 편광 변조기 유닛은 편광기를 포함하고, 프로세서는, 산란 섬유 광의 신호대 잡음비를 개선하도록 편광 변조기 유닛과 로크인 검출 모듈을 제어한다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 로크인 검출 모듈은 광 섬유의 다른 임의의 부분으로부터 산란되는 광에 걸쳐 코어로부터 산란되는 광의 검출을 개선한다). 이러한 일부 실시예들에서, 편광 변조기 유닛은 광탄성 변조기를 포함한다. 이러한 일부 실시예들에서, 편광 변조기 유닛은 액정(LC) 변조기를 포함한다. 일부 실시예들에서, 편광 변조기는 가변 지연기를 포함한다. 일부 실시예들에서, 편광 변조기는 다른 임의의 적절한 편광 변조 디바이스이다.

[0096] 장치의 일부 실시예들에서, 프로세서는, 또한, 광 신호의 전력 값의 결정 동안 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 장치는, 하나 이상의 펌프 덤프; 및 광 섬유에 동작가능하게 결합된 캘리브레이션 출력계를 더 포함하고, 캘리브레이션 출력계는 장치의 출력 캘리브레이션을 제공하도록 구성된다.

[0097] 장치의 일부 실시예들에서, 광 섬유는 광 섬유의 길이를 따라 제1 클래딩 층을 둘러싸는 제2 클래딩 층을 더 포함한다. 이러한 일부 실시예들에서, 제2 클래딩 층은, 제1 클래딩 층 내에 삽입되는 펌프 광이 광 섬유의 길이를 따라 제1 클래딩 층 내에 포함되도록 낮은 굴절률을 갖는다.

[0098] 장치의 일부 실시예들에서, 검출기 시스템은 복수의 감광 위치를 포함하고, 복수의 감광 위치의 각각은 적어도 하나의 다른 위치로부터 집광하고, 검출기 시스템은 1 대 N 선형 어레이 검출기를 포함하고, N은 1보다 큰 정수이다. 일부 실시예들에서, 검출기 시스템은 복수의 감광 위치를 포함하고, 복수의 감광 위치의 각각은 적어도 하나의 다른 위치로부터 집광하고, 검출기 시스템은 M 대 N 검출기를 포함하고, M과 N 각각은 1보다 큰 정수이다. 일부 실시예들에서, 검출기 시스템은 복수의 감광 위치를 포함하고, 복수의 감광 위치의 각각은 적어도 하나의 다른 위치로부터 집광하고, 검출기 시스템은 단일-픽셀 검출기를 포함한다. 일부 실시예들에서, 검출기 시스템은 단일-픽셀 검출기를 포함한다.

[0099] 일부 실시예들에서, 장치는, 광 섬유와 검출기 시스템 사이에 위치하는 이미징 광학계를 더 포함하고, 이미징 광학계는 산란 섬유 광이 검출기 시스템 상으로 향하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 산란 섬유 광은 산란 펌프 광을 포함하고, 장치는, 산란 펌프 광이 검출기 시스템에 도달하기 전에 산란 섬유 광으로부터 산란 펌프 광을 필터링하도록 구성된 파장 필터를 더 포함한다.

[0100] 일부 실시예들에서, 장치는, 광 섬유에 대하여 고정된 검출기 시스템을 유지하도록 구성된 하우징을 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 산란 섬유 광의 대부분은 PM 섬유로부터 제1 방향으로 산란되고, 검출기 시스템은 제1 방향으로 산란되는 산란 섬유 광을 검출하도록 배향된다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 프로세서는 로크인 검출 모듈을 포함하고, 장치는, 프로세서에 동작가능하게 결합되고 산란 섬유 광의 편광을 변조하도록 구성된 광탄성 변조기 유닛을 더 포함하고, 광탄성 변조기 유닛은 편광기를 포함하고, 프로세서는, 산란 섬유 광의 신호대 잡음비를 개선하도록 광탄성 변조기 유닛과 로크인 검출 모듈을 제어한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 프로세서는 로크인 검출 모듈을 포함하고, 장치는, 프로세서에 동작가능하게 결합되고 산란 섬유 광의 편광을 변조하도록 구성된 액정(LC) 변조기 유닛을 더 포함하고, LC 변조기 유닛은 편광기를 포함하고, 프로세서는, 산란 섬유 광의 신호대 잡음비를 개선하도록 LC 변조기 유닛과 로크인 검출 모듈을 제어한다.

- [0101] 장치의 일부 실시예들에서, 프로세서는, 또한, 광 신호의 전력 값의 결정 동안 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 프로세서는, 또한, 광 신호의 전력 값의 결정 동안 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하도록 구성되고, 프로세서는, 또한, 산란 섬유 광에 대해 결정된 전력 값의 기능성 맞춤을 수행하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 장치는, 복수의 펌프 덤프; 및 광 섬유의 출력 단부에 일시적으로 결합되도록 구성된 캘리브레이션 출력계를 더 포함하고, 캘리브레이션 출력계는 장치의 출력 캘리브레이션을 제공하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 장치는, 복수의 펌프 덤프; 및 캘리브레이션 출력계와 광 섬유의 출력 단부 사이에 자유 공간이 위치하도록 광 섬유의 출력 단부에 광학적으로 결합된 캘리브레이션 출력계를 더 포함하고, 캘리브레이션 출력계는 장치의 출력 캘리브레이션을 제공하도록 구성된다.
- [0102] 일부 실시예들에서, 본 발명은 광 전력을 측정하는 방법을 제공하며, 이 방법은, 광 신호를 전파하도록 구성된 광 섬유를 제공하는 단계로서, 광 섬유가 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하고, 광 신호의 일부가 광 섬유의 길이를 따라 광 섬유로부터 산란되어 산란 섬유 광을 형성하는, 제공하는 단계; 제1 기간에, 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 이미징하고 이미징된 산란 섬유 광에 기초하여 제1 신호를 출력하는 단계; 및 제1 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0103] 방법의 일부 실시예들에서, 검출은 광 섬유의 길이를 따른 산란 섬유 광의 이미징을 포함한다. 일부 실시예들에서, 산란 섬유 광은 산란 펌프 광을 포함하고, 방법은, 산란 섬유 광의 검출 전에 산란 섬유 광을 포커싱하는 단계; 및 산란 섬유 광을 파장 필터링하여 광 신호의 일부를 펌프 광으로부터 분리하는 단계를 더 포함한다.
- [0104] 방법의 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광-유지(PM) 섬유이고, 산란 섬유 광의 대부분은 PM 섬유로부터 제1 방향으로 산란되고, 산란 섬유 광의 검출은 로크인 검출에 의해 제1 방향으로 산란되는 산란 섬유 광의 검출을 포함하고, 방법은, 산란 섬유 광의 검출 전에 산란 섬유 광의 편광을 변조하는 단계를 더 포함한다.
- [0105] 방법의 일부 실시예들에서, 광 신호의 전력 값의 결정은 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟의 제거를 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 신호의 전력 값의 결정은, 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하는 것; 결정된 전력 값의 기능성 맞춤을 산란 섬유 광에 대하여 수행하는 것; 제1 기간에 후속하는 제2 기간에, 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 검출하고 제2 이미지 신호를 출력하는 것; 및 기능성 맞춤을 이용하여, 제2 이미지 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하는 것을 포함한다.
- [0106] 일부 실시예들에서, 방법은, 광 섬유의 길이를 따라 펌프 광을 덤핑하는 단계; 및 광 신호의 전력 값의 결정을 캘리브레이션하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 방법은, 검출을 수행하도록 구성된 검출기 시스템을 제공하는 단계; 및 광 섬유에 대하여 검출기 시스템의 위치를 고정하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 신호의 전력 값의 결정은 광 신호의 출력 대 시간 프로파일의 검출을 포함한다. 일부 실시예들에서, 방법은, 출력 대 시간 프로파일(예를 들어, 일부 실시예들에서, 출력 대 시간 프로파일은, 광 신호 발생기/제어기가 출력 대 시간 프로파일을 사용하여 일정한 광 전력을 유지하고, 출력 신호가 소정의 프로파일 기준을 충족시키면 출력을 셧다운하는 등을 행하도록 광 신호 발생기/제어기에 대한 피드백 시스템의 일부로서 사용됨)에 적어도 부분적으로 기초하여 광 신호를 제어하는 단계를 더 포함한다.
- [0107] 방법의 일부 실시예들에서, 광 섬유는, 광 섬유의 길이를 따라 제1 클래딩 층을 둘러싸는 제2 클래딩 층을 더 포함한다. 이러한 일부 실시예들에서, 제2 클래딩 층은, 제1 클래딩 층 내에 삽입되는 펌프 광이 광 섬유의 길이를 따라 제1 클래딩 층 내에 포함되도록 제1 클래딩 층의 굴절률보다 낮은 굴절률을 갖는다.
- [0108] 방법의 일부 실시예들에서, 검출은 광 섬유의 길이를 따른 산란 섬유 광의 이미징을 포함한다. 일부 실시예들에서, 방법은 산란 섬유 광의 검출 전에 산란 섬유 광을 포커싱하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 방법은 광 신호의 일부를 펌프 광으로부터 분리하도록 산란 섬유 광을 파장 필터링하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 산란 섬유 광의 대부분은 PM 섬유로부터 제1 방향으로 산란되고, 산란 섬유 광의 검출은 제1 방향으로 산란되는 산란 섬유 광의 검출을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 방법은, 산란 섬유 광의 검출 전에 산란 섬유 광의 편광을 변조하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 신호의 전력 값의 결정은 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟의 제거를 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 신호의 전력 값의 결정은, 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하는 것; 결정된 전력 값의 기능성 맞춤을 산란 섬유 광에 대하여 수행하는 것; 제1 기간에 후속하는 제2 기간에, 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 검출하고 제2 이미지 신호를 출력하는 것; 및 기능성 맞춤을 이용하여, 제2 이미지 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하는 것을 포함한다.
- [0109] 일부 실시예들에서, 방법은, 광 섬유의 길이를 따라 펌프 광을 덤핑하는 단계; 및 광 신호의 전력 값의 결정을

캘리브레이션하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 전력 값의 결정은, 제1 기간을 포함하는 복수의 기간에 걸친 광 신호의 전력 값의 감시를 포함한다. 일부 실시예들에서, 방법은, 감시되는 전력 값에 적어도 부분적으로 기초하여 광 신호의 발생을 제어하는 단계(예를 들어, 발생 셧오프, 발생률 유지, 발생률 조정 등)(이러한 일부 실시예들에서, 감시되는 전력 값은 (일부 실시예들에서는 유선 접촉부를 통해; 다른 실시예들에서는 무선 접촉부를 통해) 광 신호 발생기/제어기에 피드백 시스템의 일부로서 송신됨)를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 감시는 광 신호의 시간 대 출력 프로파일의 검출을 포함한다. 일부 실시예들에서, 방법은 감시되는 전력 값에 적어도 부분적으로 기초하여 광 섬유의 온도를 조정하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 방법은, 산란 섬유 광의 검출 전에 광 섬유로부터 클래딩 모드 출력을 스트리핑하는 단계를 더 포함한다.

[0110] 일부 실시예들에서, 본 발명은, 광 신호를 전파하도록 구성되고, 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하고, 광 신호의 일부가 광 섬유의 길이를 따라 광 섬유로부터 산란되어 산란 섬유 광을 형성하는, 광 섬유; 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 검출하고 이미징된 산란 섬유 광에 기초하여 신호를 출력하기 위한 수단; 및 이미지 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하기 위한 수단을 포함하는 장치를 제공한다.

[0111] 일부 실시예들에서, 본 발명은, 적절히 프로그래밍된 정보 프로세서가 검출기로부터 수신되는 신호에 기초하여 광 섬유의 광 전력을 결정하는 방법을 실행하기 위한 명령어가 저장된 비일시적 컴퓨터 판독가능 매체를 제공하며, 광 섬유는 코어 및 적어도 제1 클래딩 층을 포함하고, 광 신호의 일부는 광 섬유의 길이를 따라 광 섬유로부터 산란되어 산란 광 섬유를 형성하게 되며, 광 섬유로부터 산란되는 광 신호의 일부가 검출기에 의해 검출되며, 컴퓨터 판독가능 매체는, 제1 기간 동안 광 섬유의 길이를 따라 검출되는 산란 광에 기초하는 제1 신호를 검출기로부터 수신하기 위한 명령어; 산란 섬유 광을 나타내는 제1 신호에 기초하여 전력 값을 산출하기 위한 명령어; 및 광 신호의 산출된 전력 값을 출력하기 위한 명령어를 포함한다.

[0112] 컴퓨터 판독가능 매체의 일부 실시예들은 출력 신호를 캘리브레이션하는 데 사용되는 캘리브레이션 값들의 테이블을 포함한다.

[0113] 컴퓨터 판독가능 매체의 일부 실시예들은 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광의 이미징을 야기하기 위한 명령어를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 산란 섬유 광은 산란 펌프 광을 포함하고, 컴퓨터 판독가능 매체는, 산란 섬유 광의 검출 전에 산란 섬유 광의 포커싱을 야기하기 위한 명령어; 및 산란 섬유 광을 파장 필터링하여 광 신호의 일부를 펌프 광으로부터 분리하기 위한 명령어를 더 포함한다.

[0114] 컴퓨터 판독가능 매체의 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 산란 섬유 광의 대부분은 PM 섬유로부터 제1 방향으로 산란되고, 산란 섬유 광의 검출은, 로크인 검출에 의해 제1 방향으로 산란되는 산란 섬유 광의 검출을 포함하고, 컴퓨터 판독가능 매체는 산란 섬유 광의 검출 전에 산란 섬유 광의 편광을 변조하기 위한 명령어를 더 포함한다.

[0115] 컴퓨터 판독가능 매체의 일부 실시예들은, 광 신호의 전력 값의 결정이 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟의 제거를 포함하게 하는 명령어를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 판독가능 매체는, 광 신호의 전력 값의 결정이, 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하는 것, 결정된 전력 값의 기능성 맞춤을 산란 섬유 광에 대하여 수행하는 것, 제1 기간에 후속하는 제2 기간에, 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 검출하여 제2 이미지 신호를 출력하는 것, 및 기능성 맞춤을 이용하여, 제2 이미지 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하는 것을 포함하게 하는 명령어를 더 포함한다.

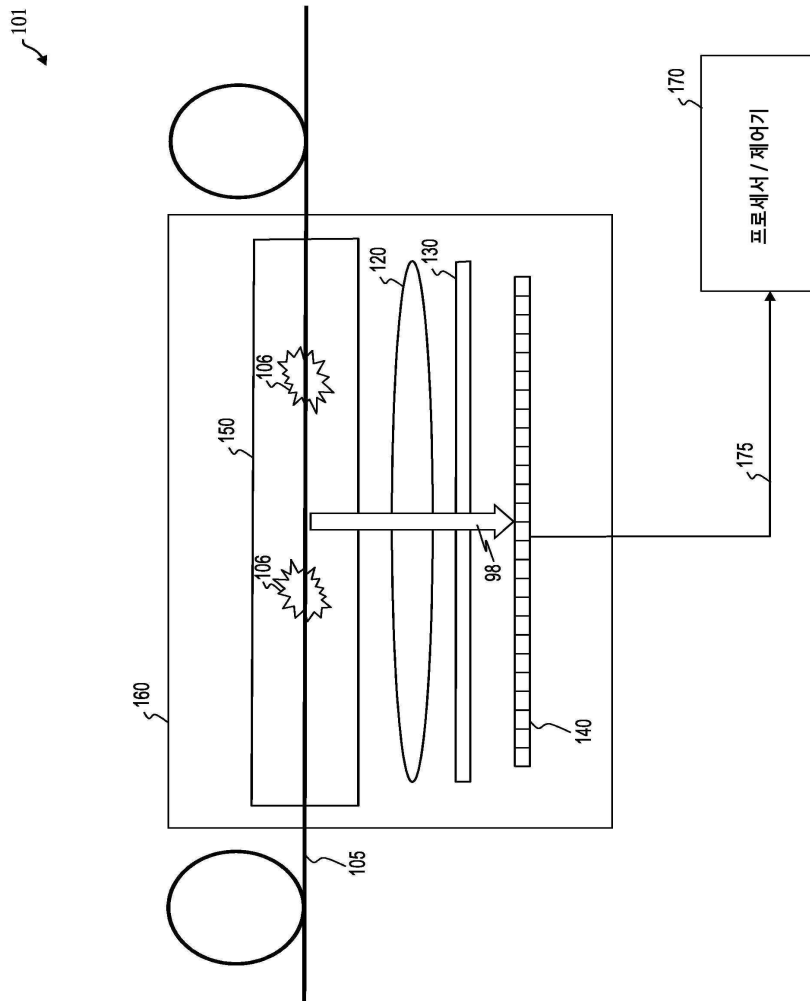
[0116] 컴퓨터 판독가능 매체의 일부 실시예들은, 광 섬유의 길이를 따라 펌프 광의 덤핑을 야기하고 광 신호의 전력 값의 결정을 캘리브레이션하기 위한 명령어를 더 포함한다. 일부 실시예들에서는, 검출을 수행하도록 구성된 검출기 시스템을 제공하고, 검출기 시스템의 위치는 광 섬유에 대하여 고정된다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 판독가능 매체는, 광 신호의 전력 값의 결정이 광 신호의 출력 대 시간 프로파일의 검출을 포함하게 하는 명령어를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 판독가능 매체는 출력 대 시간 프로파일에 적어도 부분적으로 기초하여 광 신호를 제어하기 위한 명령어를 더 포함한다(예를 들어, 일부 실시예들에서, 출력 대 시간 프로파일은, 광 신호 발생기/제어기가, 일정한 광 전력을 유지하고 출력 신호가 소정의 프로파일 기준을 충족하는 경우 출력을 셧다운하는 등을 행하게끔 출력 대 시간 프로파일을 사용하도록 광 신호 발생기/제어기에 대한 피드백 시스템의 일부로서 사용된다).

[0117] 컴퓨터 판독가능 매체의 일부 실시예들에서, 광 섬유는 광 섬유의 길이를 따라 제1 클래딩 층을 둘러싸는 제2 클래딩 층을 더 포함한다. 이러한 일부 실시예들에서, 제2 클래딩 층은, 제1 클래딩 층 내에 삽입되는 펌프 광이 광 섬유의 길이를 따라 제1 클래딩 층 내에 포함되도록 낮은 굴절률을 갖는다.

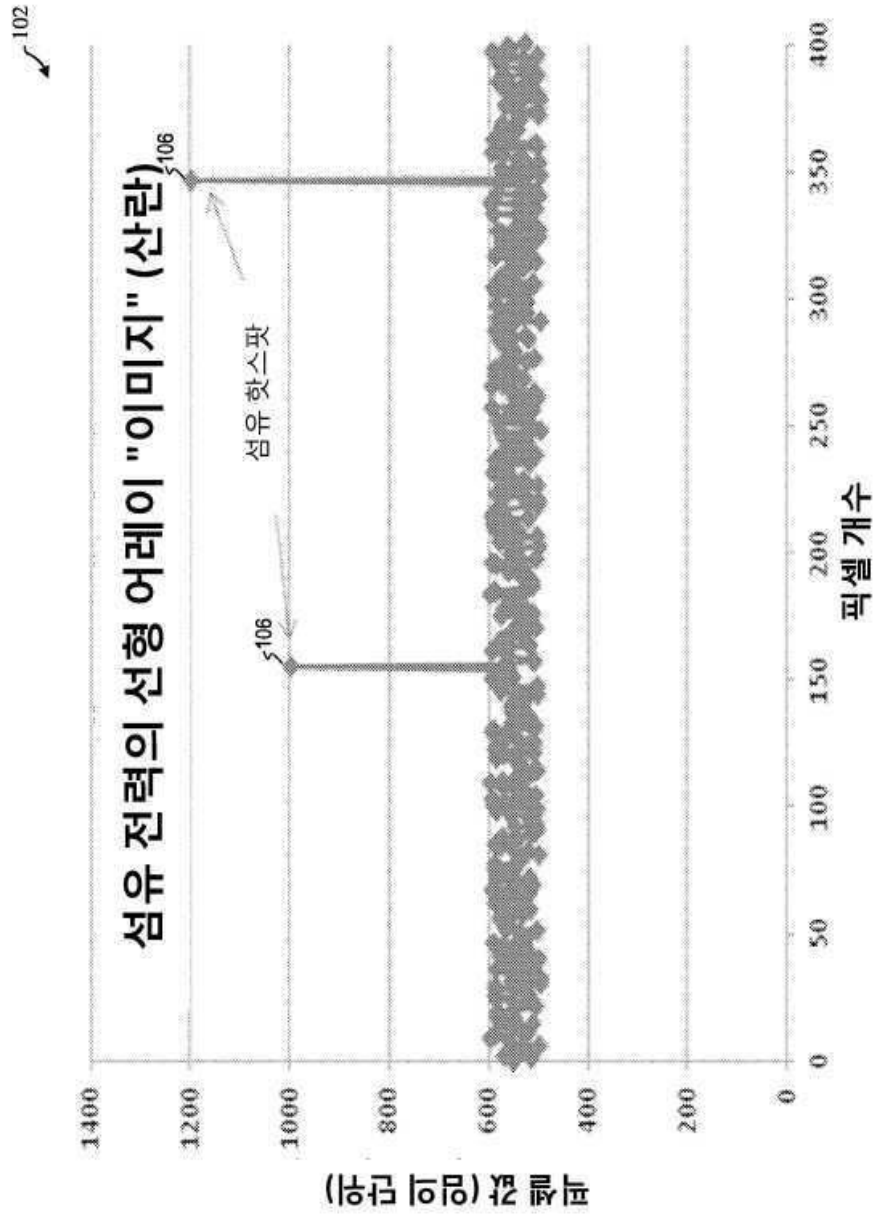
- [0118] 컴퓨터 판독가능 매체의 일부 실시예들은, 검출이 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 이미징하는 것을 포함하게 하는 명령어를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 판독가능 매체는, 산란 섬유 광의 검출 전에 산란 섬유 광의 포커싱을 야기하기 위한 명령어를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 판독가능 매체는, 산란 섬유 광을 과장 필터링하여 광 신호의 일부를 펌프 광으로부터 분리하기 위한 명령어를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 산란 섬유 광의 대부분은 PM 섬유로부터 제1 방향으로 산란된다. 컴퓨터 판독가능 매체는, 산란 섬유 광의 검출이 제1 방향으로 산란되는 산란 섬유 광의 검출을 포함하게 하는 명령어를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 섬유는 편광 유지(PM) 섬유이고, 컴퓨터 판독가능 매체는, 산란 섬유 광의 검출 전에 산란 섬유 광의 편광을 변조하기 위한 명령어를 더 포함한다. 컴퓨터 판독가능 매체의 일부 실시예들에서, 광 신호의 전력 값의 결정은 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟의 제거를 포함한다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 판독가능 매체는, 광 신호의 전력 값의 결정이, 산란 섬유 광에 연관된 핫스팟을 제거하는 것; 결정된 전력 값의 기능성 맞춤을 산란 섬유 광에 대하여 수행하는 것; 제1 기간에 후속하는 제2 기간에, 광 섬유의 길이를 따라 산란 섬유 광을 검출하고 제2 이미지 신호를 출력하는 것; 및 기능성 맞춤을 이용하여, 제2 이미지 신호에 기초하여 광 신호의 전력 값을 결정하는 것을 포함하게 하는 명령어를 더 포함한다.
- [0119] 컴퓨터 판독가능 매체의 일부 실시예들은, 광 섬유의 길이를 따라 펌프 광의 덤핑을 야기하고 광 신호의 전력 값의 결정을 캘리브레이션하기 위한 명령어를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 전력 값의 결정은 제1 기간을 포함하는 복수의 기간에 걸친 광 신호의 전력 값의 감시를 포함한다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 판독가능 매체는, 감시되는 전력 값에 적어도 부분적으로 기초하여 광 신호 발생을 제어하기 위한 명령어(예를 들어, 발생 셧오프, 발생을 유지, 발생을 조정 등)를 더 포함한다(이러한 일부 실시예들에서, 감시되는 전력 값은, (일부 실시예들에서는 유선 접속부를 통해 다른 실시예들에서는 무선 접속부를 통해) 광 신호 발생기/제어기에 피드백 시스템의 일부로서 송신된다). 일부 실시예들에서, 감시는 광 신호의 시간 대 출력 프로파일의 검출을 포함한다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 판독가능 매체는, 감시되는 전력 값에 적어도 부분적으로 기초하여 광 섬유의 온도 조정을 야기하기 위한 명령어를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 컴퓨터 판독가능 매체는, 산란 섬유 광의 검출 전에 광 신호로부터 클래딩 모드 출력을 스트리핑하기 위한 명령어를 더 포함한다.
- [0120] 특히, 본 발명은 본원에서 개별적으로 설명되는 다양한 실시예들과 특징부들의 조합과 부조합을 갖는 실시예들을 포함할 수 있다(즉, 요소들의 모든 조합을 열거하기보다는, 본 명세서는, 대표적인 실시예들의 설명을 포함하며, 본원에서 참고로 인용되는 모 특허출원과 모 특허출원 공개공보에서 설명하는 실시예들의 특징부들 중 일부와 조합되는 다른 일 실시예의 특징부들 중 일부를 포함하는 실시예들을 비롯하여, 일 실시예의 특징부들 중 일부와 조합되는 다른 일 실시예의 특징부들 중 일부를 포함하는 실시예들을 고려할 수 있다). 또한, 일부 실시예들은, 본원에서 설명하는 실시예들 중 임의의 일 실시예의 일부로서 설명되는 모든 구성요소들보다 적은 구성요소들을 포함한다.
- [0121] 위 설명은 예시를 위한 것이지만 제한적인 것이 아니라는 점을 이해하도록 한다. 본원에서 설명하는 바와 같은 다양한 실시예들의 많은 특징들과 장점들이 위 설명에서 다양한 실시예들의 구조와 기능의 상세와 함께 기재되었지만, 상세에 대한 다른 변경과 많은 실시예들은 위 설명을 고려하는 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는, 청구범위 및 이러한 청구항들이 속하는 균등물의 전체 범위와 함께 참조하여 결정되어야 한다. 청구범위에서, "포함"(including) 및 "에서"(in which)라는 용어들은, "포함"(comprising) 및 "에서"(wherein)라는 각 용어의 평이한 균등 용어로서 사용된다. 또한, "제1", "제2", "제3" 등의 용어들은, 라벨로서 사용될 뿐이며, 그 대상을 수치적으로 한정하려는 것이 아니다.

도면

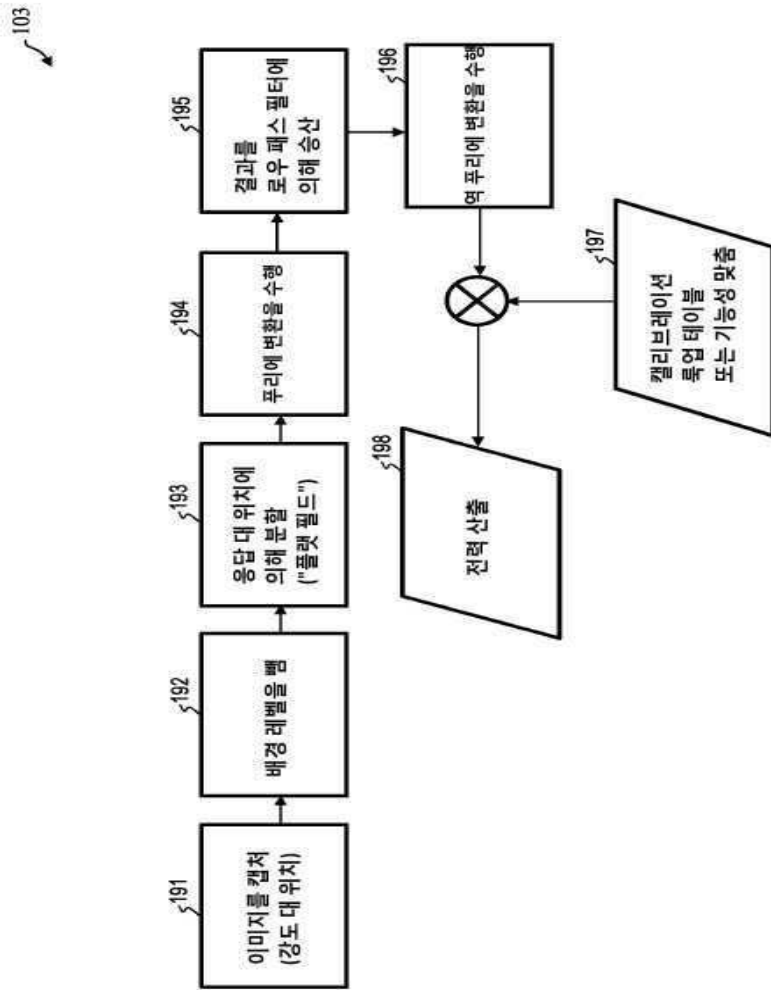
도면1a



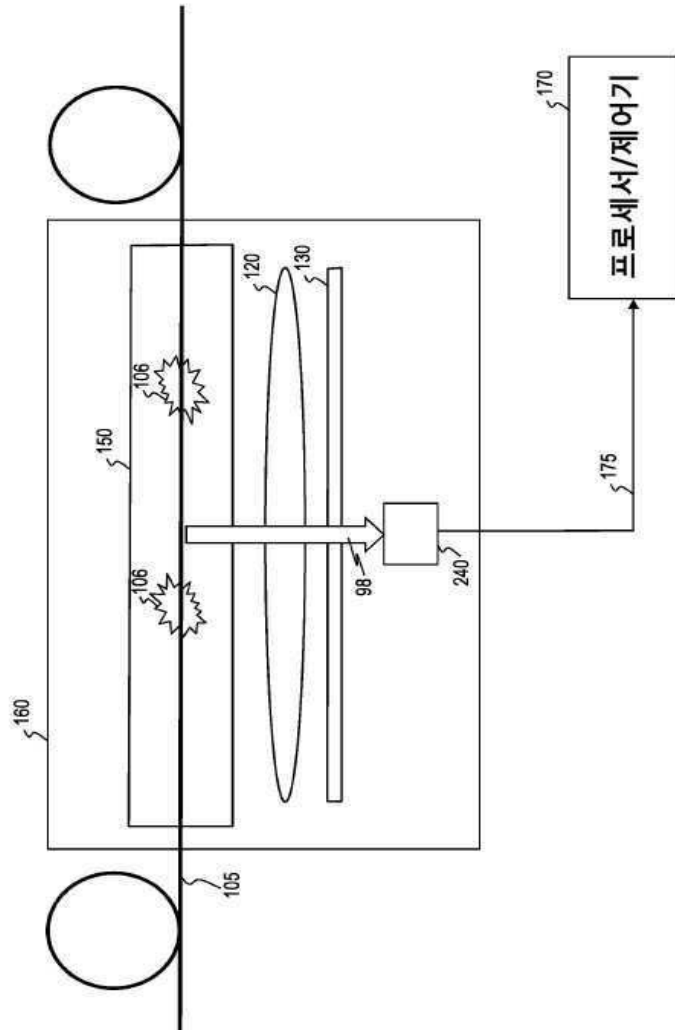
도면1b



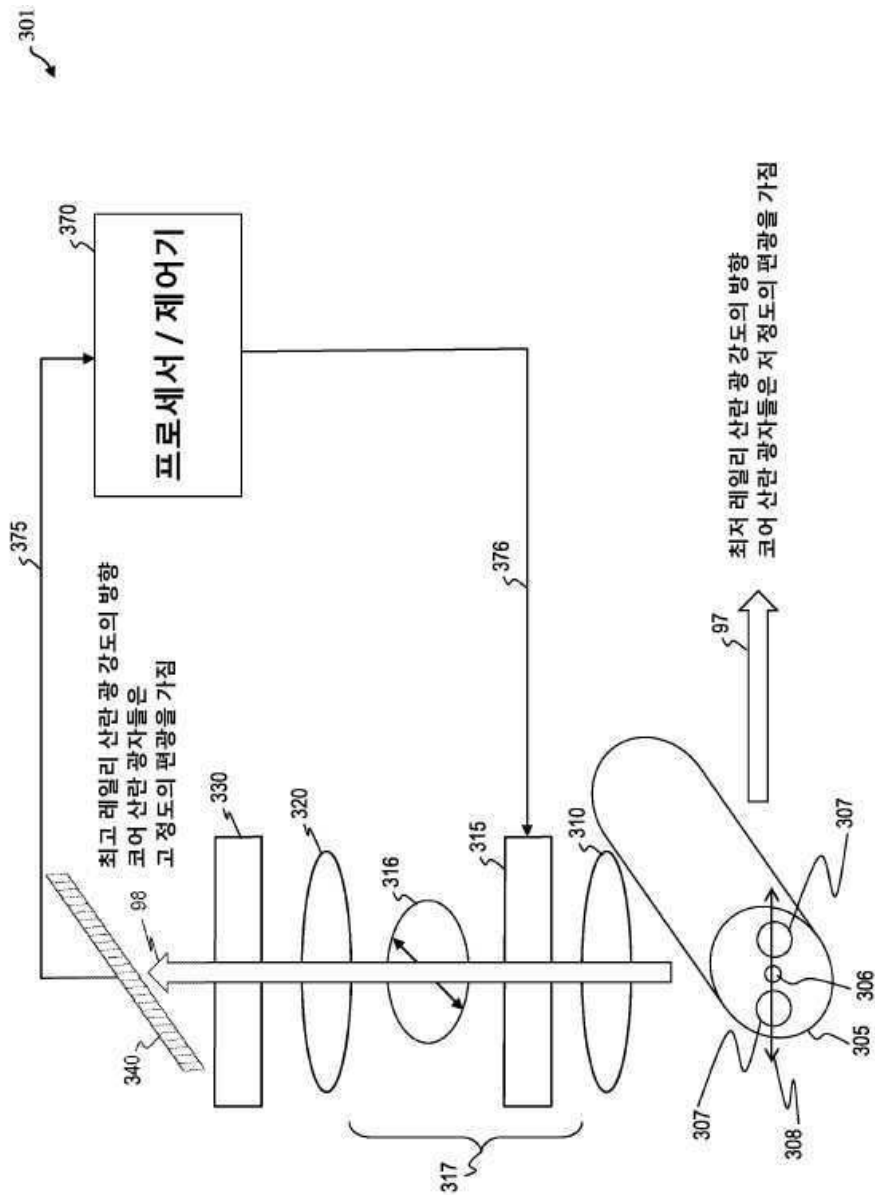
도면1c



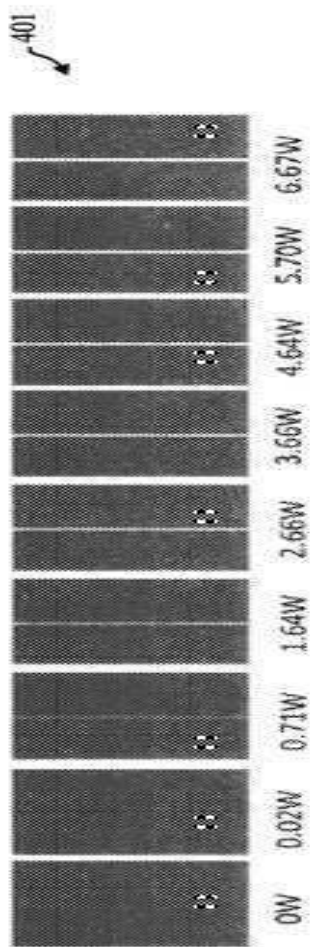
도면2



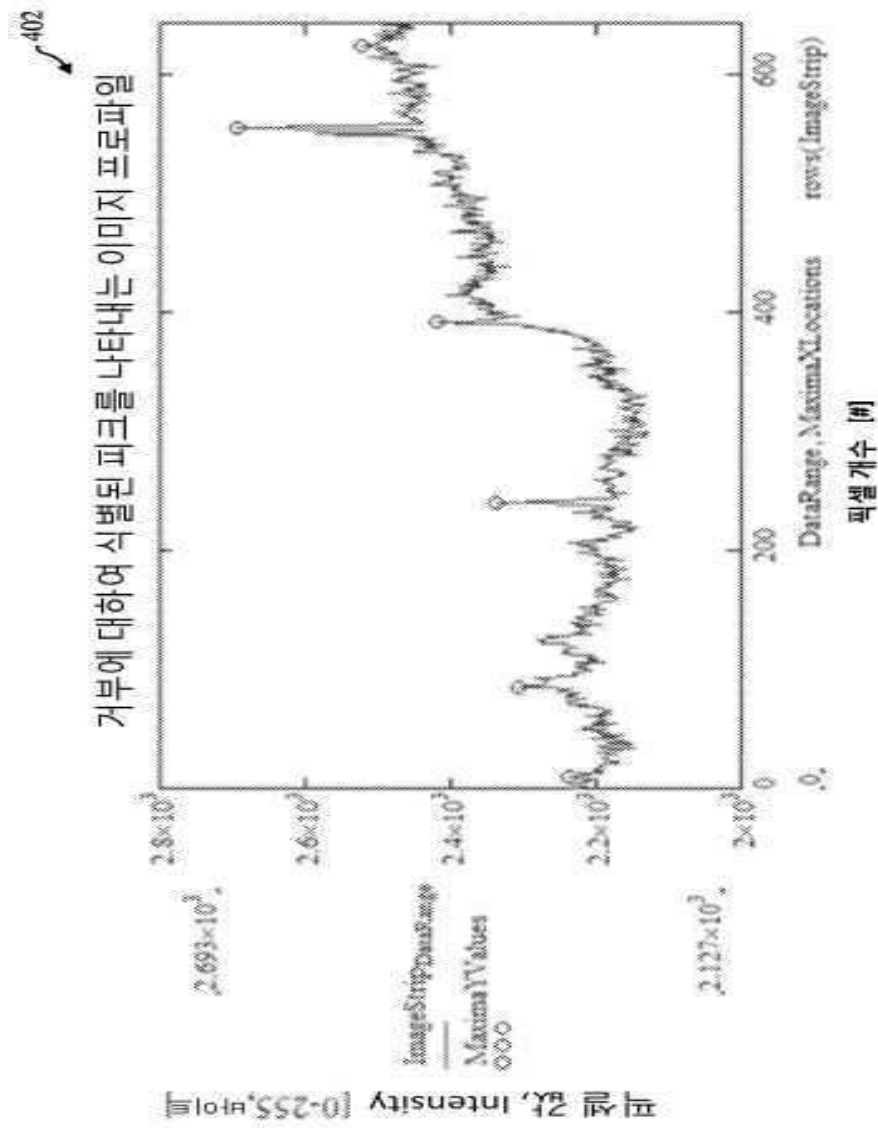
도면3



도면4a



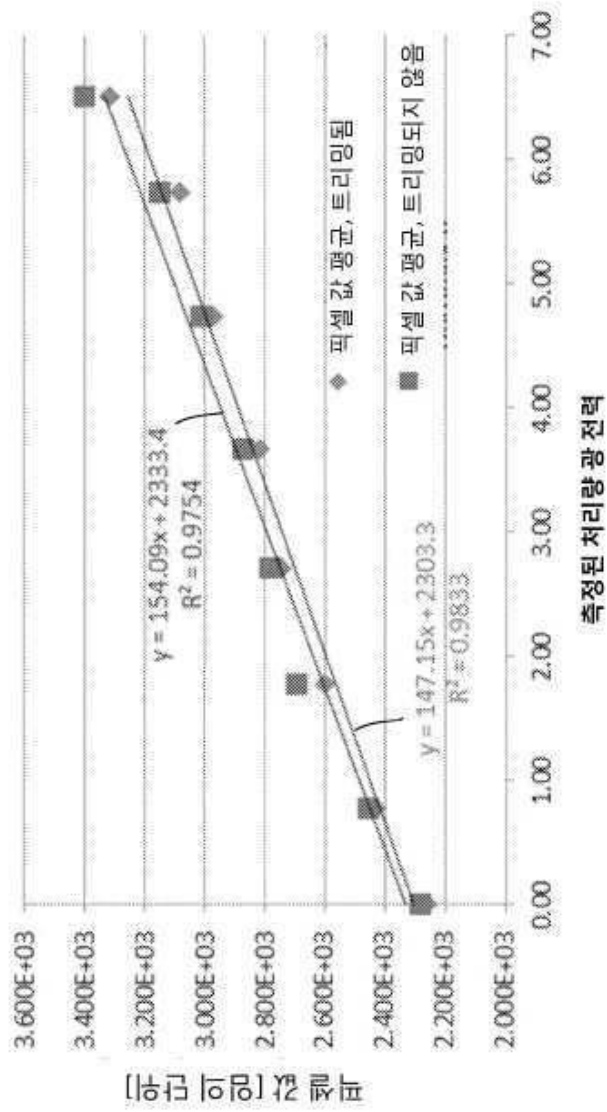
도면4b



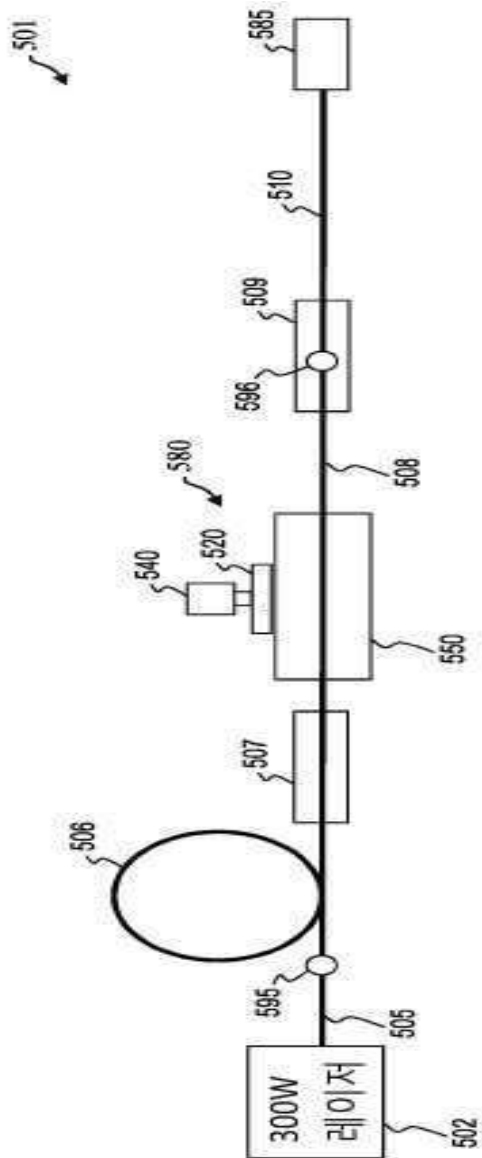
도면4c

403

픽셀 값 대 측정 처리량 전력

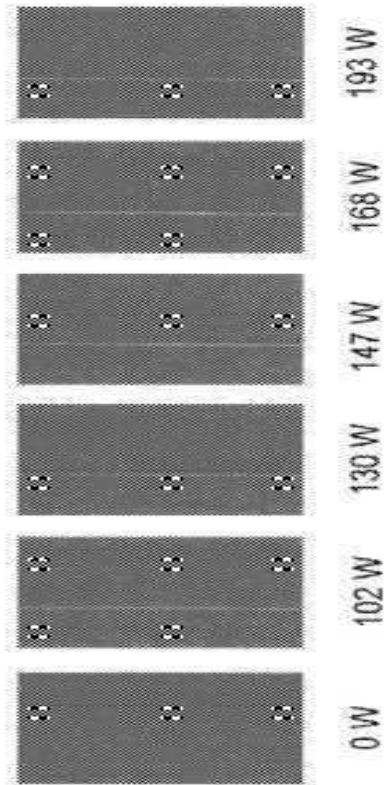


도면5a

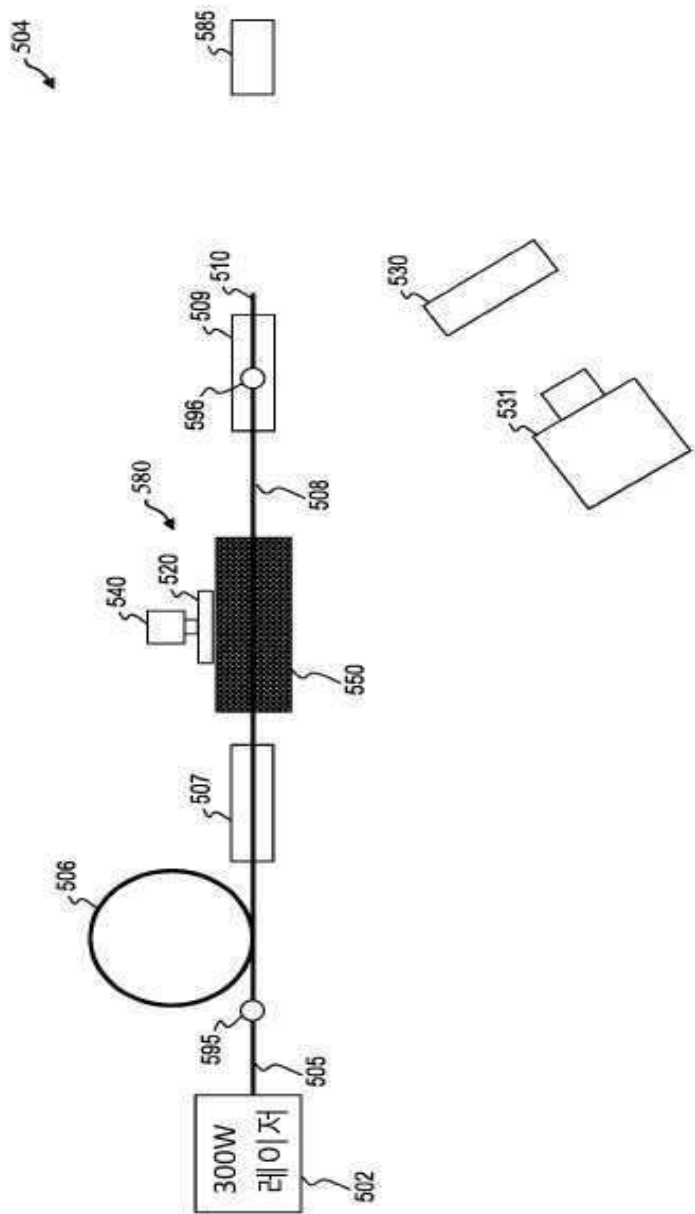


도면5b

503



도면5c



도면6

