

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ G01D 5/353	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2002년01월17일 10-0312902 2001년10월15일
(21) 출원번호 (22) 출원일자 번역문제출일자 (86) 국제출원번호 (86) 국제출원일자 (81) 지정국	10-1997-0703535 1997년05월27일 1997년05월27일 PCT/US1994/13628 1994년11월28일 국내특허 : 아일랜드 캐나다 대한민국 EA 유라시아특허 : 러시아 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴	(65) 공개번호 (43) 공개일자 (87) 국제공개번호 (87) 국제공개일자
		특1998-0700552 1998년03월30일 WO 1996/17224 1996년06월06일

(73) 특허권자	유나이티드 테크놀로지스 코퍼레이션 레비스 스테픈 이 미국 코네티컷주 06101 하트포드 원 피낸셜 플라자
(72) 발명자	던피 제임스 알 미국 코네티컷주 06073 사우쓰 글래스톤베리 허커리드라이브 21 팔코비치 켄네쓰 피 미국 코네티컷주 06238 코벤티리 스완슨 로드 54
(74) 대리인	김창세, 장성구

심사관 : 권인섭

(54) 광섬유격자센서용진단시스템

명세서

기술분야

- <1> 본 발명은 광섬유 브래그 격자를 이용하는 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 이러한 광섬유 격자 기술과 함께 이용하기 위한 특정의 시스템 구성에 관한 것이다.

배경기술

- <2> 광섬유에 특히 유용한 브래그(Bragg) 격자는, 예를 들어, 멜츠(Meltz) 등에게 특허된 미국 특허 제 4,806,012 호 및 4,761,073 호에 기술된 바와 같이, 격자 위치에서의, 예를 들면, 스트레인 또는 온도와 같은 문제발생 요인을 검출하는데 이용될 수도 있음이 알려졌다. 이러한 센서에서 광섬유 코어는 이 코어내로 방사되는 광의 협파장 대역을 반사하는데 효과적인 주기적 격자 패턴으로 형성된다. 전달 및 반사된 광에 있어서의 스펙트럼 쉬프트는 입사된 광의 연관된 파장에 대응하는 격자의 위치에서의 스트레인 또는 온도 변동의 강도를 표시한다. 그러나, 격자의 반사(또는 전달) 파장 프로파일(또는 스펙트럼)은 격자 영역에 대해 인가된 요인의 함수로서 쉬프트되는 것으로 알려져 있지만, 현재 이러한 광섬유 브래그 격자를 이용하는 실용적인 전체 시스템은 아직 연구된 바가 없다.
- <3> 따라서, 정적인 또는 동적인 스트레인, 음향적 요인 또는 다른 요인에 기인해 발생하는 광섬유 브래그 격자의 파장 쉬프트를 검출하는 시스템이 요구된다.

발명의 상세한 설명

- <4> 본 발명의 목적은 브래그 격자 센서를 포함하는 광섬유와 인터페이스하여 정적 및 동적 요인을 판정하는 진단 시스템을 제공하는 것이다.
- <5> 본 발명의 제 1 측면에 따른 광센서 진단 시스템은 튜너 제어 신호에 응답하여 광 도파관내로 방사되는 파장 조정가능한 광을 제공하는 조정가능한 광원 수단과, 이 조정가능한 광의 경로에 배치되어 대응하는 센서에 인가되는 요인에 응답하여 변동하는 연관된 최소 전달 파장을 갖는 피전달 광을 제각기 제공하는 적어도 하나의 광센서 수단을 포함하며, 상기 조정가능한 광원 수단은 상기 연관된 최소 전달 파장으로 상기 각 센서 수단을 개별적으로 조명하고, 상기 조정가능한 광원 수단과 상기 광센서 사이의 상기 조정가능한 광의 경로내에 배치되어 상기 센서 수단으로부터 반사된 광으로부터 상기 조정가능한 광원 수단을 분리하는 광 분리 수단과, 상기 피전달 광의 경로내에 배치되어 상기 각 센서 수단으로부터의 피전달 광원을 검출하고 상기 피전달 광의 파워를 표시하는 전기적 검출 신호를 제공하는 광 검출 수단과,

상기 조정가능한 광원 수단에 상기 조정가능한 광의 소망하는 파장을 표시하는 가변 전압 신호를 제공하는 튜너 제어 수단과, 상기 전기적 검출 신호에 응답하여 상기 요인에 기인한 최소 전달 파장의 쉬프트를 검출하고 상기 각 센서 수단에 대한 요인을 표시하는 신호를 제공하는 신호 처리 수단을 또한 포함한다.

<6> 본 발명의 제 2 측면에 따른 광센서 진단 시스템은 튜너 제어 신호에 응답하여, 광 도파관내로 발사되는 파장 조정가능한 광을 제공하는 조정가능한 광원 수단과, 상기 조정가능한 광의 경로내에 배치되어, 대응하는 센서에 인가되는 요인에 응답하여 변동하는 연관된 국부적 최대 피크 반사 파장을 갖는 피반사 광을 제각기 제공하는 적어도 하나의 광센서 수단을 포함하며, 상기 조정가능한 광원 수단은 상기 연관된 피크 파장으로 상기 각 센서 수단을 개별적으로 조명하고, 상기 조정가능한 광원 수단과 상기 광센서 수단 사이의 상기 조정가능한 광의 경로내에 배치되어 상기 피반사 광으로부터 상기 조정가능한 광원 수단을 분리하는 광 분리 수단과, 상기 피반사 광의 경로내에 배치되어 상기 각 센서 수단으로부터의 피반사 광을 검출하고 상기 피반사 광의 파워를 표시하는 전기적 검출 신호를 제공하는 광검출 수단과, 상기 조정가능한 광원 수단에 상기 조정가능한 광의 소망하는 파장을 표시하는 가변 전압 신호를 제공하는 튜너 제어 수단과, 상기 전기적 검출 신호에 응답하여 상기 요인에 기인한 최소 파장의 쉬프트를 검출하고 상기 요인을 표시하는 신호를 제공하는 신호 처리 수단을 또한 포함한다.

<7> 본 발명의 제 3 측면에 따른 광센서 진단 시스템은 튜너 제어 신호에 응답하여, 광 도파관내로 발사되는 파장 조정가능한 광을 제공하는 조정가능한 광원 수단으로서, 상기 광원 수단의 공동의 일단부를 한정하는 전방 가변-파장 반사기를 구비하는 상기 조정가능한 광원 수단과, 상기 조정가능한 광의 경로내에 배치되어, 대응하는 센서에 인가되는 요인에 응답하여 변동하는 연관된 피크 반사 파장을 갖는 적어도 하나의 광센서 수단으로서, 상기 전방 반사기와 상기 센서 수단들중 대응하는 센서 사이의 연관된 결합 공동에 대해 반사기로서 동작하는 상기 적어도 하나의 광센서 수단을 포함하며, 상기 결합 공동은 상기 연관된 피크 반사 파장에서 공진하여 상기 피크 파장을 표시하는 출력 광을 제공하고, 상기 요인에 의해 상기 결합 공동을 조정해제하여 상기 출력 광의 파워를 그에 따라 변화시키고, 상기 조정가능한 광원 수단은 상기 연관된 피크 반사 파장으로 상기 각 센서 수단을 개별적으로 조명하며, 상기 출력 광의 경로내에 배치되어 상기 각 센서 수단과 연관된 각 결합 공동으로 부터의 출력 광을 검출하고 상기 출력 광의 파워를 표시하는 전기적 검출 신호를 제공하는 광검출 수단과, 상기 조정가능한 광원 수단에 상기 조정가능한 광의 소망하는 파장을 표시하는 가변 전압 신호를 제공하는 튜너 제어 수단과, 상기 전기적 검출 신호에 응답하여 상기 요인에 기인한 피크 파장의 쉬프트를 검출하고 상기 각 센서 수단에 대한 요인을 표시하는 신호를 제공하는 신호 처리 수단을 또한 포함한다.

<8> 본 발명은 원격 광섬유 브래그 격자 센서와 함께 동작하여 브래그 격자 센서 또는 구조물의 정적인 스트레인, 동적 스트레인 및/또는 음향/진동 요인을 검출하도록 기능하는 실용적인 진단 시스템을 제공한다. 이 원격 센서는 금속, 플라스틱, 그의 혼합 또는, 팽창, 수축 또는 진동하는 어떤 다른 재료로 형성된 구조물상에 배치될 수도 있고, 센서는 또한 이러한 구조물내에 포함될 수도 있다. 본 발명은 또한 광섬유 격자에 의해 제어되는 외부 공동을 이용하는 유연하게 파장 조정가능한 레이저 다이오드 전달기를 제공한다. 본 발명은 각 센서를 개별적으로 조명하여 모든 광원 파워가 단일의 파장 또는 협파장 대역내에 놓일 수 있게 한다. 결과적으로, 각 격자로부터의 피반사 또는 피전달 광은 고강도를 가지므로써, 광대역 광원을 이용하여 동시에 모든 센서를 조명하는 시스템보다 훨씬 더 큰, 피반사 또는 피전달 광의 신호 대 노이즈 비를 제공한다.

<9> 본 발명의 다른 특징은 상기한 시스템 구성을 다른 진단 기능을 실행하도록 전환할 수 있는 능력이다. 본 발명은 페루프 또는 개루프 전달 모드에서는 물론 반사 모드에서 파장 쉬프트를 검출하는 다양한 실시예를 포함한다. 또한, 본 발명은 결합 공동 웨브리-페로트(Fabry-Perot) 구성으로 구성되어 광도파관의 다양한 길이를 따른 요인을 검출할 수도 있다.

<10> 본 발명의 전술한 목적 및 다른 목적과 특징 및 장점은 이후의 첨부된 도면에 예시된 바와 같은 예시적인 실시예의 설명으로부터 더욱 명백하게 된다.

도면의 간단한 설명

<11> 도 1은 본 발명에 따라, 정적인 스트레인을 판정할 수 있는 광섬유 격자 센서 진단 시스템의 제 1 상태의 개략적인 블록도이다.

<12> 도 2a 내지 2c는 본 발명에 따라, 시간의 함수로서의 튜너에 인가된 전압 V_t 을 나타내는 그래프 및 조정된 광원의 출력 파장을 나타내는 그래프와, 시간 및 파장의 함수로서의 출력 파워 스펙트럼을 나타내는 그래프이다.

<13> 도 3은 본 발명에 따른 도 1에 도시된 튜너 제어 회로의 개략적인 블록도이다.

<14> 도 4는 본 발명에 따른 격자 센서의 전달 파워 프로파일의 그래프이다.

<15> 도 5는 본 발명에 따라, 격자의 전달 파워 프로파일과, 입력 동적 스트레인 신호와, 변조 신호와, 진폭 변조된 출력 센서 신호를 나타내는 그래프이다.

<16> 도 6은 본 발명에 따라, 브래그 격자 센서의 파장 쉬프트를 추적하기 위한 동작의 반사 모드로 구성된 광섬유 격자 센서 진단 시스템의 개략적인 블록도이다.

실시예

<17> 도 1을 참조하면, 조정가능한 협파장-대역 광원(9)은, 예를 들면, 샤프사에 의해 제조된 제품번호 LT0-15-MD0인 레이저 다이오드(10)를 포함하며, 이 다이오드는 전형적으로 레이저 다이오드 공동 공진

기를 한정하는 후면(12) 및 전면(14)을 갖는다. 이 전면(14)은 이후 설명되는 바와 같이 출력광(15)이 전면(14)을 통과할 때 레이저 다이오드 공동내로 되돌아가는 내부 반사 광을 최소화하는 반사방지(anti-reflection:AR) 코팅으로 피막된다. 전류 제어 회로(16)는 라인(18)을 통해 레이저 다이오드(10)에 출력광(15)의 강도를 제어하는 전류 신호를 제공한다. 이 다이오드를 통해 흐르는 전류를 조정함으로써 또한 파장의 경미한 변화를 초래하지만, 이러한 효과는 본 응용에는 중요하지 않다. 또한, 온도 제어 회로(20)는 라인(22)을 통해 열전기(a thermoelectric:TE) 냉각기(24)에 전압 신호를 제공하여 레이저 다이오드(10)의 온도를 조정함으로써 그로부터 방출되는 출력광(15)의 중심 주파수를 조정한다. 원한다면 그 밖에 다른 장치가 온도를 제어하는데 이용될 수도 있다.

<18> 레이저 다이오드(10)는 광섬유(32)에 집중된 광(30)을 제공하는 초점 렌즈(28)에 발산 출력광 빔(15)을 제공한다. 이 렌즈(28) 대신에 이와 동일한 기능을 제공하는 임의의 렌즈 시스템이 제공될 수도 있다. 광(30)은 광섬유(32)를 따라, 예를 들면, 브래그 격자와 같은 광섬유 격자(34)로 전파되며, 광섬유 격자는 라인(35)으로 표시된 바와 같이 사전결정된 양의 협파장 대역 광(33)을 반사하고 나머지 파장을 통과시킨다.

<19> 전면(14)은 앞서 언급된 바와 같이 AR 코팅되어 있으므로, 레이저 다이오드(10)의 후면(12)과 광섬유 격자(34)는 확장된 레이저 다이오드 공동을 형성한다. 광섬유 격자(34)에는 압전기(a piezoelectric:PZT) 액추에이터(36)(또는 튜너)가 부착되며, 이 액추에이터는 튜너 제어 회로(42)(이후 설명됨)로부터 라인(40)을 통한 가변 전압 신호에 응답하여 화살표(38)로 표시된 바와 같이 팽창 및 수축한다. 튜너(36)는 격자 공간에 변화(굴절률의 변화)를 초래하여 격자의 중심 반사 파장을 변화시킨다. 사실, 이 튜너(36)는 광섬유 격자 공간을 신장 및 수축시켜 공동 미러(12, 34)에 의해 한정되는 레이저의 출력 파장을 변화시킨다. 레이저 다이오드내에서 발생하는 증폭으로 인해 출력광(35)의 최고 파워 파장은 피반사 광(33)의 파장이 된다. 따라서, 출력광(35)의 좁은 레이저 파장은 튜너(36)에 인가되는 라인(40)을 통한 신호의 함수로서 변화한다.

<20> 광(35)은 광섬유(32)를 따라 광 스위치(46)로 전파되며, 이 광 스위치는 상태1에 위치되었을 때 광섬유(32)를 광 분리기(48)에 접속시킨다. 광 분리기(48)의 출력은 또 다른 광 스위치(50)에 접속되며, 이 광 스위치(50)는 상태1에 놓였을 때 광 분리기의 출력을 광섬유(52)에 광학적으로 접속시킨다. 이들 광 스위치(46, 50)는 대안적으로 수동 광섬유 패치 코드일 수도 있다.

<21> 광(44)은 광섬유(52)를 따라 광섬유 격자(54)로 전파되며, 이 광섬유 격자는 사전결정된 협파장 대역의 광(55)을 반사하고 나머지 파장의 광을 광 빔(56)으로서 통과시킨다. 이 광(56)은 또 다른 광섬유 격자(58)로 보내지며, 광섬유 격자(54)의 파장과 다른 중심 반사 파장을 갖는다. 이 격자(54)는 라인(60)으로 표시된 바와 같이 협파장 대역 광(59)을 반사하고 나머지 파장의 광을 통과시킨다.

<22> 광섬유(52) 및 광섬유 격자(54, 58)는, 예를 들면, 동적 또는 정적 스트레인 및/또는 온도와 같은 요인 변화에 대해 모니터링되는 구조물(62)에 정착 또는 구조물내에 내장될 수도 있다. 이 구조물은 금속, 플라스틱, 그의 혼합물 또는 어떤 다른 재료로 제조될 수 있으며, 센서는 이 구조물상에 또는 구조물내에 배치될 수도 있다. 비록 도 1에는 단지 두 개의 격자(54, 58)가 도시되었지만, 광섬유(52)를 따라 어떤 수의 격자도 위치될 수 있음을 이해해야 한다.

<23> 광(60)은 격자(58)로부터 방출되어 광섬유(52)를 따라 광 검출기(64)로 전파된다. 이 광 검출기(64)는 라인(66)을 통해 입사되는 광 파워를 표시하는 전기적 검출 신호를 피드백 제어 회로(68)에 제공한다.

<24> 라인(66)상의 전기적 신호는 개방-루프(an open-loop:OL) 위치 및 폐쇄-루프(a closed-loop:CL) 위치를 갖는 전기 스위치(72)에 공급된다. 스위치(72)의 CL 출력은 라인(74)을 통해 제어 회로(42) 및, 예를 들면, 비동기 복조기와 같은 전자 복조기(76)에 공급된다. 이 복조기(76)는 라인(78)을 통해 폐쇄-루프 신호 처리기(80)에 복조 신호를 제공한다. 스위치(72)의 OL 출력은 라인(82)을 통해 개방 루프 신호 처리기(84)에 공급된다.

<25> 이들 신호 처리기(80, 84)(이후 설명됨)는 전기적 신호를 분석하여 제각기 라인(86, 88)을 통해 구조물(62)내의 센서에 의해 측정되는 스트레인을 표시하는 다수의 출력 전기적 요인 신호를 제공한다. 시분할되거나 또는 각 센서에 대한 직렬 디지털 데이터를 제공하는 단일 라인이 또한 이용될 수도 있음을 이해해야 한다.

<26> 또한, 라인(90)상의 동기 신호(이후 설명됨) 및 라인(40)상의 튜너 제어 신호는 튜너 제어 회로(42)로부터 신호 처리 회로(86, 88)에 제공된다.

<27> 시스템이 정적 스트레인을 측정하기 위해 개방 루프 모드로 구성되었을 때, 광 스위치(46, 48)는 상태1에 되고, 스위치(72)는 개방-루프(OL) 위치가 되며, 튜너 제어 회로(42) 및 신호 처리 회로(84)는 다음과 같이 동작한다.

<28> 이제 도 2 및 도 3을 참조하여 설명하면, 튜너 제어 회로(42)(도 1 참조)는 라인(96)을 통해 스위치(98)에 출력 전압 신호(V_t)를 제공하는 함수 발생기(94)(도 3 참조)를 포함한다. 이 스위치(98)는 OL 위치이며, 함수 발생기(94)를 라인(40)에 접속하여 튜너(36)를 구동한다. 이 함수 발생기(94)는 도 2a에 도시된 바와 같이 사전결정된 주기 T를 갖는 톱니파형인 출력 전압(V_t)을 제공한다. 이 전압(V_t)은 튜너(36)(도 1 참조)의 팽창 및 수축에 직접 관련되어 출력광(35)의 출력 광원 파장(λ_s)을 도 2b에서 톱니 파형으로 표시된 바와 같은 인가 전압(V_t)에 비례하여 변화시킨다. 이와 같이 하여 출력광(35)의 파장(λ_s)은 센서(54)의 중심 또는 피크 반사 파장(λ_a)과 센서(58)의 중심 반사 파장(λ_b)을 포함하는 범위를 갖고 λ_1 으로부터 λ_2 까지 선형적으로 변화한다.

<29> 파장의 스캔(scan) 결과, 광 검출기(64)로 입력되는 광신호(60) 및 전기 신호(66)는 도 2c에 도시된 바와 같이 나타난다. 특히, 라인(66)상의 전기적 피드백 신호는 파워에 있어서 센서(54)의 중심 파

장(λ_a)과 센서(58)의 중심 파장(λ_b)에서 첨예한 감쇄부를 갖게 된다.

- <30> 시스템이 이러한 개방 루프 모드에 있을 때, 신호 처리 회로(84)는 어느 파장에서 신호 레벨의 감쇠가 발생하는지를 판정하고, 스트레인이 되지 않은 파장에 대한 변화량을 산출하고, 스트레인의 변화와 파장의 변화간에 관계를 찾아내으로써 정적 스트레인을 판정한다. 파장 값은 라인(40)상의 튜너 제어 신호를 모니터링함으로써 얻어진다. 이러한 신호는 광원(44)의 파장에 직접 관련되므로, 이 신호는 현재 파장 값의 직접적인 비례 표시를 제공한다.
- <31> 대안적으로, 라인(90)상의 동기(sync) 신호가 라인(40)상의 튜너 제어 전압 신호의 각 램프(ramp)(또는 스캔)의 초기에 신호 처리 회로(68)에 제공되므로써, 신호 처리 회로가 경과된 시간을 산출할 수 있는 동기점을 제공한다. 램프 비는 토너 구동 신호에 대해 공지되어 있으므로, 각각의 하락부가 발생하는 파장이 계산되어 임의의 주어진 센서 변화에 대한 스트레인으로서 추적될 수 있다. 동기 신호는 대신에 원한다면 단지 제 1 램프의 초기에 제공될 수도 있다.
- <32> 또한, 대안적으로, 라인(40)상의 튜너 제어 신호 또는 라인(90)상의 동기 신호를 제공하는 대신에, λ_{ref} 에 중심 반사 피크를 갖고 항상 동일한 파장에 위치되는 부가의 스트레인이 되지 않거나 요인에 의해 변동되지 않는 기준 격자(도 1에는 도시되지 않음)가 이용될 수도 있다. 이와 같은 기준 파장과 함께 튜너 구동 신호의 사전결정된 램프 비에 대한 지식은 신호 처리 회로에 각 새로운 램프의 초기에 동기시키기 위해 충분한 정보를 제공한다. 각 센서에 대해 파워 감쇠가 발생하는 파장 값을 결정하기 위한 또 다른 기법이 이용될 수도 있다.
- <33> 이와 달리, 도 1의 시스템은 폐쇄-루프 동작 모드로 구성되어 동적 스트레인을 측정하는데 이용될 수도 있다. 이 경우, 스위치(72)는 폐쇄-루프(CL) 위치로 세트되며, 튜너 제어 회로(42) 및 신호 처리 회로(80)는 다음과 같이 동작한다.
- <34> 이제 도 3을 참조하여 설명하면, 광 검출기(64)로부터 스위치(72)를 통한 라인(74)상의 전기적 피드백 신호가 "추적(tracking)" 위치와 "탐색(search)" 위치 또는 모드를 갖는 스위치(100)에 공급된다. 탐색 모드시에 스위치(100)는 "탐색" 위치에 놓이며, 라인(74)상의 피드백 신호가, 예를 들면, 연산 증폭기 및 트랜지스터와 같은 공지된 전자 부품을 포함하는 탐색 논리 회로(104)에 접속된다. 이 탐색 논리 회로(104)는 도 2a의 신호와 유사한 램프 전압 신호를 제공하며, 이 신호는 튜너(36)(도 1 참조)에 인가되는 전압을 점차적으로 증가시키므로써 광원(44)(도 1 참조)의 파장을 증가시킨다. 탐색 논리 회로(104)는 라인(106)을 통해 합산기(a summing junction)(summer)(108)에 출력 신호를 제공한다. 이 신호는 합산기(108)에서 라인(110)상의 다른 논리 회로(이후 설명됨)로 부터의 출력 신호에 가산되며, 라인(112)상으로 출력 신호를 제공한다. 라인(112)은 개방-루프/폐쇄-루프 스위치(98)에 공급되며, 이 스위치(98)는 이러한 동작 모드에서 폐쇄-루프(CL) 위치에 있으므로, 결과적으로 라인(40)을 통해 튜너(36)에 출력 구동 신호를 제공한다.
- <35> 탐색 논리 회로(104)는 도 4에 점(200)으로 도시된 바와 같은, 신호 파워의 감쇄부에 대해 라인(74)상의 피드백 신호를 모니터링한다. 파워의 감쇄부가 탐색 논리 회로(104)에 의해 감지되면, 탐색 논리 회로(104)는 라인(120)을 통해 스위치(100, 134)에 신호를 제공하여 탐색 모드로부터 추적 모드로 스위칭한다.
- <36> 추적 모드시에, 라인(74)상의 피드백 신호는 스위치(100)를 통해 라인(122)상으로 제공되어, 예를 들면, 연산 증폭기 및 트랜지스터와 같은 공지된 전자 부품을 포함하는 추적 논리 회로(124)에 공급된다. 이 추적 논리 회로(124)는 라인(126)을 통해 합산기(128)에 추적 신호를 제공한다. AC 소스(130)에 의해 발생된 AC 디터링 신호(dither signal)가 라인(132)을 통해 스위치(134)에 제공되며, 또한 라인(135)을 통해 합산기(128)에 공급된다. 라인(132)상의 디터링 신호는 사전결정된 고정 진폭 및 주파수(이후 설명됨)를 갖는 AC 신호이다. 이 디터링 신호는 추적 논리 회로(124)를 동작시킬 수 있는 진폭 변조(이후 설명됨)로서 기능한다.
- <37> 추적 논리 회로(124)는 라인(122)상의 피드백 신호의 디터링 성분을 모니터링하여 라인(40)상의 튜너 신호를 도 4에 점(202)으로 도시된 바와 같은 파워 곡선의 국부적 최소 피크와 연관된 파장으로 구동한다. 이것은 라인(122)상의 피드백 신호를 모니터링하고 기준 신호로서 라인(132)상의 디터링 신호를 이용하여 디터링 주파수를 고정시키므로써 성취된다. 추적 논리 회로(124)는 피드백 신호의 디터링 성분의 크기 및 위상을 판정한다. 시스템이 점(202) 주위에서 디터링하고 있을 때 이 디터링 성분의 크기는 센서 스펙트럼의 형상으로 인해 제로(또는 매우 작음)이다. 특히, 이 디터링 주파수 성분은 최소 점에서 센서 형상의 대칭성으로 인해 배가된다. 정적 스트레인이 새로운 값으로 변화하면, 이로 인해 곡선(204)으로 표시된 바와 같이 스펙트럼(또는 프로파일)이 쉬프트하고 동작 점도 점(206)으로 쉬프트한다. 이 점에서, 피드백 신호의 디터링 성분과 라인(132)상의 디터링 기준 신호간의 위상차의 부호는 튜너(36)(도 1 참조)를 구동하기 위한 추적 논리 회로(124)의 방향이 점(208)(곡선(204)의 국부적 최소 지점)의 파장을 향하고 있음을 표시한다. 이 때 추적 논리 회로는 튜너(36)를 점(208)으로 구동하며, 이 경우 디터링 주파수에서의 크기는 또한 제로가 된다.
- <38> 따라서, 추적 논리 회로(124)는 고정 증폭기(a lock-in amplifier)로서 동작하여, 정적 스트레인 변동과 연관된 센서 응답 특성의 DC 변화를 추적한다. 소망하는 동작 점에 대해 고정 증폭기로서 동작한다면 어떤 다른 제어장치 구성도 이용될 수 있다.
- <39> 이제 도 5를 참조하여 설명하면, 파형(220)으로 도시된 바와 같은, 예를 들면, 50Hz의 저 주파수와, 예를 들면, 0.05nm에 대응하는 약 50마이크로스트레인의 진폭을 갖는 동적(또는 AC) 스트레인이 시스템에 인가되고 정적 스트레인은 고정된 경우(설명을 용이하게 하기 위해 가정함), 센서 프로파일은 동작 점 주위에서 발진하며, 이것은 도면중에서 화살표(222)로 도시된 바와 같이 센서 프로파일 양측면 주위에서 발진하는 동작 점으로서 관측될 수 있다. 최상의 성능을 위해 동적 스트레인의 크기는 센서 프로파일의 최대-전체-진폭의-1/2(full-width-half-max), 예를 들면, 0.2nm 또는 200마이크로스트레인으로 제한되어야 하지만, 원한다면, 더욱 큰 스트레인이 이용될 수도 있다.

- <40> 결과적으로 얻어지는 출력 파형(224)은 센서 응답 함수의 형상으로 인해 동적 스트레인 주파수의 두 배 주파수를 갖는 엔벨롭(225)을 갖는다. 디터링 신호는 파형(227) 및 센서 프로파일을 따른 점(226)에서 화살표(228)로 표시된다. 이 디터링 신호는 파형(224)으로 도시된 바와 같은 동적 스트레인 신호의 대응하는 진폭 변조를 초래한다.
- <41> 출력 신호(224)의 디터링(또는 반송파) 성분의 주파수 및 진폭은 또한 센서 프로파일의 대칭 성질(이후 설명됨)로 인해 디터링 주파수의 두 배의 주파수 성분을 갖는다. 이 디터링 신호 및 동적 스트레인 신호의 진폭은 출력 파형(224)의 형상에 영향을 주게 된다. 또한, 시스템이 최소 전달 점상에서 폐쇄-루프로 동작중인지의 여부도 출력 파형(224)의 형상에 영향을 미친다.
- <42> 신호를 디터링시키는 목적은 신뢰성있는 AC 신호를 제공하여, 정적 DC 스트레인에 변화가 발생한 때, 심지어 어떤 AC 동적 스트레인이 존재하지 않는 때에도 추적 논리 회로(124)가 센서 프로파일에 있어서의 낫치(notch)를 추적할 수 있게 하는 것이다. 또한, 디터링 진폭은 시스템내의 노이즈 레벨보다 훨씬 더 커서 적절한 추적이 이루어질 수 있게 해야 하고, 대표적으로 스트레인 신호 진폭 정도이다. 더욱이, 디터링 주파수는, 예로서, 1kHz 로서, 또한 추적 논리 회로(124)의 제어 응답보다 크고 측정되는 동적 AC 신호보다 더 크게 세트되어야 한다.
- <43> 다시 도 1을 참조하면, 시스템이 폐쇄-루프(CL) 모드로 동작할 때, 라인(74)상의 피드백 신호는 디터링 주파수로 동작하는 복조기(76)에 공급되며, 복조기는 공지된 방법으로 피드백 신호를 복조하여 디터링(또는 복조) 신호에 의해 야기된 진폭 변조를 제거하여, 라인(78)을 통해 동적 스트레인에 관련된 진폭 및 동적 스트레인 주파수의 두 배의 주파수를 갖는 복조된 AC 신호를 신호 처리 회로(80)에 제공한다. 예를 들어, 복조기(76)는 디터링 주파수에 중심을 두고 변조 측파대를 통과시키는 대역통과 필터, 전파 정류기 및 저역 필터를 포함할 수도 있다.
- <44> 신호 처리 회로(80)는 라인(78)상의 복조된 신호의 주파수 및 진폭을 검출하여 라인(86)상으로 동적 스트레인 신호를 제공한다. 이 동적 스트레인은 $\frac{1}{2}$ 의 주파수와 이 동적 스트레인의 크기에 직접 비례하는 진폭을 획득하므로써 계산된다.
- <45> 또한, 신호 처리 회로(80)는 라인(40)상의 튜너 구동 신호를 모니터링하여 어느 센서가 분석되고 있는지를 판정하며, 이것은 전압이 광원(44)의 도파관에 비례하고 각 센서의 도파관 범위는 공지되기 때문이다. 추적 모드에서 튜너 제어 신호에 대한 디터링은 그의 작은 진폭으로 인해 최소의 효과를 갖는다.
- <46> 대안적으로, 신호 처리 회로(80)는 튜너 제어 회로(42)로 부터의 라인(90)상의 동기 신호를 모니터링하여 주어진 시간에 어느 센서가 분석되고 있는지를 판정하기 위한 동기를 제공한다. 예를 들면, 라인(120)상의 스위칭 신호는 탐색 논리 회로(104)가 탐색 모드로부터 추적 모드로 스위치될 때 다음 센서를 발견하였음을 표시하기 때문에 동기 신호로서 이용될 수도 있다.
- <47> 다시 도 3을 참조하면, 추적 논리 회로가 사전결정된 시간, 예를 들어, 100ms동안 센서 프로파일의 낫치를 추적했을 때, 탐색 논리 회로(104)는 다시 튜너 구동 신호의 제어를 획득하며 스위치(100, 134)를 "탐색" 위치로 스위칭하므로써 튜너 구동 신호로 부터의 디터링 신호를 디스에이블시켜 탐색 논리 회로(104)가 앞서 언급된 바와 같이 피드백 신호내에서 감쇠부로 표시되는 격자 센서 프로파일내의 다음 낫치를 탐색할 수 있게 한다. 또한, 라인(126)상의 추적 논리 제어 신호는 추적을 중지한 위치로 유지되며, 탐색 논리 회로(104)는 이 위치로부터 증가하기 시작하여 다음 격자 센서와 연관된 낫치로의 유연한 변이를 보장한다.
- <48> 복조기(76)는 스위치(72)의 입력단에 위치되어 항상 라인(66)상의 피드백 신호를 복조할 수도 있음을 이해해야 한다. 이 경우, 디터링 신호는 탐색 모드시의 회로로부터 스위치될 필요는 없다. 그러나 라인(40)상의 튜너 제어 신호가 신호 처리 회로(80, 84)에 의해 이용된 경우 추가의 복조기가 필요할 수도 있다.
- <49> 도 1을 다시 참조하면, 시스템은 웨브리-페로트형 결합 공동 구성(a Febrly-Perot type coupled cavity configuration)으로 구성될 수도 있다. 이러한 구성에서는, 광 스위치(46, 50)가 상태2에 위치되어 광(44)의 광 경로로부터 광 분리가 제거된다. 이 경우, 광섬유(240)는 두 스위치(46, 50)를 접속하며, 격자 센서(54)는 격자(34)와 레이저 다이오드의 후면(12)과 함께 결합 공동으로서 동작한다.
- <50> 당 분야에 발진 주파수가 제 2 공동 미러(54)와 제 1 공동 미러(34)간의 거리에 관련되는 결합 공동이 공지되어 있다. 특히, 센서(54)는 이 공동 미러(34)로부터 사전결정된 거리에 위치되므로, 결합 공동은 사전결정된 주파수에서 공진하게 된다.
- <51> 스트레인이 센서(54)에 인가되고 그의 피크 반사 파장이 쉬프트함에 따라 사전결정된 공진 주파수에서의 반사량은 감소하여 공동을 "튜닝해제(detuning)"시킨다. 이에 의해 인가된 스트레인의 함수로서 강도에 심각한 로울오프(roll off)가 발생하여 극히 민감한 검출기가 얻어진다. 마찬가지로의 결합 공동 효과가 격자(58) 및 광섬유(52)상의 어떤 다른 격자에 대해서도 발생한다. 따라서, 웨브리-페로트 구성은 동적 스트레인을 검출하는 매우 고감도의 구성을 제공한다.
- <52> 또한, 웨브리-페로트 구성은 센서를 포함할 수도 포함하지 않을 수도 있는 보다 길거나 짧은 길이의 광섬유를 포함하도록 이용될 수도 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, 센서가 구조물(62)을 따라 최외측 센서인 경우, 광섬유의 전체 길이를 포함하는 결합 공동을, 따라서, 구조물(62)의 전체 길이를 한정하게 된다. 따라서, 구조물을 따라 어딘가에서 스트레인이 발생한 경우, 이 긴 결합-공동을 튜닝해제시키게 되고, 따라서, 광섬유를 따라 어딘가에서 스트레인이 발생되었음을 표시한다.
- <53> 일단 광섬유를 따라 어딘가에서 스트레인이 발생하였음을 판정하면, 시스템은 광섬유의 길이를 따라 더욱 구체적인 질의를 수행하여 스트레인이 발생한 위치를 정확히 판정할 수 있다. 구조물을 따라 어디에서 스트레인이 발생했는지를 판정하기 위해, 구조물의 반대측 단부에 더 가까운 위치에 위치한 센서가 연속적으로 조사되어 그들이 또한 튜닝 해제되었는지의 여부를 알 수 있다. 튜닝 해제되지 않은 센서 공동에 도달하면, 스트레인은 그 센서와 다음의 인접하는 센서 사이에서 발생한 것이다. 이와 달리,

시스템은 스위치(46, 50)를 상태1에 위치시키므로써 직접 전달(또는 반사) 모드로 스위치할 수도 있고 앞서 설명된 바와 같이 각 센서를 개별적으로 질의할 수도 있다.

- <54> 웨브리-페로트 구성은 폐쇄-루프 구성으로 이용되며, 따라서, 앞서 설명된 도 3의 동일한 추적 및 탐색 구성을 이용할 수도 있다. 웨브리-페로트 감지 기법은 또한 개방-루프 동작 모드로 수행될 수도 있지만, 격자가 범위밖으로 벗어나는 경우 감도를 현저히 상실한다.
- <55> 이제 도 6을 참조하면, 대안적으로, 본 발명은 전달 모드 대신에 반사 모드로 구성될 수도 있다. 이 경우, 구성은 본질적으로 도 1을 참조하여 앞서 설명한 것과 동일하지만, 광 스위치(50)와 구조물(62) 사이에 2X2 결함기(250)가 제공된다. 앞서 설명된 바와 같이, 센서(54)는 라인(56)으로 도시한 바와 같이 협파장 대역 광(55)을 반사하고 나머지 파장의 광을 통과시킨다. 나머지 광(56)은 센서(58)로 입사하여 협파장 대역 광(59)을 반사하고 나머지 광(60)을 통과시킨다. 피반사 광(55, 59)은 결함기(250)내로 되반사되어 포트(256)로부터 광섬유(258)를 따라 광 검출기(64)로 방출된다. 이 검출기(64)는 라인(66) 상으로 도 1을 참조하여 앞서 설명된 피전달 파워에 반대되는 피반사 파워를 표시하는 전기적 신호를 제공한다.
- <56> 도 6의 반사 모드 구성과 도 1의 전달 모드 구성간의 유일한 실질적인 차이는 도 2c, 4 및 5의 센서 프로파일에 대해 출력 파워가 일정한 고레벨이고 감쇠 노치를 갖는 대신에 파워가 일정한 저레벨이고 증가 노치를 갖는다는 것이다. 모든 다른 효과는 본질적으로 동일하며 앞서의 설명으로부터 용이하게 추정해낼 수 있다. 또한, 웨브리-페로트 모드와 관련하여, 반사 모드로 이용된 경우, 공동에 대한 결함기의 광학적 효과가 고려되어야 하며 결함기로부터 공동으로 되돌아가는 어떤 반사 손실도 존재하지 않아야 한다.
- <57> 광섬유(52)가 단지 한 단부에서 액세스될 수 있는 경우, 도 6에 도시된 구성이 최선 실시예이지만, 광섬유의 양 단부가 이용가능하고 액세스 가능한 경우는 도 1 또는 도 6의 어느 구성도 동일하게 허용가능하다.
- <58> 또한, 본 발명이 스트레인을 검출하는데 이용된 것으로서 설명되었지만, 앞서 언급된 멜츠 등의 미국 특허 제 4,806,012 호 및 4,761,073 호에 설명된 바와 같이 반사(또는 전달) 프로파일에 변화를 초래하는 거라면 어떤 요인도 측정될 수 있다. 예를 들어, 광섬유는 전계 또는 자계 또는 어떤 화학적 혼합물 또는 다른 요인에 대한 노출로 인해 팽창 또는 수축하는 재료로 코팅될 수도 있다.
- <59> 이상 본 발명이 요인을 검출하는 센서로서 브래그 격자를 이용하는 것으로서 설명되었지만, 원한다면, 인가된 스트레스에 의해 쉬프트하는 협파장 대역 반사를 갖는 어떤 반사 장치도 이용될 수 있다. 또한, 센서는 센서들을 지원하는 광섬유와 동일한 형태의 광섬유로 이용될 필요는 없으며, 예를 들어, 센서를 광섬유로 꼬여질 수도 있다.
- <60> 또한, 이상 본 발명이 광섬유를 이용하는 것으로서 설명되었지만, 원한다면, 어떤 다른 형태의 광 도파관도 이용될 수 있다. 또한, 전기 스위치(72)(도 1 참조), (98)(도 3 참조)는 조작자 또는 운전자로 부터의 명령에 응답하여 수동으로 제어되거나 마이크로프로세서 또는 CPU와 같은 (미도시된) 다른 신호 처리기에 의해 제어될 수도 있고, 또는 사전결정된 속도 또는 사전결정된 논리 조건하에서 스위치되어 정적 스트레인, 동적 스트레인을 판정하고 또는 전체 광섬유에 대한 스트레인 분석을 수행(웨브리-페로트 모드시)할 수도 있다.
- <61> 또한, 튜너 제어 회로(42) 및 신호 처리 회로(68)는 적절한 하드웨어 인터페이스, 예를 들면, A/D 변환기를 이용하여 소프트웨어적으로 수행될 수도 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

광 센서 진단 시스템에 있어서,

튜너 제어 신호에 응답하여, 광 도파관내로 발사되는 파장-조정가능한 광을 제공하는 조정가능한 광원 수단과,

상기 조정가능한 광의 경로내에 배치되어, 대응하는 센서상에 인가되는 요인에 응답하여 변하는 연관된 최소 전달 파장을 갖는 피전달 광을 제각기 제공하는 적어도 하나의 광센서 수단

을 포함하되,

상기 조정가능한 광원 수단은 상기 연관된 최소 전달 파장으로 상기 각 센서 수단을 개별적으로 조명하며,

상기 조정가능한 광원 수단과 상기 센서 수단 사이에서 상기 조정가능한 광의 경로내에 배치되어, 상기 센서 수단으로부터 반사된 광으로부터 상기 조정가능한 광원 수단을 분리시키기 위한 광 분리 수단과,

상기 피전달 광의 경로내에 배치되어, 상기 각 센서 수단으로부터 상기 피전달 광을 검출하여, 상기 피전달 광의 파워를 표시하는 전기적 검출 신호를 제공하는 광 검출 수단과,

상기 조정가능한 광원 수단에 상기 조정가능한 광의 소망하는 파장을 표시하는 가변 전압 신호를 제공하는 튜너 제어 수단과,

상기 전기적 검출 신호에 응답하여, 상기 요인에 기인한 상기 최소 전달 파장의 쉬프트를 검출하고 상기 각 센서 수단에 대한 상기 요인을 표시하는 신호를 제공하는 신호 처리 수단을 더 포함하고,

상기 튜너 제어 수단은 상기 전기적 검출 신호에 응답하여, 상기 조정가능한 광이 상기 각 센서 수단에 대한 상기 최소 전달 파장의 정적 변화를 추적할 수 있도록 상기 튜너 제어 신호를 조정하는 추적

수단을 포함하는
광 센서 진단 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 튜너 제어 수단은 사전결정된 변조 주파수로 상기 튜너 제어 신호를 변조하는 변조 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
상기 신호 처리 수단은 상기 전기적 검출 신호를 복조하여 그를 표시하는 복조 신호를 제공하는, 상기 변조 주파수로 동작하는 복조 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 신호 처리 수단은 상기 최소 전달 파장의 동적 쉬프트의 주파수와 크기를 측정하는 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 신호 처리 수단은 상기 최소 전달 파장의 상기 정적 쉬프트를 측정하는 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 튜너 제어 수단은 상기 전기적 검출 신호에 응답하여, 상기 튜너 제어 신호를 조정하고, 조명되는 상기 각 센서 수단의 최소 전달 파장을 탐색하는 탐색 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 튜너 제어 수단은 상기 조정가능한 광이 상기 모든 센서 수단의 최소 전달 파장을 통해 스캔하도록 하기 위해 상기 튜너 제어 신호를 스캔하는 수단을 포함하고,
상기 신호 처리 수단은 상기 튜너 제어 신호에 응답하여 상기 튜너 제어 신호의 크기로부터 상기 조정가능한 광의 현재 파장을 산출하고 상기 센서 수단중 어느 센서가 조명되었는지를 판정하여 상기 최소 전달 파장의 상기 쉬프트를 판정하는 수단을 포함하는
광 센서 진단 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 튜너 제어 수단은 상기 조정가능한 광이 상기 모든 센서 수단의 최소 전달 파장을 통해 스캔하도록 하기 위해 상기 튜너 제어 신호를 스캔하며, 상기 튜너 제어 신호가 상기 스캔을 시작하는 때를 표시하는 동기 신호를 제공하는 수단을 포함하고,
상기 신호 처리 수단은 상기 동기 신호에 응답하여 상기 센서 수단중 어느 센서 수단이 조명되고 있는지를 판정함으로써 상기 최소 전달 파장의 상기 쉬프트를 판정하는 수단을 포함하는
광 센서 진단 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센서 수단은 적어도 하나의 브래그 격자를 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 10

광 센서 진단 시스템에 있어서,

튜너 제어 신호에 응답하여, 광 도파관내로 발사되는 파장-조정가능한 광을 제공하는 조정가능한 광원 수단과,

상기 조정가능한 광의 경로내에 배치되어, 대응하는 센서상에 인가되는 요인에 응답하여 변하는 연관된 국부적-최대 피크 반사 파장을 갖는 피반사 광을 제각기 제공하는 적어도 하나의 광센서 수단을 포함하되,

상기 조정가능한 광원 수단은 상기 연관된 피크 파장으로 상기 각 센서 수단을 개별적으로 조명하며,

상기 조정가능한 광원 수단과 상기 센서 수단 사이에서 상기 조정가능한 광의 경로내에 배치되어, 상기 조정가능한 광원 수단을 상기 피반사 광으로부터 분리시키기 위한 광 분리 수단과,

상기 피반사 광의 경로내에 배치되어, 상기 각 센서 수단으로부터 상기 피반사 광을 검출하여, 상기 피반사 광의 파워를 표시하는 전기적 검출 신호를 제공하는 광 검출 수단과,

상기 조정가능한 광원 수단에 상기 조정가능한 광의 소망하는 파장을 표시하는 가변 전압 신호를 제공하는 튜너 제어 수단과,

상기 전기적 검출 신호에 응답하여, 상기 요인에 기인한 상기 피크 파장의 쉬프트를 검출하고 상기 요인을 표시하는 신호를 제공하는 신호 처리 수단

을 더 포함하며,

상기 튜너 제어 수단은 상기 전기적 검출 신호에 응답하여, 상기 조정가능한 광이 상기 각 센서 수단에 대한 상기 피크 파장의 정적 쉬프트를 추적할 수 있도록 상기 튜너 제어 신호를 조정하는 추적 수단을 포함하는

광 센서 진단 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 튜너 제어 수단은 사전결정된 변조 주파수로 상기 튜너 제어 신호를 변조하는 변조 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 신호 처리 수단은 상기 전기적 검출 신호를 복조하여 그를 표시하는 복조 신호를 제공하는, 상기 변조 주파수에서 동작하는 복조 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 신호 처리 수단은 상기 피크 반사 파장의 동적 변화의 주파수와 크기를 측정하는 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 신호 처리 수단은 상기 피크 반사 파장의 상기 정적 쉬프트를 측정하는 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 튜너 제어 수단은 상기 전기적 검출 신호에 응답하여, 상기 튜너 제어 신호를 조정하고, 조명되는 상기 각 센서 수단의 피크 반사 파장을 탐색하는 탐색 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 16

제 10 항에 있어서,

상기 튜너 제어 수단은 상기 조정가능한 광이 상기 모든 센서 수단의 피크 반사 파장을 통해 스캔하도록 하기 위해 상기 튜너 제어 신호를 스캔하는 수단을 포함하고,

상기 신호 처리 수단은 튜너 제어 신호에 응답하여 상기 조정가능한 광의 현재 파장을 산출하고 상기 센서 수단중 어느 센서가 조명되었는지를 판정하여 상기 피반사 광의 상기 피크 반사 파장의 상기 쉬프트를 판정하는 수단을 포함하는

광 센서 진단 시스템.

청구항 17

제 10 항에 있어서,

상기 튜너 제어 수단은 상기 조정가능한 광이 상기 모든 센서 수단의 피크 반사 파장을 통해 스캔하도록 하기 위해 상기 튜너 제어 신호를 스캔하고, 상기 튜너 제어 신호가 상기 스캔을 시작하는 때를 표시하는 동기 신호를 제공하는 수단을 포함하고,

상기 신호 처리 수단은 상기 동기 신호에 응답하여 상기 센서 수단중 어느 센서 수단이 조명되었는지를 판정함으로써 상기 피반사 광의 상기 피크 반사 파장의 상기 쉬프트를 판정하는 수단을 포함하는

광 센서 진단 시스템.

청구항 18

제 10 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센서 수단은 적어도 하나의 브래그 격자를 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 19

광 센서 진단 시스템에 있어서,

튜너 제어 신호에 응답하여, 광 도파관내로 발사되는 파장-조정가능한 광을 제공하는 조정가능한 광원 수단으로서, 상기 광원 수단의 공동의 한 단부를 한정하는 전방 가변-파장 반사기를 구비하는 상기 조정가능한 광원 수단과,

상기 조정가능한 광의 경로내에 배치되어, 대응하는 센서상에 인가되는 요인에 응답하여 변하는 연관된 피크 반사 파장을 제각기 갖는 적어도 하나의 광센서 수단으로서, 상기 각 센서는 상기 전방 반사기와 상기 센서 수단중 대응하는 센서 사이의 연관된 결합 공동에 대해 반사기로서 작용하는, 상기 적어도 하나의 광 센서 수단

을 포함하되,

상기 결합 공동은 상기 연관된 피크 반사 파장에서 공진하여 상기 피크 파장을 표시하는 출력 광을 제공하고,

상기 요인은 상기 결합 공동을 튜닝해제하여 상기 출력 광의 파워를 그에 따라 변화시키고,

상기 조정가능한 광원 수단은 상기 연관된 피크 반사 파장으로 상기 각 센서 수단을 개별적으로 조명하며,

상기 출력 광의 경로내에 배치되어, 상기 각 센서 수단과 연관된 각 결합 공동으로부터 상기 출력 광을 검출하고 상기 출력 광의 파워를 표시하는 전기적 검출 신호를 제공하는 광 검출 수단과,

상기 조정가능한 광원 수단에 상기 조정가능한 광의 소망하는 파장을 표시하는 가변 전압 신호를 제공하는 튜너 제어 수단과,

상기 전기적 검출 신호에 응답하여, 상기 요인에 기인한 상기 피크 파장의 쉬프트를 검출하고 상기 각 센서 수단에 대한 상기 요인을 표시하는 신호를 제공하는 신호 처리 수단

을 더 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 튜너 제어 수단은 상기 전기적 검출 신호에 응답하여, 상기 조정가능한 광이 상기 각 센서 수단에 대한 상기 피크 파장의 정적 쉬프트를 추적할 수 있도록 상기 튜너 제어 신호를 조정하는 추적 수

단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 튜너 제어 수단은 사전결정된 변조 주파수로 상기 튜너 제어 신호를 변조하는 변조 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 신호 처리 수단은 상기 전기적 검출 신호를 복조하여 그를 표시하는 복조 신호를 제공하는, 상기 변조 주파수에서 동작하는 복조 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 23

제 20 항에 있어서,

상기 신호 처리 수단은 상기 피크 반사 파장의 동적 변화의 주파수와 크기를 측정하는 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 24

제 19 항에 있어서,

상기 신호 처리 수단은 상기 피크 전달 파장의 정적 쉬프트를 측정하는 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 25

제 19 항에 있어서,

상기 튜너 제어 수단은 상기 전기적 검출 신호에 응답하여, 상기 튜너 제어 신호를 조정하고, 조명되는 상기 각 센서 수단의 피크 반사 파장을 탐색하는 탐색 수단을 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 26

제 19 항에 있어서,

상기 튜너 제어 수단은 상기 조정가능한 광이 상기 모든 센서 수단의 피크 반사 파장을 통해 스캔하도록 하기 위해 상기 튜너 제어 신호를 스캔하는 수단을 포함하고,

상기 신호 처리 수단은 상기 튜너 제어 신호에 응답하여, 상기 조정가능한 광의 현재 파장을 산출하고 상기 센서 수단중 어느 센서가 조명되고 있는지를 판정하여 상기 피반사 광의 상기 피크 반사 파장의 상기 쉬프트를 판정하는 수단을 포함하는

광 센서 진단 시스템.

청구항 27

제 19 항에 있어서,

상기 튜너 제어 수단은 상기 조정가능한 광이 상기 모든 센서 수단의 피크 반사 파장을 통해 스캔하도록 하기 위해 상기 튜너 제어 신호를 스캔하고, 상기 튜너 제어 신호가 상기 스캔을 시작하는 때를 표시하는 동기 신호를 제공하는 수단을 포함하고,

상기 신호 처리 수단은 상기 동기 신호에 응답하여 상기 센서 수단중 어느 센서 수단이 조명되고 있는지를 판정함으로써 상기 피반사 광의 상기 피크 반사 파장의 상기 쉬프트를 판정하는 수단을 포함하는

광 센서 진단 시스템.

청구항 28

제 19 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 센서 수단은 적어도 하나의 브래그 격자를 포함하는 광 센서 진단 시스템.

청구항 29

제 1 항에 있어서,

상기 요인은 상기 센서 수단상에 대한 스트레인인 광 센서 진단 시스템.

청구항 30

제 10 항에 있어서,

상기 요인은 상기 센서 수단상에 대한 스트레인인 광 센서 진단 시스템.

청구항 31

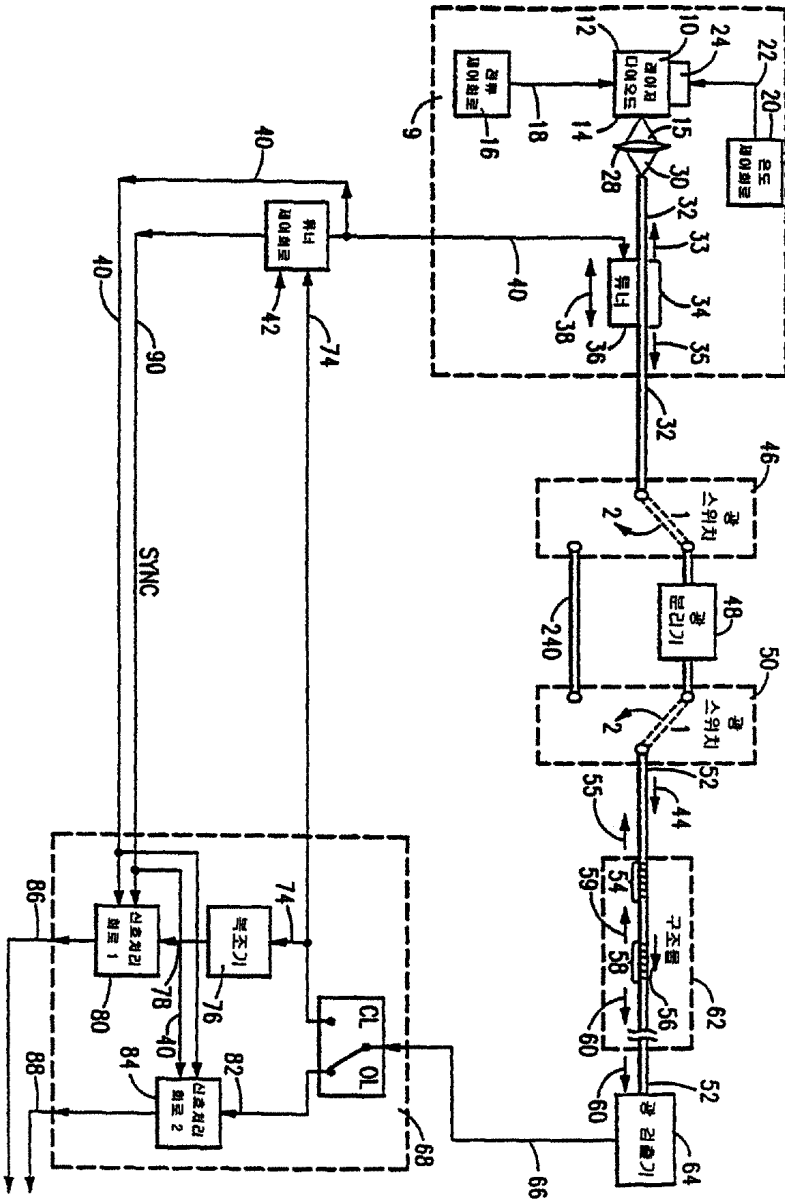
제 19 항에 있어서,

상기 요인은 상기 센서 수단상에 대한 스트레인인 광 센서 진단 시스템.

요약

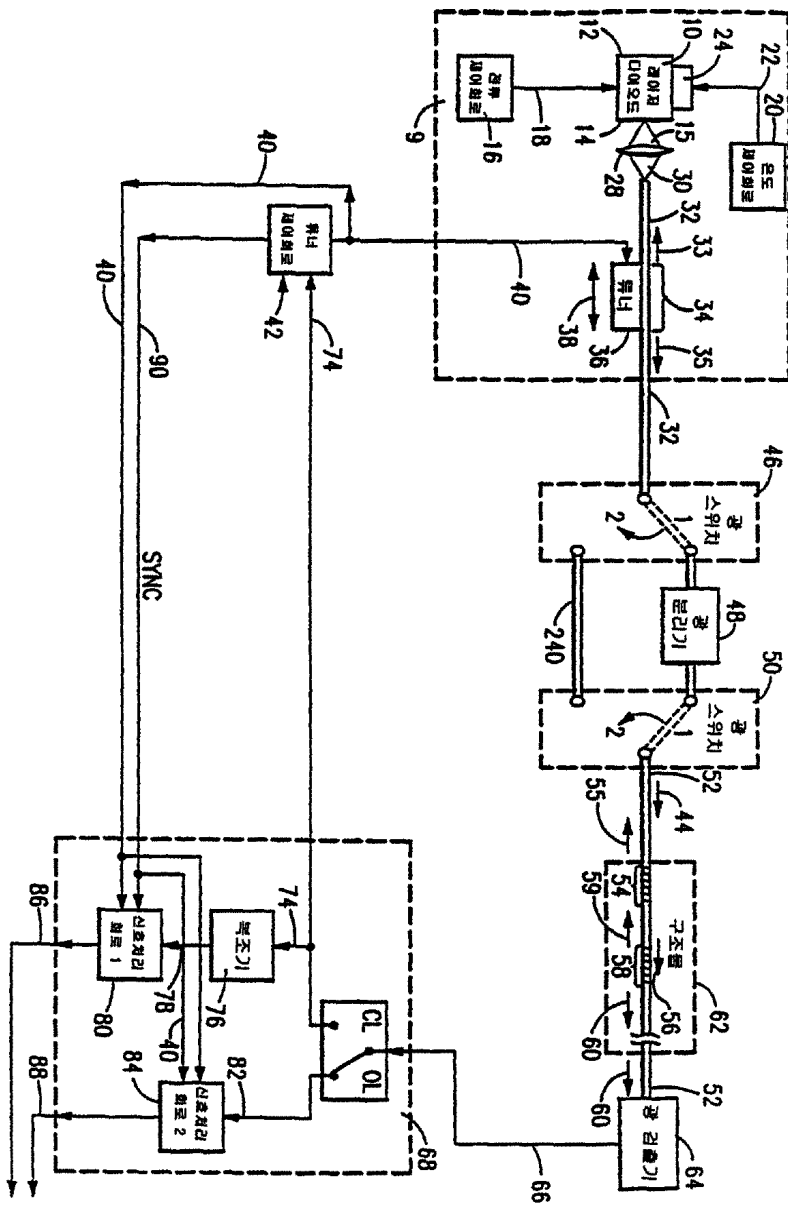
본 발명에 따른 광 센서 진단 시스템은 광섬유(32, 52)내로 가변 파장 광(44)을 제공하는 조정가능한 협파장 대역 광원(9)을 포함한다. 이 광섬유(52)를 따라 가변 광(44)의 경로내에 브래그 격자와 같은 반사 센서(54, 58)가 배치된다. 이들 센서(54, 58)는 그에 인가되는 스트레인과 같은 요인에 기인해 변화하는 최소 전달 파장을 갖는 광(56, 60)을 전달한다. 튜너 제어 회로(42)는 조정가능한 광(44)이 그의 최소 전달 파장으로 각 센서를 조명하기 위해 사전결정된 파장 범위를 통해 스캔하도록 조정가능한 광원(9)을 구동한다. 피전달 광의 파워는 검출기(64)에 의해 전기적 신호로 변환되고, 피전달 파워 레벨의 강하를 검출하여 라인(71)상으로 각 센서에 대한 요인을 표시하는 출력 신호를 제공하는 신호 처리기(68)에 의해 모니터된다. 본 시스템은 정적 스트레인을 측정하도록 개방 루프 모드로 구성될 수도 있고 정적 스트레인을 추적하고 동적 스트레인을 측정하도록 폐쇄 루프 모드로 구성될 수도 있다. 또한, 본 시스템은 헤브리-페로트 구성으로 이용되어 매우 민감한 스트레인 검출 시스템을 제공할 수도 있다. 또한, 본 시스템은 반사 또는 전달 모드로 구성될 수 있다.

도면

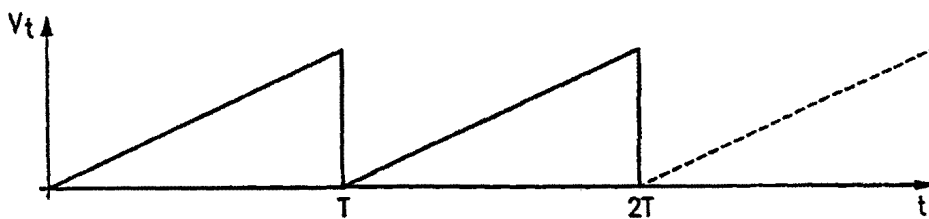


도면

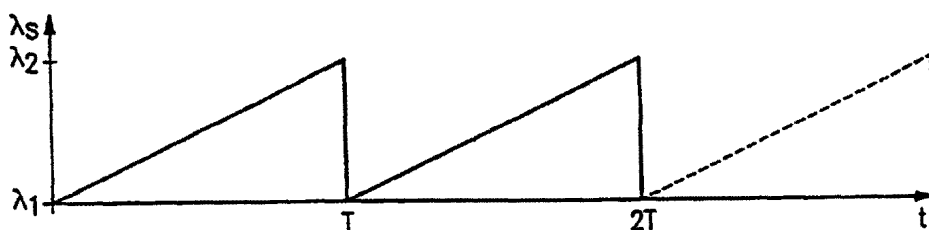
도면1



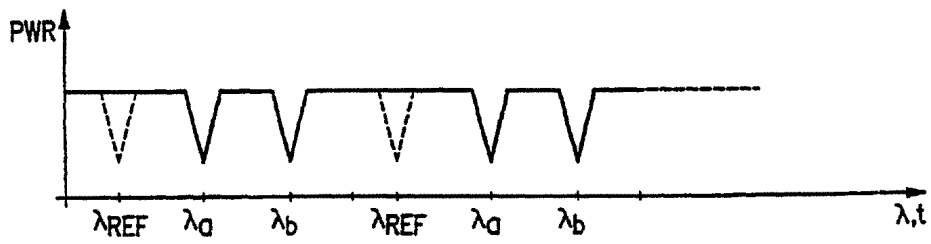
도면2a



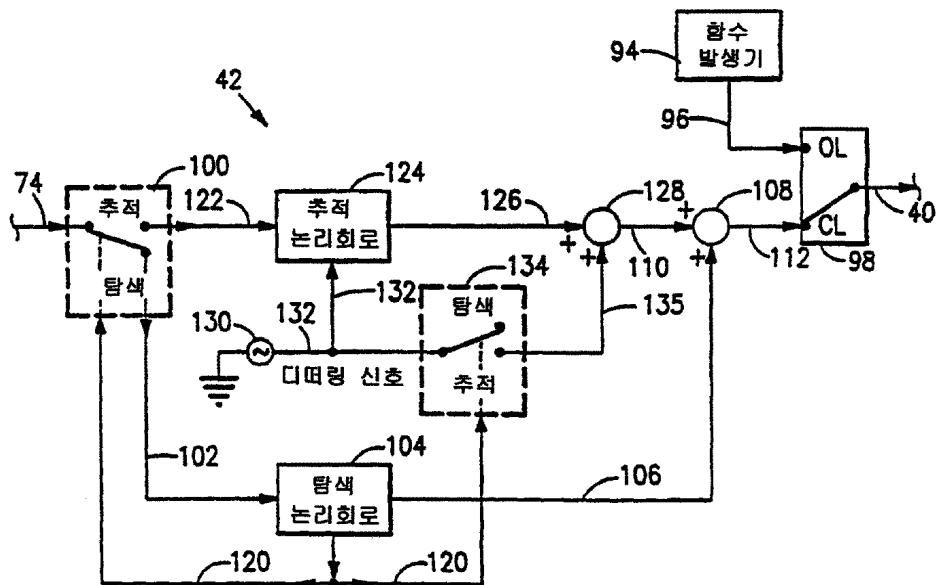
도면2b



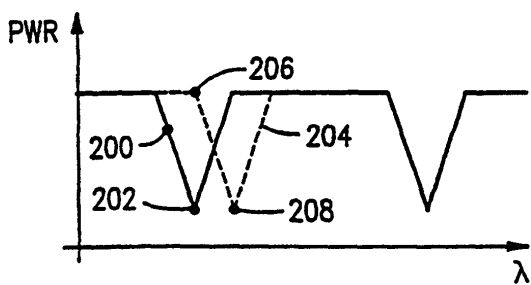
도면2c



도면3



도면4



도면5

