(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[6]
G01N 21/00

(45) 공고일자 1999년03월30일
(11) 등록번호 특0157216
(24) 등록일자 1998년07월28일

(21) 출원번호 특1989-002099
(22) 출원일자 1989년02월22일
(65) 공개번호 특1989-013475
(43) 공개일자 1989년09월23일

(30) 우선권주장 159,154 1988년02월24일 미국(US)
(73) 특허권자 메저렉스 코오퍼레이션 헬 제이. 보너
미합중국 캘리포니아주 쿠퍼르티노 원 리절쯔웨이
(72) 발명자 워렌 디. 비드린 쥬니어
미합중국 캘리포니아 95118 산 호세 나르시소 코트 1034
마크 에스. 로스
미합중국 캘리포니아 94303 팔로 알토 게일렌 애비뉴 717
(74) 대리인 장용식

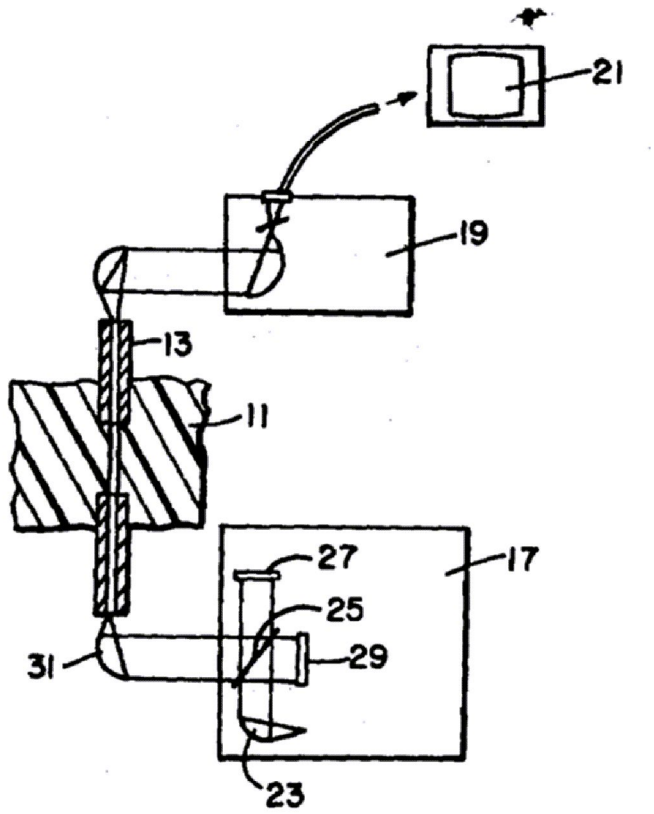
심사관 : 김호석

(54) 물질 내부의 화학변화 검출용 광섬유 감지기 및 그 검출방법

요약

내용 없음.

대표도



명세서

[발명의 명칭]

물질 내부의 화학변화 검출용 광섬유 감지기 및 그 검출 방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명에 따른 장치의 개략도이다.

제2도는 제1도의 장치에 사용되는 감지기의 확대된 단면도이다.

제3도는 제1도의 장치에 사용되는 감지기의 다른 구체예의 확대 단면도이다.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 일반적으로 물질의 화학적 특성을 검출하는 감지기(sensor), 특히 분광장치와 함께 사용하는 감지기에 관한 것이다. 흔히 제조과정동안 물질 내부의 화학적 변화를 감시하는 것이 바람직하다.

특히 정확하게 제조되면 필적할만한 단일체 (monolithic)물질과 같은 강도와 굳기를 가지는 반면에 중량이 아주 작은 최신 복합물질의 경우가 그렇다.

섬유 보강된 복합물질로 된 품목을 제조할 때 섬유와 중합체 수지의 결합물이 예정된 방향으로 쌓여져 층을 형성하거나 라미네이션을 이루는데 사용된다. 복합 물질은 쌓여진 후에 원하는 대로 중합체를 가교결합 시키기 위한 대개 오오토클렉이브속 고온에서 경화된다. 보통 경화 공정을 열경화 라 한다.

섬유와 중합체 수지의 매트릭스 성분을 변화시키거나, 섬유의 배향을 변화시키거나 혹은 중합체 수지의 가교 결합의 방법 혹은 정도를 변화시켜 복합 물질의 특성을 선택적으로 바꿀 수 있다. 특히, 가교결합은 렌조 공정의 조건, 주로 온도와 압력의 영향을 받는다.

특별한 구조적 특성을 가지는 섬유 보강 복합물을 생산하는 것은 가능하지만 매번 신뢰할 정도로 균일한 구조적 특성을 갖는 복합물질을 만들어내는 대량 생산 기술을 개발하기는 종종 어렵다. 흔히 부정확한 공정 제어정보 때문에 재현성을 얻기가 힘들다. 생산시의 공정제어정보가 불충분하면 검사비용이 많이들고 생산량의 상당부분이 표준 미달로 폐기된다.

섬유 보강 복합물질 생산시 공정 제어정보가 필요함에 따라 유전 경화 감시 방법이라는 기술이 개발되었다. 이 기술에 따르면 감지선을 복합물질에 끼워넣어 경화하는 동안의 유전율(dieletric permittivity)을 측정한다. 유전 경화 감시방법은 실시간공정이라는 이점이 있는데, 그것은 측정이 감시되는 과정과 동시에 이루어져 거의 동시적인 공정조정자 (즉 온도와 압력변화) 를 구할 수 있다는 것을 뜻한다. 불행하게도, 유전 경화감시 방법은 기계적인 틈과 수분흡수 같은 외적요인이 측정을 방해하여 잘못된 결과를 초래하는 단점이 있다.

또, 일반적으로 유전경화 감시 방법이 비파괴적인 시험기술이라고 생각하지만 삽입된 유전 감지선이 복합물질에 미세한 균열을 가져올 수도 있다. 열경화 공정 동안 복합물질의 상태를 감지하는데 사용되어 온 또다른 기술은 푸우리에 변환 (Fourier transform) 적외선(FT-IR) 분광 감시법이다. 이 기술은 1986년 4월 8~10일 네바다 라스베가스 SAMPE에서 피이. 영 (p.Young)과 에이. 장(A.Chang) 이 제시한 선진물질의 FTIR특성 이라는 논문에 서술되어 있다. 영과 장이 설명해 놓은 기술에 따르면 적외선 복사를 복합물질의 표면에 조사하고 반사된 복사선을 모아 측정한다. 경화 주기동안 반사된 복사선의 변화를 분광학적으로 분석하여 영과 장은 어느 파장이 감시되는 물질에 흡수되는가를 결정할 수 있었다.분광학적 정보가 경화조건과 상호 관련되고, 따라서 복합물질에서의 중합체 수지의 가교결합과 연관되어졌다.

앞에서 영과 장이 실시한 FT-IR 경화 감시방법의 단점은 화학적 특성이 복합물질 표면 근처에서만 검출된다는 것이었다. 실제로 표면상태가 반드시 복합물질로 된 품목내 실질적인 깊이에서의 상태를 나타내는 것은 아니기 때문에 영과 장이 실시한 FT-IR 분광분석은 복합물질의 여러층 내에서 수지가 적당히 가교결합되었는지 (즉 경화되었는지)를 항상 충분히 나타내지뜬 않는다.

전술한 내용에 비추어, 섬유보강 복합 물질과 같은 물질로 제조된 품목내 실질적인 깊이에서, 경화되는 동안과 같은 화학적 변화를 직접 감시할 수 있는 기술이 필요하다는 것을 이해할 만하다. 제1도는 물질내의 화학적 상태를 측정하는 스펙트럼 분석 장치를 나타낸다. 본 장치는 경화동안의 섬유보강 복합물질내 수지의 가교결합 정도를 검출하는데 특히 유용하지만 그것에 국한해서 적용되는 것은 아니다. 예를들면 본 장치는 삽입된 광학 섬유의 존재에 의해 영향을 크게 받지 않는 고체에서 뿐만 아니라 기체와 액체를 포함하는 유체에서의 화학적 상태를 검출하는데 사용될 수 있다. 일반적으로 말해서 제1도에 예시한 스펙트럼 분석장치의 성분은 물질(11)의 단편 내부의 미리 선정된 위치에 삽입되는 한개 이상의 광학섬유(13), 섬유(13)속으로 광복사를 투과시키도록 연결되어 있는 빛 부호기(17) , 섬유로부터 나오는 광복사를 받도록 연결되어 있는 검출기(19) , 검출된 광복사를 분석하기 위한 빛 부호 해독기(21)로 구성되어 있다. 다음에 상술되는 것과 같이 각 광학섬유(13)에는 감지기부분이 있다.

광학섬유(13)와 물질(11)이 부호해독기(21) 외부에 위치한다는 것을 이해해야 한다. 환언하면 제1도의 장치는 부호해독기내 분석을 위한 물질(11)의 비교적 작은 시료가 필요치 않을뿐 아니라 스펙트럼을 분석하기 위해 부호해독기를 오오토클레이브와 같은 격렬한 환경에 둘 필요가 없다.

일반적으로 부호해독기(21)는 최소한 입력신호의 스펙트럼 일부를 구별하거나 해독하는 장치이다. (신호가 물리적으로 시간영역에 속하지만 여러 진동수와 진폭을 가지는 사인곡선 성분 즉 스펙트럼으로 구성된 것으로 분석될 수 있다)바람직한 구체예에서 부호해독기(21)는 소위 푸우리에 변환적외선 (FT- IR) 분광계이다. 일반적으로 푸우리에 변환(FT)분광계는 시간영역의 신호를 분석하여 그것들의 스펙트럼으로 기술하는 푸우리에 분석에 기초한 수학적 기법을 사용하는 분광계이다. 푸우리에 변환 적외선 (FT-IR)분광계는 푸우리에 분석에 의해 적외선 신호를 주파수 성분으로 해독하는 분광계이다. 그러한 분광계는 다양한 곳에서 시중구입할 수 있으며 대개 마이크로프로세서에 의거한다. 부호 해독기(21)는 빛의 상이한 파장을 구별해내는 또다른 종래장치로 대치될 수 있다.

예를들면 부호해독기(21)는 단색화 장치가 될 수 있다. 또다른 예로 부호해독기(21)는 배열된 광도계들로 이루어질 수 있는데 각 광도계들은 상이한 빛의 파장을 검출한다. 그렇지만 그런 장치들은 FT-IR 분광계 보다 일반적으로 덜 정확하다.

실제로 제1도의 장치에서 분광계 정보는 중간적외선 빛으로 부터 얻어지는 것이 바람직하다. 여기서 중간 적외선 빛이라는 것은 약 2~20 미크론의 파장을 가지는 빛을 뜻한다. FT-IR분강계 분석에서 관심있는 파장 띠는 대개 약 5~15 미크론인데 가끔 지문 구역이라 불린다.

부호기 (17) 는 광학섬유(13)로 들어가는 빛을 변조거나 부호화 한다. 그림에 나타난 장치에서 부호기(17)는 장원(23)을 가지는 간섭계, 광원(23)으로부터 빛을 받도록 위치한 반도금(half - silvered) 거울(25) , 반도금 거울(25)로부터 투과되고 반사된 빛을 각각 받기 위한 한쌍의 거울(27과 29)로 되어 있다. 거울(27과 29)중 적어도 한개는 나머지 한 거울에 대해 선택적으로 움직일수 있어 파장을 이동시켜 부호화 할수 있다.

3개의 거울(25,27과 29)은 함께, 광학섬유(13)의 접한 끝에 차례로 빛이 닿도록 하는 4번째 거울(31)로 빛을 향하도록 작용한다.

이때 간섭계와 다른 빛 부호기가 제1도의 장치에 사용될 수 있음을 알아야 한다.

예를들면 스펙트럼 회절장치가 사용될 수 있다. 그러한 부호화 장치의 중요한 판단 기준은 분장계 (21)로 분석하는 빛을 변조하거나 부호화 한다는 것이다.

또한 빛 부호기가 광학 섬유의 광원과 같은쪽 끝에 위치할 필요가 없음을 알아야 한다. 실제로 부호기가 섬유끝과 부호해독기 사이에 놓여지기만 하면 부호기는 광학섬유의 빛 부호해독기와 같은쪽 끝에 위치해도 된다. 제1도의 장치에 있는 검출기(19)는 다양한 종래의 변환기중 어느 것이라도 좋다. 예를 들면 검출기(19)는 종래의 초전기 검출기 혹은 빛을 전기적 신호로 바꾸는 광- 전기 검출기가 될 수 있다. 일반적으로 말해서, 검출기(19)는 최꼬한 부호해독기(21)에서 관심있는 넓이 만큼의 파장밴드에 걸쳐 있는 적외선 복사선을 비선택적으로 검출한다.

제2도에는 광학섬유(13)가 세부적으로 그려져 있다. 일반적으로 그림의 섬유는 유리로 된 심(32)과 심주위 외장을 이루는 얇은 피복(cladding 33) 으로 되어 있다. 피복(33)은 빛이 심측떤으로 들어가거나 나오는 것을 방지한다. 여러가지 피복 물질이 사용될 수 있지만 피복-심 접촉면에서 적외선의 높은 총 내부 반사를 초래하는 굴절율을 가지는 것이 가장 적당하다. 환언하면 적외선의 내부 흡수가 크지 않은 것이 바람직한 피복물질이다. 제2도에 그려진 장치에서 피복(33)은 심(32)이 물질(11)에 직접 노출되어 있는 비포장 부분(39)를 제외하고는 전길이에 걸쳐 져 있다. 비포장 부분(39)은 제 1도의 장치에서의 기능을 나타내주는 감지기 부분 이라 칭할수 있다. 감지기 부분은 전형적으로 직경이 약 50 ~300미크론이다. 실제로 감지기 부분(39)은 심(32)으로뚜터 피복(33)을 제거하거나 비포장된 심부분을 광학섬유에 녹임으로써 만들수 있다. 후자쪽 방법에 있어서, 바람직한 구체예에서는 감지기 부분의 물질이 광학섬유의 나머지 부분과 같은 종류의 것이지만 광학섬유의 나머지 부분이 감지기 부분(32)과 같은 종류의 물질로 만들어질 필요가 없음을 알아야 한다.

광학적 특펑에 있어서, 감지기 부분(32)은 부호해독기(21)에 가장 의미있는 신호 정보를 제공하는 파장을 많이 감쇠시키지 않고 빛을 투과시킬수 있는 물질로 만들어져야 한다. 물리적 특성에 있어서 감지 부분은 경화동안 섬유보강 복합 물질속에 끼워지는 것을 잘 견디는 물질로 만들어져야 한다 ; 양적으로 말해서 심물질의 유리전이 온도인 Tg 가 약 350° c를 넘어 한다. 또한 감지기 부분(32)은 흥미있는 파장에 걸쳐져 섬유가 끼워넣어지는 물질에 대히 높은 굴절율을 가지는 것으로 만들어져야 한다. 예를들면 섬유보강 복합물질에 대해 굴절율이 약2.0 을 넘는 것이 바람직하다.

감지기 부분(13)으로 현재 바람직한 심 물질은 칼코겐화 유리인데 예를 들면 비소게르마늄- 셀렉나이드 유리이다. 오오토클레이브 속에서 보통의 경화온도를 견디어낼수 있는 칼코겐화 유리 섬유를 시중에서 구입 할 수 있을뿐 아니라 칼코겐화 유리는 중간적외선 파장에서 대부분의 섬유보강 복합물질전 대해 높은 굴절율 (대개 2.0보다 큰)을 가진다. 적당한 칼코겐화물 유리섬유를 여러곳으로부터 시중 구입할 수 있다.

감지기 부분(32)으로 적당한 물질은 플루오르화 금속유리이다. 전도 손실이 비교적 작고 (즉 1킬로 미터당 100dB미만) 약 350℃의 유리 전이온도를 가지는 플루오르화물 유리 재료를 시중에서 구입할 수 있다. 플루오르화 금속 유리섬유는 비교적 빛을 감쇠시키지 않기 때문에 근적외선 빛 즉, 약 1~5 미크톤의 파장을 가지는 빛의 FT-IR분석에 사용될 수 있다.

제1도의 장치의 작용을 제 2도의 광학섬유가 사용되는 경우에 있어서 설명하기로 한다.먼저 최소한 한개의 광학섬유(13)가 오오트클레이브에서처럼 공정중에 있는 물질속에 삽입되어 삽입된 물질(11)이 섬유의 감지부분(39)과 직접 접할수 있어야 한다. 또한 우선적으로 부호기(17)나 섬유의 단부 안 혹은 바깥으로 통과하는 빛을 변조할 수 있도록 작동되어야 한다. 그런 코건하에서 빛은 비피복 감지기부분(39)에 도달할 때까지 섬유를 통해 지나간다. 비피복 감지기 부분을 따라 섬유의 심(32)의 측면에 투사된 빛은 주변 물질에 의해 일부는 반사되고 일부는 굴절된다. 반사와 굴절의 정도는 주변 물질(11)의 특성과 상태뿐 아니라 감지기 부분(29)의 특성에 좌우된다. 더우기 반사와 굴절의 정도는 주변물질의 화학적 변화에 따라 달라지며 어떤 광파장에서의 반사와 굴절의 변화 정도는 그와 다른 파장에서와 실질적으로 다를수 있다. 더욱 기술적인 용어로 말하면, 감지기 부분에서의 빛의 움직임은 변조된 전반사 (ATR)로 알려진 현상으로 설명되어진다는 것을 뜻한다. ATR현상에서 반사광은 빛의 전기적 벡터가 반사표면의 물질에 있는 화학적 결합과 상호작용하도록 반사표면을 충분히 투과 해야한다. 문헌상에서 ATR 현상은 때때로 누출전내부반사 (frustrated total internal reflection)혹은 약자로 FTIR로 언급된다.

더 깊이 들어가면 제1도의 장치의 작용에 있어서 비피복 감지기 부분과 주변물질 간의 접촉면에서 반사되는 빛은 검출기(19)에 이르게 된다. 그리고 나서 검출기(19)는 빛을 다양한 파장에서 상응하는 전기적 신호로 바꾼다. 검출기(19)에서 나오는 전기적 신호는 신호의 스펙트럼을 분석하는 부호 해독기(21)에 보내어 진다. (한개 이상의 광학 섬유가 사용될 때는 각 섬유들로 부터 나온 신호는 종래의 다중 송신 기술을 사용하여 개별적으로 분석될 수 있다)스펙트럼의 분석은 오오토클레이브 내의 온도와 압력변화 같은 공정 조건을 변화시키는 기준으로 사용될 수 있다.

제3도에는 제2도에 있는 섬유 감지기 부분(39)과 기하학적으로는 다르나 기능적으로 동일한 감지기 부분(139)을 포함하는 광섬유(113) 를 나타낸다. 제3도에서 광섬유(113) 는 섬유 끝에 있는 비피복된 감지기 부분(139) 을 제외하고는 피복(133) 으로 싸여 있다. 바람직하게는, 비피복 끝(tip) 은 원추형이거나 파라밋형이다. 그렇지만 비피복 끝은 평평하고 광택있는 단부를 가질 수 있다.

제3도의 광섬유(113) 는 광원과 부호해독기(21)가 섬유의 같은 단부에 위치하는 것을 제외하고는 제 1도의 장치와 유사한 분광계 장치에 사용될 수 있다.보통 이것은 광원을 수집광과 분리시킬 수 있는 광선 분리기를 사용함으로써 가능하다. 그런 기능을 수행하는 광선 분리기는 잘 알려져 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

물질 내부에 비피복 감지기부분(39, 139)을 가지는 광섬유(13, 133), 광복사를 섬유 속으로 보내도록 연결된 광원(23) 및 섬유(13, 133)에 연결된 검출기(19)로 구성된 물질내부의 화학적 특성을 검출하는 장치에 있어서, 오직 비피복 감지기 부분만이 물질의 피측정부위에 위치하며, 상기 섬유(33, 133)의 나머지 부분은 피복되어 있고, 피복부의 일부는 물질내부에 위치하며 , 푸리에 변환 적외선 분광감시법에 의한 스펙트럼 분석수단(21)이 감지기 부분에 인접한 물질에 의해 흡수되지 않는 적외선 스펙트럼의 적어도 일부를 분석하여 물질의 화학적 특성을 검출하도록 상기 검출기(19)에 연결되어 있어 상기 물질 내부의 피측정 부위에서 물질의 화학적 특성을 검출하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 2

제1항에 있어서 , 비피복 감지기 부분(39)이 섬유 단부 사이 부분으로 되어 있고 장치의 광원(23)이 섬유의 한 끝에 , 스펙트럼 분석기(21)가 섬유의 다른 끝에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 비피복 감지기 부분(139)이 섬유의 단부에 있고 적외선 복사선의 광원(23)과 스펙트럼 분석기(21)가 섬유의 같은 단부에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 장치 .

청구항 4

제1항에 있어서 , 광섬유(13, 133)가 스펙트럼 분석기(21) 외부로 뻗어 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

제3항에 있어서, 섬유(113)의 비피복 감지기(139) 부분의 끝이 일반적으로 뾰족하게 되어 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 스펙트림 분석기(21)가 푸우리에 변환 분석기로 되어 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 부호화 장치(17)가 상기 광원(23)을 구성요소로 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 비피복 감지기 부분(30, 139)이 칼코겐화물 유리로 된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 칼코겐화물 유리가 비소 게르마늄 셀라나이드 유리인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제1항에 있어서, 감지기 부분(30, 139)이 플루오르화 금속으로 형성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

제1항에 있어서 상기 물질은 섬유 강화 조성물이며, 광섬유(12, 113)의 비피복감지기 부분(39, 139) 및 인접피복부(33, 133)가 섬유강화 조성물내에 매설된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 비피복 감지기 부분(39)이 섬유 단부 사이의 중간 부분으로 되어 있고 광원(23)이 섬유의 한 단부에, 스펙트럼 분석기(21)가 섬유의 다른 한단부에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 13

제11항에 있어서, 비피복 감지기(139)가 섬유의 끝이 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제13항에 있어서, 광원(23)과 스펙트럼 분석기(21)가 광선 분리기를 통하여 섬유의 같은쪽 단부와 광학적으로 교통하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 15

제11항에 있어서, 스펙트럽 분석기(21)가 푸우리에 변환 분석기로 되어 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 16

제11항에 있어서, 감지기 부분과 스펙트럼 분석기921)사이에 위치한 간섭계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17

비피복 감지기부분(39, 139)를 가진 광섬유(13, 113)를 분석될 물질 내부에 배설하는 단계, 빛을 섬유(13, 113)로 보내는 단계 및 검출기(19)에서 상기 섬유(13, 113)로 부터의 빛을 검출하는 단계로 구성되는 물질내부의 화학적 특성을 검출하기 위한 방법에 있어서, 상기 방법은 상기 물질안의 피측정 부위에서 상기 물질의 화학적 특성을 검출하며, 상기 비피복 감지기 부분을 상기 피측정 부위에만 위치시키고, 섬유(13, 133)의 나머지 부분을 피복하여 상기 나머지 부분이 상기 물질 내부의 피복부를 포함하도록 배설하는 단계, 푸리에 변환 적외선 분팡 감시법에 의한 상기 스펙트림 분석수단(21)이 감지기 부분에 인접한 물질에 의해 흡수되지 알는 적외선 스펙트럼의 적어도 일부를 분석하여 물질의 화학적 특성을 검출하도록 상기 검출기(19)에 연결시키는 단계로 구성되는 것을 특징으로 하는 방법 .

청구항 18

제17항에 있어서, 물질이 열경화성 매트릭스 수지이고, 비피복 감지기 부분(39, 139)이 열경화성 매트릭스 수지내에 매설되는 것을 특징으로 하는 방법 .

청구항 19

제18항에 있어서, 분석기가 수지를 경화시키는 동안 작동하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제19항에 있어서, 분석기가 수지의 가교결합 정도를 측정하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 21

제17항에 있어서, 각기 감지기 부분을 가지는 복수의 광학섬유가 물질내부의 선택된 위치에 삽입되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 22

제17항에 있어서 , 분석되는 물질이 분석기(21) 외부에 놓여지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 23

제22항에 있어서, 분석기(21)가 푸우리에 변환 적외선 분석기인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 24

제23항에 있어서 , 분석되는 복사선이 중간 적외선 스펙트럼에 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 25

제24항에 있어서, 분석되는 파장의 범위가 약 5 내지 약 15미크론인 것을 특징으로 하 는 방법.

청구항 26

제25항에 있어서 , 스펙트럼 분석이 변조된 전반사를 측정함으로써 이루어지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

제17항에 있어서, 비피복 감지기 부분(39)이 섬유(13)의 단부 사이에 연결되어 있고 빛이 섬유의 한단부로 들어가고 스펙트림 분석기가 섬유의 다른 단부에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 28

제17항에 있어서 , 비피복 감지기 부분(139)이 섬유(113)의 단부에 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 29

제17항에 있어서, 광섬유(13, 113)의 심(32, 132)이 칼코겐화물 유리로 된 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 30

제17항에 있어서, 광섬유(13, 113)의 심(32, 132)이 플루오르화금속 유리로된 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 31

제17항에 있어서, 상기 물질은 섬유강화 조성물이고, 상기 방법은 경화도중 상기 섬유강화 조성물내의 화학적 상태를 검출하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 32

제17항에 있어서, 비피복 감지기 부분(39, 139)이 섬유로부터 피복을 제거함으로써 만들어지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 33

제32항에 있어서, 비피복 감지기 부분(39, 139)이 비피복 광섬유를 피복 광섬유에 융합시킴으로써 만들어지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 34

제32항에 있어서, 비피복 감지기 부분(139)이 섬유(113) 단부에 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 35

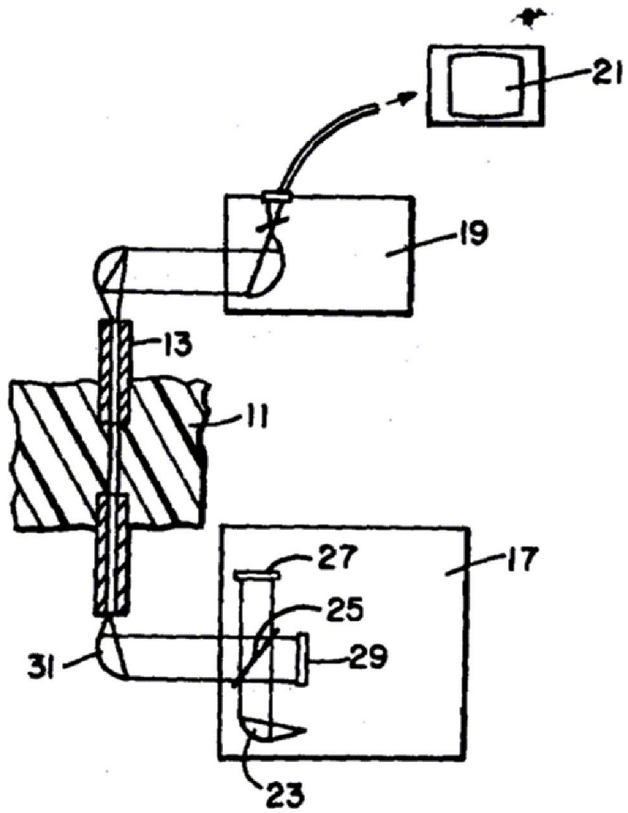
제32항에 있어서, 비피복 감지기 부분(39)이 섬유(13) 단부사이에 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 36

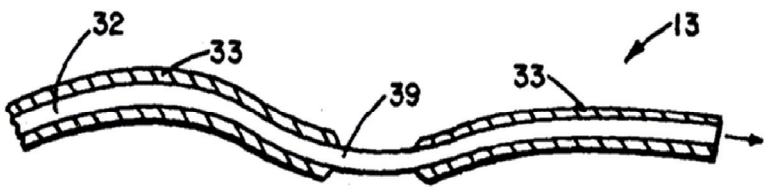
제1항에 있어서, 감지기 부분을 구성하는 물질이 푸리에 변환 적외선 스펙트럼 분석기에 적합한 것을 특징으로 하는 장치.

도면

도면1



도면2



도면3

