



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년05월04일  
(11) 등록번호 10-1727091  
(24) 등록일자 2017년04월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 21/63 (2006.01) G02B 6/293 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 21/636 (2013.01)  
G02B 6/2932 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0082370  
(22) 출원일자 2016년06월30일  
심사청구일자 2016년06월30일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2014044129 A  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
한국광기술원  
광주광역시 북구 첨단벤처로108번길 9 (월출동)  
중앙대학교 산학협력단  
서울 동작구 흑석동 221  
(72) 발명자  
김영호  
광주광역시 광산구 풍영로 294-8, 206동 501호(장덕동, 고실마을부영사랑으로2차아파트)  
노병섭  
광주광역시 북구 우치로537번길 10, 104동 1403호(일곡동, 동아아파트)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
이재량

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 김명갑

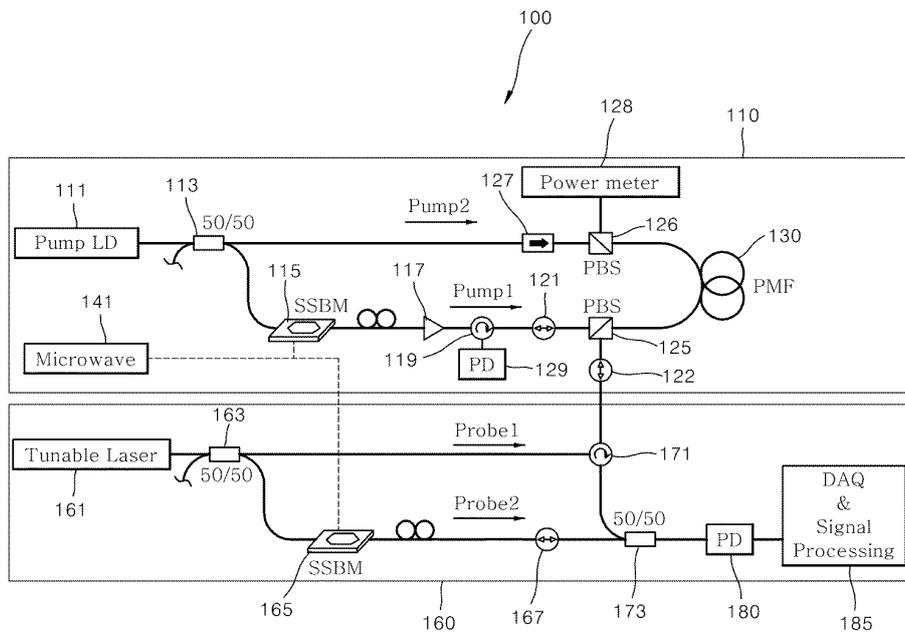
(54) 발명의 명칭 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치 및 그 센싱 방법

(57) 요약

본 발명은 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치에 관한 것으로서, 펌프광을 발생시키는 펌프광원과, 펌프광을 제1펌프광과 제2펌프광으로 분배하는 제1광분배기와, 제1펌프광의 주파수를 이동시켜 출력하는 제1단일측파변조기와, 제1단일측파 변조기를 거쳐 진행되는 제1펌프광과 제2펌프광이

(뒷면에 계속)

대표도



동일한 제1광축에 서로 반대 방향으로 입사되게 접속된 편광유지광섬유와, 프로브광을 생성하는 프로브 광원과, 프로브광을 제1프로브광과 제2프로브광으로 분배하는 제2광분배기와, 제1프로브광을 편광유지광섬유의 다른 제2광축에 제1편광과 동일 방향으로 입사시키는 광서클레이터와, 제2프로브광의 주파수를 이동시켜 출력하는 제2단일측파변조기와, 제1프로브광에 대해 편광유지광섬유에 형성되는 브릴루앙 동적격자로부터 반사되어 제1광서클레이터로 출력되는 제1프로브 반사광과 제2프로브광을 상호 합파하는 광합파기와, 광합파기에서 출력되는 광을 검출하는 광검출기를 포함한다. 이러한 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치 및 그 센싱방법에 의하면, 높은 공간해상도와 협대역의 브릴루앙 이득 곡선을 동시에 취득할 수 있다. 또한, 높은 공간해상도를 얻기 위해 짧은 펄스 발생기와 고속 디지털처리가 요구되지 않아 구조가 단순화되는 장점이 있다.

(52) CPC특허분류	(56) 선행기술조사문헌
G01N 2021/638 (2013.01)	KR1020110075679 A
(72) 발명자	KR1020110075680 A
<b>김명진</b>	KR1020130104127 A
광주광역시 광산구 풍영로170번길 39-10, 303동 201호 (장덕동, 성덕마을대방노블랜드3차아파트)	KR1020130067402 A
<b>송광용</b>	
서울특별시 관악구 관악로40길 60 120동 402호 (봉 천동, 관악현대아파트)	
<b>김영훈</b>	
서울특별시 관악구 난곡로 66, 102동 802호( 신림동, 대우신림2차푸르지오아파트)	

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415141415
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	센서산업고도화를위한첨단센서육성사업
연구과제명	100k급 측정 유효점을 갖는 분포형 광 역산란 계측센서용 주파수 영역 기반 핵심소자 기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국광기술원
연구기간	2015.08.01 ~ 2016.07.31

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

펄프광을 발생시키는 펄프광원과;

상기 펄프광을 제1펄프광과 제2펄프광으로 분배하는 제1광분배기와;

상기 제1펄프광의 주파수를 이동시켜 출력하는 제1단일측파변조기와;

상기 제1단일측파 변조기를 거쳐 진행하는 제1펄프광과 상기 제2펄프광이 동일한 제1광축에 서로 반대 방향으로 입사되게 접속된 편광유지광섬유와;

프로브광을 생성하는 프로브 광원과;

상기 프로브광을 제1프로브광과 제2프로브광으로 분배하는 제2광분배기와;

상기 제1프로브광을 상기 편광유지광섬유의 다른 제2광축에 상기 제1펄프광과 동일 방향으로 입사시키는 광서클레이터와;

상기 제2프로브광의 주파수를 이동시켜 출력하는 제2단일측파변조기와;

상기 제1프로브광에 대해 상기 편광유지광섬유에 형성되는 브릴루앙 동적격자로부터 반사되어 상기 광서클레이터로 출력되는 제1프로브 반사광과 상기 제2프로브광을 상호 합파하는 광합파기와;

상기 광합파기에서 출력되는 광을 검출하는 광검출기;를 포함하는 것을 특징으로 하는 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 광검출기에서 출력되는 신호를 처리하는 신호처리부;를 더 구비하고,

상기 신호처리부는 상기 제1펄프광과 상기 제2펄프광 사이의 주파수 차이 및 상기 제1프로브광과 상기 제2프로브광의 주파수 차이를 변화시키면서 상기 광검출기로부터 취득된 브릴루앙 천이 주파수를 검출하도록 된 것을 특징으로 하는 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 프로브 광원은 파장을 가변시킬 수 있는 파장가변레이저가 적용된 것을 특징으로 하는 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치

**청구항 4**

펄프광을 발생시키는 펄프광 발생 단계와;

상기 펄프광을 제1펄프광과 제2펄프광으로 분배하는 펄프광 분배 단계와;

상기 제1펄프광을 제1단일측파변조기에 의해 주파수를 이동시켜 출력하는 단계와;

상기 주파수가 이동된 제1펄프광과 상기 제2펄프광을 편광유지광섬유의 동일한 제1광축에 서로 반대 방향으로 입사시키는 펄프광 입사 단계와;

프로브광을 발생시키는 프로브광 발생 단계와;

상기 프로브광을 제1프로브광과 제2프로브광으로 분배하는 프로브광 분배 단계와;

상기 제2프로브광의 주파수를 제2단일측파변조기에 의해 이동시켜 출력하는 단계와;

상기 편광유지광섬유의 다른 제2광축에 상기 제1펄프광과 동일 방향으로 제1프로브광을 입사시키는 프로브광 입사 단계와;

상기 편광유지광섬유로부터 상기 제1프로브광으로부터 발생한 제1프로브 반사광과 상기 제2단일측파변조기를 거쳐 주파수가 이동된 제2프로브광을 합과하여 간섭광을 생성하는 간섭광 생성단계와;

상기 간섭광을 검출하는 광검출 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센싱 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치 및 그 센싱방법에 관한 것으로서, 상세하게는 공간 분해능을 높일 수 있도록 된 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치 및 그 센싱방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 브릴루앙 동적 격자(Brillouin dynamic grating; BDG)란 편광 유지 광섬유(polarization maintaining fiber; PMF) 혹은 기타 복굴절이 존재하는 매질에서 한 방향으로 편광된 광파의 유도 브릴루앙 산란(stimulated Brillouin scattering; SBS)을 통해 발생시킨 음파를 가리킨다. 이 음파는 적절한 위상 정합 조건을 만족할 경우, 음파를 발생시킨 광파와 편광이 수직하고 광 주파수가 다른 광파에 격자로 작용하여 그 광파를 반사시킨다.

[0003] BDG의 세기는 이 격자를 발생시키기 위해 사용된 광파의 브릴루앙 이득의 크기에 비례하기 때문에 BDG 반사광의 세기를 측정하면 브릴루앙 이득 곡선을 취득하고 그 중심 주파수인 브릴루앙 주파수를 검출할 수 있다.

[0004] 브릴루앙 이득 곡선을 분포형으로 측정하는 종래 기술로는 브릴루앙 주파수의 시간영역 분석 기술이 있다.

[0005] 이 기술은 BOTDA로 불리며, 광섬유 내에 펄스인 펄프광과 연속 발진 광파인 프로브광을 서로 반대방향으로 입사시켜 진행하게 한다. 광섬유 내에서 펄프광과 프로브광 사이의 간섭은 음파를 발생시키고 브릴루앙 이득 신호를 발생시킨다. 펄프광과 프로브광 사이의 주파수 차이를 변화시켜가면서, 프로브광의 세기 변화로부터 브릴루앙 이득 신호를 취득하여 브릴루앙 주파수를 검출한다.

[0006] 이 방식에서 높은 공간해상도를 얻기 위하여 짧은 펄스광을 펄프광으로 사용해야 하는데, 짧은 펄스광은 주파수 성분상 광대역에 해당하므로 광대역의 브릴루앙 이득 곡선을 취득하게 된다.

[0007] 브릴루앙 이득 곡선이 넓어질수록 그 중심 주파수인 브릴루앙 주파수를 정확히 취득할 수 없으므로, 공간 해상도를 향상시키는데 한계가 있다.

[0008] 또 다른 종래 기술로는 국내 등록특허 제10-1130344호에 게시된 브릴루앙 동적 격자(BDG)의 시간 영역 분석법이 있다. 이 방식은 짧은 펄프광을 사용하는 대신 긴 펄프광을 사용하여 편광유지광섬유(PMF)에 BDG를 생성한 후 짧은 프로브광을 펄프광과 수직한 편광으로 입사시켜 BDG로부터 프로브광의 반사를 위치에 따라 측정하는 방식이다.

[0009] 이 방식에서는 펄프 펄스광이 BDG의 발생에만 관여할 뿐 공간해상도를 결정하지 않기 때문에 긴 펄프광을 사용할 수 있으며, 이에 따라 협대역의 브릴루앙 이득 곡선을 얻을 수 있고, 동시에 짧은 프로브광을 사용하여 높은 공간해상도를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 또한, 펄스광과 연속 발진 광의 형태로 양방향으로 진행되는 두 펄프광 간 주파수 차이를 변화시키면, 브릴루앙 이득이 위치에 따라 각각 나타나고 이는 BDG의 반사율로 나타난다. 이 반사율 변화를 짧은 프로브광을 이용하여 측정하면, 두 펄프광의 주파수 차이를 변화시키면서 브릴루앙 이득 곡선을 얻을 수 있다.

[0010] 그러나 이 기술을 사용하여 높은 공간해상도를 얻기 위해서는 프로브광에 짧은 펄스광이 사용되므로 높은 대역폭의 펄스 발생기가 필요하며, 신호 처리에 고속 디지털처리를 사용하는 단점이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0011] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 창안된 것으로서, 구조를 단순화 할 수 있으면서도 높은 공간

해상도를 제공할 수 있는 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치 및 그 센싱방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0012] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치는 펌프광을 발생시키는 펌프광원과; 상기 펌프광을 제1펌프광과 제2펌프광으로 분배하는 제1광분배기와; 상기 제1펌프광의 주파수를 이동시켜 출력하는 제1단일측파변조기와; 상기 제1단일측파 변조기를 거쳐 진행하는 제1펌프광과 상기 제2펌프광이 동일한 제1광축에 서로 반대 방향으로 입사되게 접속된 편광유지 광섬유와; 프로브광을 생성하는 프로브 광원과; 상기 프로브광을 제1프로브광과 제2프로브광으로 분배하는 제2광분배기와; 상기 제1프로브광을 상기 편광유지광섬유의 다른 제2광축에 상기 제1펌프광과 동일 방향으로 입사 시키는 광서클레이터와; 상기 제2프로브광의 주파수를 이동시켜 출력하는 제2단일측파변조기와; 상기 제1프로브광에 대해 상기 편광유지광섬유에 형성되는 브릴루앙 동적격자로부터 반사되어 상기 제1광서클레이터로 출력되는 제1프로브 반사광과 상기 제2프로브광을 상호 합파하는 광합파기와; 상기 광합파기에서 출력되는 광을 검출하는 광검출기;를 포함한다.

[0013] 바람직하게는 상기 광검출기에서 출력되는 신호를 처리하는 신호처리부;를 더 구비하고, 상기 신호처리부는 상기 제1펌프광과 상기 제2펌프광 사이의 주파수 차이 및 상기 제1프로브광과 상기 제2프로브광의 주파수 차이를 변화시키면서 상기 광검출기로부터 취득된 브릴루앙 천이 주파수를 검출하도록 되어 있다.

[0014] 또한, 상기 프로브 광원은 파장을 가변시킬 수 있는 파장가변레이저가 적용된다.

[0015] 또한, 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센싱 방법은 펌프광을 발생시키는 펌프광 발생 단계와; 상기 펌프광을 제1펌프광과 제2펌프광으로 분배하는 펌프광 분배 단계와; 상기 제1펌프광을 제1단일측파변조기에 의해 주파수를 이동시켜 출력하는 단계와; 상기 주파수가 이동된 제1펌프광과 상기 제2펌프광을 편광유지광섬유의 동일한 제1광축에 서로 반대 방향으로 입사시키는 펌프광 입사 단계와; 프로브광을 발생시키는 프로브광 발생 단계와; 상기 프로브광을 제1프로브광과 제2프로브광으로 분배하는 프로브광 분배 단계와; 상기 제2프로브광의 주파수를 제2단일측파변조기에 의해 이동시켜 출력하는 단계와; 상기 편광유지광섬유의 다른 제2광축에 상기 제1펌프광과 동일 방향으로 제1프로브광을 입사시키는 프로브광 입사 단계와; 상기 편광유지광섬유로부터 상기 제1프로브광으로부터 발생한 제1프로브 반사광과 상기 제2단일측파변조기를 거쳐 주파수가 이동된 제2프로브광을 합파하여 간섭광을 생성하는 간섭광 생성단계와; 상기 간섭광을 검출하는 광검출 단계;를 포함한다.

**발명의 효과**

[0016] 본 발명에 따른 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치 및 그 센싱방법에 의하면, 높은 공간해상도와 협대역의 브릴루앙 이득 곡선을 동시에 취득할 수 있다. 또한, 높은 공간해상도를 얻기 위해 짧은 펄스 발생기와 고속 디지털이저가 요구되지 않아 구조가 단순화되는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0017] 도 1은 본 발명에 따른 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치를 나타내 보인 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치 및 그 센싱방법을 더욱 상세하게 설명한다.

[0019] 도 1은 본 발명에 따른 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치를 나타내 보인 도면이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 브릴루앙 동적 격자의 주파수 영역 반사 측정을 이용한 분포형 광섬유 센서 장치(100)는 브릴루앙 동적 격자 발생부(BDG 발생부)(110)와 광주파수영역반사측정부(OFDR:Optical Frequency Domain Reflectometry 측정부)(160)를 구비한다.

[0021] BDG 발생부(110)는 편광유지광섬유(PMF)에 브릴루앙 동적 격자를 발생시킬 수 있도록 되어 있다.

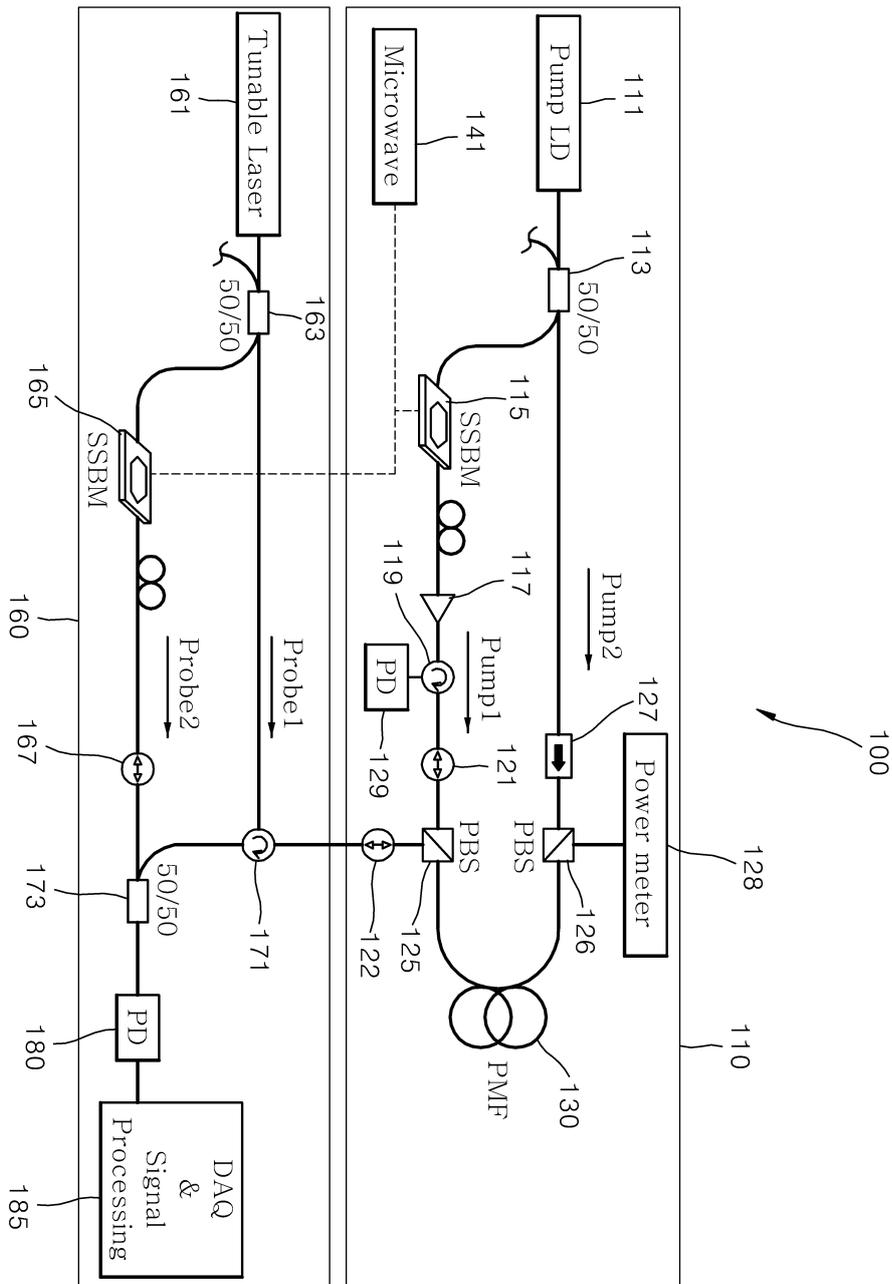
- [0022] BDG 발생부(110)는 펌프광원(Pump LD)(111), 제1광분배기(113), 제1단일측파변조기(SSBM)(115), 광증폭기(117), 제1편광기(121), 제1편광분할기(125), 제2편광분할기(126) 및 편광유지광섬유(130)를 구비한다.
- [0023] 펌프광원(Pump LD)(111)은 연속적으로 발진하여 펌프광을 출사하는 연속발진 레이저 광원이 적용된다.
- [0024] 제1광분배기(113)는 펌프광원(111)에서 출사되는 펌프광을 제1펌프광과 제2펌프광으로 50 대 50 퍼센트의 비율로 분배하여 출력한다.
- [0025] 제1단일측파변조기(115)는 마이크로파 발생기(141)의 출력신호에 따라 제1펌프광의 주파수를 상향 또는 하향으로 이동시켜 출력한다.
- [0026] 제1단일 측파 변조기(115)는 마이크로파 발생기(141)에서 설정한 편광 유지 광섬유(130)의 브릴루앙 주파수에 따라 제1펌프광의 주파수를 일정 주파수만큼 상향 이동시키도록 구축될 수 있다.
- [0027] 광증폭기(117)는 EDFA가 적용된다.
- [0028] 제1편광기(121)는 제1광축의 편광성분을 투과시키고, 제1편광분할기(125)는 제1편광분할기(121)에서 진행되는 광은 편광유지광섬유(130)로 진행시키고, 역으로 편광유지광섬유(130)에서 반사되는 광은 제1광서클레이터(171)를 향하는 방향으로 진행시킨다.
- [0029] 제2펌프광은 광아이솔레이터(127) 및 제1편광분할기(126)를 거쳐 편광유지광섬유(130)로 입사된다.
- [0030] 파워미터(Power meter)는 편광유지광섬유(130)로부터 아이솔레이터(127) 방향으로 진행하는 광을 모니터링하기 위해 적용되었고, 광증폭기(117)와 제1편광기(121) 사이에 접속된 제2광서클레이터(121) 및 광검출기(PD)는 제1편광기(121)에서 반사된 광을 모니터링하기 위해 적용되었으며 생략될 수 있음은 물론이다.
- [0031] 제2편광기(122)는 광주파수영역반사측정부(160)의 제1광서클레이터(171)와 제1편광분할기(125) 사이에 접속되어 제2광축의 편광을 통과시킨다.
- [0032] 편광유지광섬유(130)는 제1단일측파 변조기(115)를 거쳐 진행하는 제1펌프광(Pump1)과 제2펌프광(Pump2)이 동일한 제1광축에 서로 반대 방향으로 입사되게 제1편광분할기(126)와 제2편광분할기(126) 사이에 접속되어 있고, 분포형 센서로서의 기능을 한다.
- [0033] 광주파수영역반사측정부(OFDR:Optical Frequency Domain Reflectometry 측정부)(160)는 프로브광의 주파수를 가변시키면서 BDG 발생부(110)로부터 반사된 광과 참조광을 합파하여 원하는 물리량 예를 들면 온도 또는 스트레인을 측정할 수 있도록 되어 있다.
- [0034] 광주파수영역반사측정부(OFDR:Optical Frequency Domain Reflectometry 측정부)(160)는 프로브 광원(Tunable Laser)(161), 제2광분배기(163), 제2단일측파변조기(165), 제3편광기(167), 광서클레이터(171), 광합파기(173), 광검출기(180) 및 신호처리부(DAQ & Signal Processing)(185)를 구비한다.
- [0035] 프로브 광원(161)은 프로브광을 생성하여 출력한다. 프로브 광원(161)은 연속 발진 광원인 적용된다.
- [0036] 또한, 프로브 광원(161)은 신호처리부(185)에 의해 파장이 가변되는 파장가변레이저가 적용된다.
- [0037] 제2광분배기(163)는 프로브 광원(161)에서 생성된 프로브광을 제1프로브광(Probe1)과 제2프로브광(Probe 2)으로 50 대 50 퍼센트로 분배한다.
- [0038] 제1광서클레이터(171)는 제1프로브광을 편광유지광섬유(130)의 다른 제2광축에 제1펌프광과 동일 방향으로 입사시키고, 편광유지광섬유(130)로부터 반사된 제1프로브 반사광을 합파기(173)로 출력한다.
- [0039] 제2단일측파변조기(SSBM)(165)는 제2프로브광의 주파수를 상향 또는 하향 이동시켜 출력한다.
- [0040] 바람직하게는 제2단일측파변조기(SSBM)(165)도 마이크로파 발생기(141)에서 출력되는 신호에 따라 제2프로브광의 주파수를 제1펌프광과 동일하게 주파수를 이동시켜 출력하도록 구축된다.
- [0041] 제3편광기(167)는 제2프로브광에 대해 제1광축의 편광성분을 출력한다.
- [0042] 광합파기(173)는 제1프로브광에 대해 편광유지광섬유(130)에 형성되는 브릴루앙 동적격자로부터 반사되어 제1광서클레이터(171)로 출력되는 제1프로브 반사광과 제2프로브광을 상호 합파하여 광검출기(180)로 출력한다.
- [0043] 광검출기(180)는 광합파기(173)에서 출력되는 광을 검출하고, 검출된 광에 대응되는 전기적 신호를 신호처리부(185)에 출력한다.



- |                |              |
|----------------|--------------|
| 121: 제1편광기     | 125: 제1편광분할기 |
| 126: 제2편광분할기   | 130: 편광유지광섬유 |
| 161: 프로브 광원    | 163: 제2광분배기  |
| 165: 제2단일측파변조기 | 167: 제3편광기   |
| 171: 광섬유클레이터   | 173: 광합과기    |
| 180: 광검출기      | 185: 신호처리부   |

도면

도면1



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1 제12행

【변경전】

상기 제1광서클레이터

【변경후】

상기 광서클레이터