

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2015년 4월 9일 (09.04.2015)



(10) 국제공개번호
WO 2015/050355 A1

- (51) 국제특허분류:
G01B 11/16 (2006.01) *G01N 21/41* (2006.01)
G01L 1/24 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2014/009159
- (22) 국제출원일: 2014년 9월 30일 (30.09.2014)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2013-0117106 2013년 10월 1일 (01.10.2013) KR
- (71) 출원인: 한국표준과학연구원 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) [KR/KR]; 305-340 대전시 유성구 가정로 267, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 권일범 (KWON, Il-Bum); 305-340 대전시 유성구 문지로 22 102 동 204 호, Daejeon (KR). 임주은 (IM, Joo Eun); 305-340 대전시 유성구 가정로 267 한국표준과학연구원, Daejeon (KR). 김미현 (KIM, Mi Hyun); 305-340 대전시 유성구 가정로 267 한국표준과학연구원, Daejeon (KR). 최기선 (CHOI, Ki Sun); 500-847 광주광역시 북구 용주로 30 번길 60, 105 동 1304 호, Gwangju (KR).

(74) 대리인: 특허법인 아이퍼스 (IPUS PATENT & LAW FIRM) 등; 135-080 서울시 강남구 테헤란로 13 길 11 2 층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

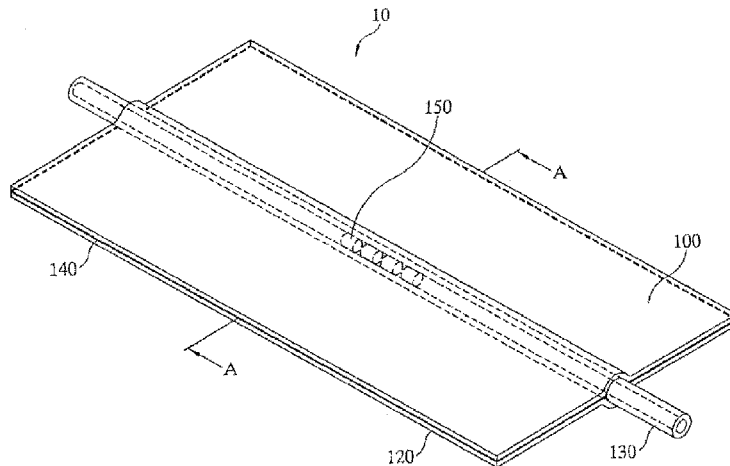
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,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

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: FBG SENSOR FOR MEASURING MAXIMUM STRAIN, MANUFACTURING METHOD AND USING METHOD

(54) 발명의 명칭: 최대 변형을 측정을 위한 FBG 센서, 제조방법 및 사용방법



(57) Abstract: The present invention relates to an FBG sensor for measuring a maximum strain of an object being measured, a method for manufacturing the sensor, and a method for using the sensor. To this end, provided is the FBG sensor for measuring a maximum strain, comprising: an optical fiber (130) having an FBG sensor (150) therein; a first metallic foil (120) contacting the optical fiber (130) on one surface thereof; a second metallic foil (100) which comes into surface-contact with the one surface; an adhesive layer (140) provided between the first and second metallic foils (100, 120); a means for measuring a residual strain of the first and second metallic foils (100, 120) through the FBG sensor (150); and a means for calculating a maximum strain on the basis of the measured residual strain and a sensitivity coefficient (Csen) obtained through experimentation.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



WO 2015/050355 A1



본 발명은 측정대상의 최대 변형률을 측정할 수 있는 FBG 센서, 센서의 제조방법 및 센서의 사용방법에 관한 것이다. 이를 위해, 내부에 FBG 센서(150)가 구비된 광섬유(130); 일면에 광섬유(130)가 접해지는 제 1 금속박(100); 일면에 면접하는 제 2 금속박(120); 제 1, 2 금속박(100, 120) 사이에 구비되는 접착층(140); FBG 센서(150)를 통해 제 1, 2 금속박(100, 120)의 잔류 변형률을 측정하는 수단; 및 측정된 잔류 변형률 값과 실험으로 구한 감도계수(Csen)에 기초하여 최대 변형률을 산출하는 수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서가 제공된다.

명세서

발명의 명칭: 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서, 제조방법 및 사용방법

기술분야

- [1] 본 발명은 FBG 센서에 관한 것으로, 보다 상세하게는 측정대상의 최대 변형률을 측정할 수 있는 FBG 센서, 센서의 제조방법 및 센서의 사용방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 FBG(Fiber Bragg Grating)센서란 광섬유에 빛을 투과하여 빛의 반사, 굴절, 회절, 투과 현상을 이용하는 것을 말한다. 이러한 FBG 센서는 유리 광섬유에 자외선을 선택적으로 조사하여 굴절률이 주기적으로 미세하게 변하는 패턴을 광섬유의 길이 방향으로 준 것이다.
- [3] 이러한 FBG센서는 광섬유 내부에 필터로서 만들 수 있어 삽입 손실이 작은 특징이 있다. 아울러, 대량 생산의 경우 제조비용이 아주 작고, 필터의 대역폭을 아주 작게 만들 수 있다.
- [4] 그 밖의 FBG 센서의 특징으로는 부식에 의한 열화 가능성이 적어 매립형 계측에 적합(내구성)하며, 광신호를 이용하므로 수분에 의한 이상값 발생이 없다(신뢰성). 광신호에 의해 계측기에 송신되므로 계측장소의 전기장 등의 영향이 없다(특히 고압전력 환경에 용이(내노이즈). 전기 신호와 전기를 이용하지 않으므로 인화물 부근에서도 사용이 자유롭다(방폭성). 광신호는 전송 손실이 극히 적어 수 Km 범위의 계측이 가능하므로 장대 터널 및 대규모 구조물에 활용이 자유롭다(적용성). 극저온(-270도)에서 극고온(수백도)까지 사용이 가능하고 고온다습 및 극저온 및 고온에서 사용이 가능하다(온도성). 특히 FBG 광섬유센서는 기존의 전기식 계측기와 동일하게 콘크리트 내부의 응력을 계측하는 것이 가능하며 혹독한 환경에서도 1년 이상의 계측 기능을 유지할 수 있어 경제성이 매우 높다.
- [5] 이러한 FBG센서는 시간차를 이용한 TDM(Time Division Multiplexing: 시분할 다중화 방식)과 파형의 차이를 이용한 WDM(Wave Division Multiplexing : 파장 분할 다중화 방식)이 있다. 시분할 다중화 방식은 1개의 광섬유에 최대 100개의 FBG센서를 직렬 배치하는 것이 가능하여 심플한 계측 시스템을 구축할 수 있다. 반면, 파장 분할 다중화 방식은 개개의 FBG 고유의 반사파장의 상위로 FBG를 식별하는 방식이며 장거리 계측이 가능하다.
- [6] 최근들어, FBG 센서는 변형률 계측, 균열 진단, 열계측, 압력 모니터링과 같은 구조물 건전도 계측유지관리 기술(Structural Health Monitoring, SHM)분야에서 개발되어졌다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 내전자기성, 작은 크기, 내부식성, 단일 섬유에 대한 센서 다중성 등과 같은 뛰어난 장점 때문이다. 더욱이 FBG

센서는 변형률이나 온도 변화에 대해 뚜렷이 나타내어지는 파라미터의 측정에 사용될 수 있다.

- [7] 종래의 원격통신 광섬유들은 2-3개층의 폴리머층으로 코팅된 실리카 유리섬유로 구성되어진곤 했다. 코팅없는 광섬유는 깨지기 쉽기 때문이다. 폴리머로 코팅된 실리카 섬유는 짧은 기간동안 높은 강성을 제공한다. 그러나, 이러한 섬유들이 습한 환경에서 응력을 받는 경우, 매우 느린 균열의 성장 때문에 오랜시간에 걸쳐 강도 저하가 일어난다. 수분 침투로부터 실리카 유리섬유를 보호하기 위하여, 알루미늄, 인듐, 주석, 안티몬, 아연, 납, 구리, 니켈, 금과 같은 금속코팅이 광섬유에 이루어졌다. 이들 섬유들중 일부는 수분침투에 대해 더 높은 저항성을 나타냈다. 그리고 고분자 코팅 섬유에 비해 획기적으로 더 높은 강성을 나타냈다. 이들 섬유들중 일부는 상대적으로 더 높은 온도를 견딜 수 있다. 한편, 광섬유는 영스 모듈러스(Young's Modulus), 열팽창계수, 포아송비 등과 같은 기계적 특성을 높이기 위해, 그리고 신뢰성을 높이기 위하여 그리고 거친 환경으로부터 보호받기 위하여 코팅된다. 비록 이와 같은 광섬유의 코팅기술이 광섬유의 특성을 개선시키기는 하지만, 코팅된 재료의 잔류 변형률을 이용하여 측정대상의 최대 변형률을 검출하는 기술은 아직 이루어지지 않았다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 따라서, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 잔류 변형률에 의해 측정대상 구조물의 최대 변형률(스트레인)을 측정할 수 있는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서, 제조방법 및 사용방법을 제공하는 것이다.
- [9] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [10] 상기와 같은 본 발명의 목적은, 내부에 FBG센서(150)가 구비된 광섬유(130); 일면에 광섬유(130)가 접해지는 제 1 금속박(100); 일면에 면접하는 제 2 금속박(120); 제 1, 2 금속박(100, 120) 사이에 구비되는 접착층(140); FBG센서(150)를 통해 제 1, 2 금속박(100, 120)의 잔류 변형률을 측정하는 수단; 및 측정된 잔류 변형률 값과 실험으로 구한 감도계수(Csen)에 기초하여 최대 변형률을 산출하는 수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서에 의해 달성될 수 있다.
- [11] 그리고, 제 1, 2 금속박(100, 120)중 적어도 하나는 알루미늄 호일, 강박, 구리박중 하나일 수 있다. 또한, 제 1, 2 금속박(100, 120)중 적어도 하나의 두께는

10 μ m ~ 30 μ m 범위이다. 제 1, 2 금속박(100, 120)중 적어도 하나는 광섬유(130)의 길이방향을 따라 사각 형상인 것이 바람직하다. 아울러, 광섬유(130)는 제 1, 2 금속박(100, 120)중 적어도 하나의 중심선상에 위치한다.

[12] 또한, 제 1, 2 금속박(100, 120)중 어느 하나의 일면과 측정대상을 연결하기 위한 브라켓을 더 포함하는 것이 바람직하다. 그리고, 브라켓은 FBG 센서(150)를 중심으로 대칭적으로 위치하는 한쌍의 브라켓(160a, 160b)인 것이 더욱 바람직하다.

[13] 상기와 같은 본 발명의 목적은, 또 다른 카테고리로서, 제 1 금속박(100)의 일면에 접착제를 도포하여 접착층(140)을 성막하는 단계(S100);

[14] 접착제 위에 FBG 센서(150)가 구비된 광섬유(130)를 접착시키는 단계(S200); 및

[15] 제 1 금속박(100)의 일면에 제 2 금속박(120)을 접착시키는 단계(S300);를 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서의 제조방법에 의해서도 달성될 수 있다.

[16] 그리고, 제 1, 2 금속박(100, 120)을 원하는 형상으로 커팅하는 단계(S400)를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[17] 그 밖의 카테고리로서, 제 1 금속박(100)의 일면에 접착제를 도포하여 접착층(140)을 성막하는 단계(S100); 접착제 위에 FBG 센서(150)가 구비된 광섬유(130)를 접착시키는 단계(S200); 제 1 금속박(100)의 일면에 제 2 금속박(120)을 접착시키는 단계(S300); 및 제 1, 2 금속박(100, 120)을 원하는 형상으로 커팅하는 단계(S400);에 의해 제조된 FBG 센서를 측정대상에 부착하는 단계;

[18] 측정대상이 변형되는 동안 또는 변형된 후 광섬유(130)에 소정의 입력신호를 입력시키는 단계;

[19] 입력신호에 기반한 FBG 센서(150)의 출력신호를 측정하는 단계; 및

[20] 출력신호에 기초하여 상기 측정대상의 잔류 변형률을 측정하는 단계; 및

[21] 측정된 잔류 변형률 값과 실험으로 구한 감도계수(Csen)를 이용하여 최대 변형률을 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서의 사용방법에 의해서도 본 발명의 목적이 달성될 수 있다.

발명의 효과

[22] 본 발명의 일실시예에 따르면, FBG 센서의 특성(내전자기성, 작은 크기, 내부식성 등)을 유지하면서 측정대상의 최대 변형률 계측이 가능해진다. 이로써, 변형률 계측, 균열 진단, 열계측, 압력 모니터링과 같은 구조물 건전도 계측유지관리 기술(Structural Health Monitoring, SHM)분야에 적극적인 활용이 가능하다.

[23] 비록 본 발명이 상기에서 언급한 바람직한 실시예와 관련하여 설명되어 졌지만, 본 발명의 요지와 범위로부터 벗어남이 없이 다른 다양한 수정 및

변형이 가능한 것은 당업자라면 용이하게 인식할 수 있을 것이면, 이러한 변경 및 수정은 모두 첨부된 특허청구 범위에 속함은 자명하다.

도면의 간단한 설명

- [24] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.
- [25] 도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 FBG 센서의 사시도,
- [26] 도 2는 도 1중 A-A 방향의 단면도,
- [27] 도 3은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 FBG 센서의 사시도,
- [28] 도 4는 도 1에 도시된 제 1 실시예를 시편인 CFRP(200)에 부착하여 최대 변형률과 잔류 변형률을 측정하는 상태를 간략하게 나타내는 사용상태도,
- [29] 도 5는 도 4의 측면도,
- [30] 도 6은 도 3에 도시된 제 2 실시예를 시편인 CFRP(200)에 부착하여 최대 변형률과 잔류 변형률을 측정하는 상태를 간략하게 나타내는 사용상태도,
- [31] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 FBG 센서의 제조방법을 나타내는 흐름도,
- [32] 도 8은 본 발명의 제 1 실시예를 이용한 최대 변형률 측정 그래프,
- [33] 도 9는 본 발명의 제 1 실시예를 이용한 변형률 및 잔류 변형률 측정 그래프,
- [34] 도 10은 본 발명의 제 2 실시예를 이용한 최대 변형률 측정 그래프,
- [35] 도 11은 본 발명의 제 2 실시예를 이용한 변형률 및 잔류 변형률 측정 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [36] 본 발명의 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서는, 내부에 FBG 센서(150)가 구비된 광섬유(130), 일면에 상기 광섬유(130)가 접해지는 제 1 금속박(100), 상기 일면에 면접하는 제 2 금속박(120), 상기 제 1, 2 금속박(100, 120) 사이에 구비되는 접착층(140), 상기 FBG 센서(150)를 통해 상기 제 1, 2 금속박(100, 120)의 잔류 변형률을 측정하는 수단 및 상기 측정된 잔류 변형률 값과 실험으로 구한 감도계수(Csen)에 기초하여 최대 변형률을 산출하는 수단을 포함할 수 있다.
- [37] 여기서, FBG 센서(150)는 광섬유(130)의 중간부분에 위치한다. 이러한 FBG 센서(150)를 중심으로 상하로 제 1, 2 금속박(100, 120)이 접해진다. 제 1, 2 금속박(100, 120)과 광섬유(130)는 접착층(140)에 의해 치밀하게 접합된다. 제 1, 2 금속박(100, 120)은 직사각 형태로 커팅되면 중앙 위치에 FBG 센서(150)가 위치하도록 한다.

발명의 실시를 위한 형태

- [38] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 쉽게 실시할 수 있는 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본

발명의 바람직한 실시예에 대한 동작 원리를 상세하게 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

- [39] 또한, 도면 전체에 걸쳐 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용한다. 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 연결되어 있다고 할 때, 이는 직접적으로 연결되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고, 간접적으로 연결되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 포함한다는 것은 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[40] <구 성>

- [41] 도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 FBG 센서(10)의 사시도이고, 도 2는 도 1중 A-A 방향의 단면도이다. 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 광섬유(130)의 중간부분에 FBG 센서(150)가 위치한다. 이러한 FBG 센서(150)를 중심으로 상하로 제 1, 2 금속박(100, 120)이 접해진다. 제 1, 2 금속박(100, 120)과 광섬유(130)는 접착층(140)에 의해 치밀하게 접합된다.

- [42] 제 1, 2 금속박(100, 120) 각각은 두께 $10\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ 범위의 알루미늄 호일이 될 수 있다. 보다 바람직하게는 $15\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 범위의 두께가 될 수 있다. $10\mu\text{m}$ 미만의 두께는 취급시 찢어지거나 제조하기 곤란한 불편함이 있고, $30\mu\text{m}$ 보다 두꺼우면 탄성복원력이 커져서 잔류 변형률을 정확히 측정하기 어려울 수 있다. 본 실시예에서는 약 $18\mu\text{m}$ 두께의 알루미늄 호일을 제 1, 2 금속박(100, 120)에 각각 사용하였다. 따라서, 제 1, 2 금속박(100, 120) 및 접착층(140)을 합한 총두께는 약 $36\mu\text{m}$ 정도이다. 본 실시예에서 알루미늄 호일 대신에 강박 또는 구리박 등이 사용될 수 있다.

- [43] 제 1, 2 금속박(100, 120)은 직사각 형태로 커팅되면 중앙 위치에 FBG 센서(150)가 위치하도록 한다.

- [44] 접착층(140)에 사용하는 접착제로는 KYOWA사의 cyano-acrylate 베이스 CC-33A의 제품을 사용하였다.

- [45] 도 3은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 FBG 센서(20)의 사시도이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 제 1, 2 금속박(100, 120), 접착층(140), 광섬유(130) 및 FBG 센서(150) 등은 제 1 실시예의 구성과 동일하므로 구성 설명은 생략하기로 한다.

- [46] 브라켓(160a, 160b)은 제 1 금속박(100)과 측정대상(200)을 접합하는 기능을 한다. 브라켓(160a, 160b)은 FBG 센서(150)를 중심으로 좌우로 약 2.5 cm 정도 이격된 위치에 대칭적으로 배치한다. 실제로 브라켓(160a, 160b)은 두텁게 도포되어 경화되는 에폭시 레진(KFR-730F 수지 : KFR-730F 경화제 = 100 : 37 비율) 자체가 될 수 있다. 따라서, 측정대상(200)의 응력과 변형률은 브라켓(160a, 160b)을 통해 센서로 전달된다.

[47] <제 조 방 법>

- [48] 이하에서는 상기와 같은 구성을 갖는 제 1, 2 실시예의 제조방법에 대해 첨부된

도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 FBG 센서의 제조방법을 나타내는 흐름도이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 생활속에서 쉽게 구할 수 있는 두께 약 18 μm 의 알루미늄 호일(제 1 금속박, 100)과 길이 약 1 cm 정도의 FBG 센서(150)가 내장된 광섬유(130)를 준비한다. 그 다음, 알루미늄 호일(제 1 금속박, 100)의 일면에 접착제를 도포하여 접착층(140)을 형성한다(S100).

[49] 그 다음, 접착층(140) 위에 FBG 센서(150)가 중앙에 위치하도록 광섬유(130)를 접착시킨다(S200).

[50] 그 다음, 알루미늄 호일(제 1 금속박, 100) 위에 동일한 알루미늄 호일(제 2 금속박, 120)을 덮어 접착시킨다(S300). 변형 제작방법으로서 한장의 커다란 알루미늄 호일을 반으로 접어서 S300 단계를 완성할 수도 있다.

[51] 그 다음, 알루미늄 호일(제 1, 2 금속박, 100, 120)의 주변을 원하는 크기와 형상(예 : 직사각형)으로 커팅하여 완성한다(S400). 이때, 광섬유(130)가 좌우 대칭이 되는 중심선상에 놓이도록 하는 것이 바람직하다.

[52] 그 외에 필요에 따라 도 3에 도시된 제 2 실시예와 같이 브라켓(160a, 160b)을 부착하는 단계를 추가할 수도 있다. 한쌍의 브라켓(160a, 160b)은 중심으로부터 좌우로 약 2.5 cm씩 이격된 위치에 에폭시 레진을 이용하여 부착된다. 이와 같은 단계를 통해 본 발명에 따른 FBG 센서(10, 20)의 제조방법이 완료된다.

[53] <사 용 방 법>

[54] 이하에서는 상기와 같은 제 1, 2 실시예를 이용하여 최대 변형률을 측정하는 사용방법에 대해 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하도록 한다. 우선, 최대 변형률과 잔류 변형률 사이의 감도 계수(Csen)를 다음과 같이 정의한다.

[55] 수학적 식 1

$$C_{sen} = \frac{e_{max}}{e_{res}}$$

[56] 여기서, e_{max} 는 최대 변형률이고, e_{res} 는 잔류 변형률이다. 그 다음, 소정의 시편에 본 발명에 따른 FBG 센서와 스트레인 게이지를 부착한 다음, 인장 시험기에서 인장시험을 한다. 이 때 측정되는 스트레인 게이지의 최대 변형률(e_{max})과 인장시험후 측정되는 FBG 센서의 잔류 변형률(e_{res})을 이용하여 [수학적 식 1]로부터 감도 계수(Csen)를 산출한다. 그 후, 측정 대상 구조물에 FBG 센서를 부착하여 잔류 변형률(e_{res})을 측정하면 미리 산출된 감도 계수(Csen)를 이용하여 [수학적 식 1]로부터 최대 변형률(e_{max})을 얻을 수 있다.

[57] 도 4는 도 1에 도시된 제 1 실시예를 시편인 CFRP(200)에 부착하여 최대 변형률과 잔류 변형률을 측정하는 상태를 간략하게 나타내는 사용상태도이고, 도 5는 도 4의 측면도이다. 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이 감도 계수(Csen)를 산출하기 위한 소정의 시편(200)으로서 탄소섬유 강화 폴리머(CFRP)를

준비한다. 탄소섬유 강화 폴리머(CFRP)는 거의 모든 상용화된 현대적 항공기에서 주된 구조재료로서 사용된다. CFRP와 같은 복합재료의 건전도 상태를 모니터링하기 위하여, 최대 변형률 검출이 매우 중요하다. 왜냐하면 이러한 정보로부터 구조 안전 기준을 결정할 수 있기 때문이다. 카본섬유 강화 폴리머(CFRP) 복합 시편(200)의 크기는 두께 2 mm, 폭 25 mm, 길이 150 mm 이다. CFRP 시편(200)의 상면에는 에폭시 수지를 이용하여 알루미늄 호일 접합된 FBG 센서(10)를 부착하고, 하면에는 5 mm 길이의 전기 스트레인 게이지(250)를 부착한다. 스트레인 게이지(250)의 신호는 별도의 배선(260)을 통해 출력된다.

[58] 도 4 및 도 5와 같이 준비된 시편(200)을 최대 5톤의 하중과 변형을 가하도록 제어할 수 있는 유니버설 테스트 머신(UTM)에 장착하고 도 4의 화살표 방향과 같은 인장력을 가한다. 인장 테스트 동안, 본 발명에 따른 FBG 센서(10)의 데이터는 FBG 인터로게이터(interrogator, CyTroniQ)에 의해 얻어지고, 스트레인 게이지(250)의 데이터는 A/D 트랜스미터(미도시)를 통한 신호 제어기(미도시)에 의해 얻어졌다. 구체적인 실험방법으로써, 변형률은 각 부하단계별로 10회 반복에 걸쳐 측정되었다. 각 부하단계는 100 Kbf이며, 시편(200)상의 FBG 센서(10)에 각 부하를 증가시키고 변형률을 제거하는 것을 반복하였다.

[59] 도 6는 도 3에 도시된 제 2 실시예를 시편인 CFRP(200)에 부착하여 최대 변형률과 잔류 변형률을 측정하는 상태를 간략하게 나타내는 사용상태도이다.

[60] 이와 같은 방법으로 제 1, 2 실시예에 대한 각각의 최대 변형률과 잔류 변형률 그래프가 도 8 ~ 도 11에 도시된다. 즉, 도 8은 본 발명의 제 1 실시예를 이용한 최대 변형률 측정 그래프이고, 도 9는 본 발명의 제 1 실시예를 이용한 변형률 및 잔류 변형률 측정 그래프이며, 도 10은 본 발명의 제 2 실시예를 이용한 최대 변형률 측정 그래프이고, 도 11은 본 발명의 제 2 실시예를 이용한 변형률 및 잔류 변형률 측정 그래프이다. 참고로, 금속박이 없는 상태의 FBG 센서에는 아무런 잔류 변형률을 얻을 수 없었다.

[61] 도 8 및 도 9에서 알 수 있는 바와 같이, 인가되는 인장력의 제 2 단계 부터 잔류 변형률이 남았다. 인장력이 증가할 때마다, 잔류 변형률은 선형적으로 증가하는 결과를 얻었다. 즉, 최대 변형률($e_{\max}$)과 잔류 변형률(e_{res})의 기울기가 각각 5.64 및 0.87 이었고, [수학식 1]에 의할 경우 감도 계수(C_{sen})는 약 6.48 로 산출되었다. 이와 같은 과정을 통해 감도 계수(C_{sen})를 산출할 수 있다.

[62] 이후, 실제 측정하고자 하는 대상에 본 발명에 따른 FBG 센서(10)를 부착하고, 잔류 변형률(e_{res})을 구하면 상기 과정을 통해 산출한 감도 계수(C_{sen})를 함께 이용하여 [수학식 1]로부터 최대 변형률($e_{\max}$)을 산출할 수 있다.

[63] 도 10 및 도 11에서 알 수 있는 바와 같이, 각 단계별로 5회 반복에 걸쳐 변형률이 측정되었다. 인장력이 시편(200)에 인가될 때, 잔류 변형률은 4번째 단계부터 측정되었다. 변형률은 도 8 및 도 9에서와 같이 선형성을 나타내었다. 앞서 도 8 및 도 9의 실험에서 수행한 방법과 동일한 방법으로 최대 변형률($e_{\max}$)과 잔류 변형률(e_{res})의 기울기를 측정한 결과 각각 2.69 및 0.319 이었다. 따라서,

[수학식 1]에 의할 경우 감도 계수(C_{sen})는 약 8.43 으로 산출되었다.

- [64] 도 8 및 도 9의 제 1 실시예와 도 10 및 도 11의 제 2 실시예의 실험 결과 차이는 변형률과 인장력 단계 사이의 비율이다. 예상한 바와 같이, 제 1 실시예(도 8 및 도 9)의 감도계수(C_{sen} , 6.48)는 제 2 실시예(도 10 및 도 11)의 감도계수(C_{sen} , 8.43) 보다 작다. 이는 FBG 센서와 시편(200) 사이의 거리에 관련되는 것으로 볼 수 있다. 즉, 제 1 실시예(도 8 및 도 9)의 경우 FBG 센서와 시편(200) 사이의 거리가 가까워서 감도 계수(C_{sen})가 작게 나타나고, 제 2 실시예(도 10 및 도 11)의 경우 FBG 센서와 시편(200) 사이의 거리가 멀어서 감도 계수(C_{sen})가 크게 나타난다.
- [65] 그리고, 제 1 실시예(도 8 및 도 9)의 잔류 변형률(e_{res})은 0.87 이고, 제 2 실시예(도 10 및 도 11)의 잔류 변형률(e_{res})은 0.319 로서 2배 이상 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서, 분산 감지 분야 혹은 잔류 변형률의 대소, 감도 계수의 대소에 따라 제 1, 2 실시예의 FBG 센서를 적절히 적용하여 사용할 수 있다.
- [66] 위와 같이 설명된 FBG 센서는 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법에 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

청구범위

- [청구항 1] 내부에 FBG센서(150)가 구비된 광섬유(130);
일면에 상기 광섬유(130)가 접해지는 제 1 금속박(100);
상기 일면에 면접하는 제 2 금속박(120);
상기 제 1, 2 금속박(100, 120) 사이에 구비되는 접착층(140);
상기 FBG센서(150)를 통해 상기 제 1, 2 금속박(100, 120)의 잔류 변형률을 측정하는 수단; 및
상기 측정된 잔류 변형률 값과 실험으로 구한 감도계수(Csen)에 기초하여 최대 변형률을 산출하는 수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 제 1, 2 금속박(100, 120)중 적어도 하나는 알루미늄 호일인 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 제 1, 2 금속박(100, 120)중 적어도 하나의 두께는 $10\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ 범위인 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 제 1, 2 금속박(100, 120)중 적어도 하나는 상기 광섬유(130)의 길이방향을 따라 사각 형상인 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 광섬유(130)는 상기 제 1, 2 금속박(100, 120)중 적어도 하나의 중심선상에 위치하는 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 제 1, 2 금속박(100, 120)중 어느 하나의 일면과 측정대상을 연결하기 위한 브라켓을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서.
- [청구항 7] 제 6 항에 있어서,
상기 브라켓은 상기 FBG 센서(150)를 중심으로 대칭적으로 위치하는 한쌍의 브라켓(160a, 160b)인 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서.
- [청구항 8] 제 1 금속박(100)의 일면에 접착제를 도포하여 접착층(140)을 성막하는 단계(S100);
상기 접착제 위에 FBG 센서(150)가 구비된 광섬유(130)를 접착시키는 단계(S200); 및
상기 제 1 금속박(100)의 일면에 제 2 금속박(120)을 접착시키는

단계(S300);를 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서의 제조방법.

[청구항 9]

제 8 항에 있어서,

상기 제 1, 2 금속박(100, 120)을 원하는 형상으로 커팅하는 단계(S400)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서의 제조방법.

[청구항 10]

제 1 금속박(100)의 일면에 접착제를 도포하여 접착층(140)을 성막하는 단계(S100); 상기 접착제 위에 FBG 센서(150)가 구비된 광섬유(130)를 접착시키는 단계(S200); 상기 제 1 금속박(100)의 일면에 제 2 금속박(120)을 접착시키는 단계(S300); 및 상기 제 1, 2 금속박(100, 120)을 원하는 형상으로 커팅하는 단계(S400);에 의해 제조된 FBG 센서를 측정대상에 부착하는 단계;

상기 측정대상이 변형되는 동안 또는 변형된 후 상기

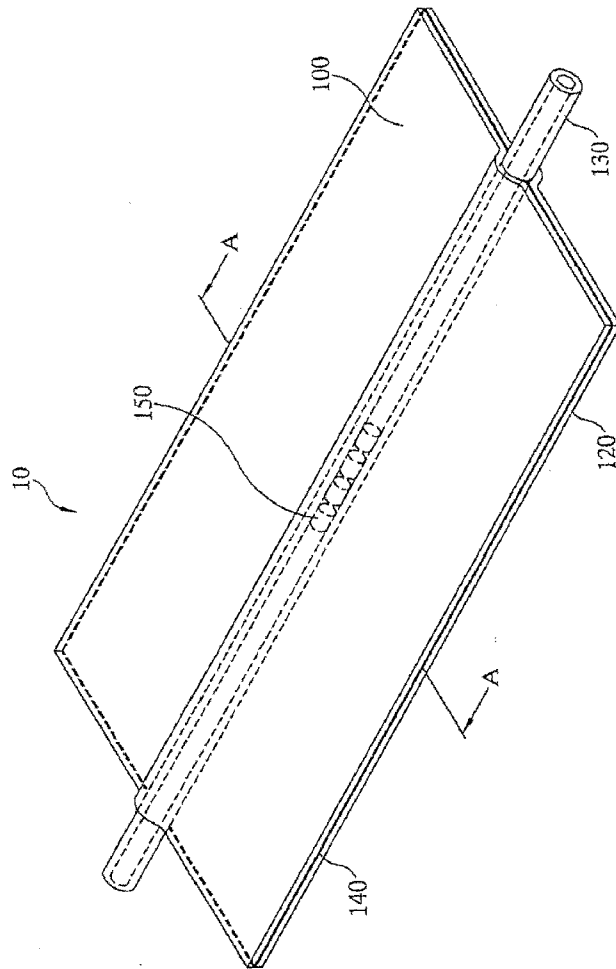
광섬유(130)에 소정의 입력신호를 입력시키는 단계;

상기 입력신호에 기반한 상기 FBG 센서(150)의 출력신호를 측정하는 단계;

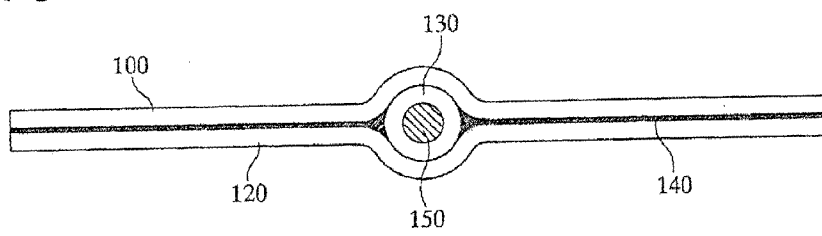
상기 출력신호에 기초하여 상기 측정대상의 잔류 변형률을 측정하는 단계; 및

측정된 잔류 변형률 값과 실험으로 구한 감도계수(Csen)를 이용하여 최대 변형률을 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 최대 변형률 측정을 위한 FBG 센서의 사용방법.

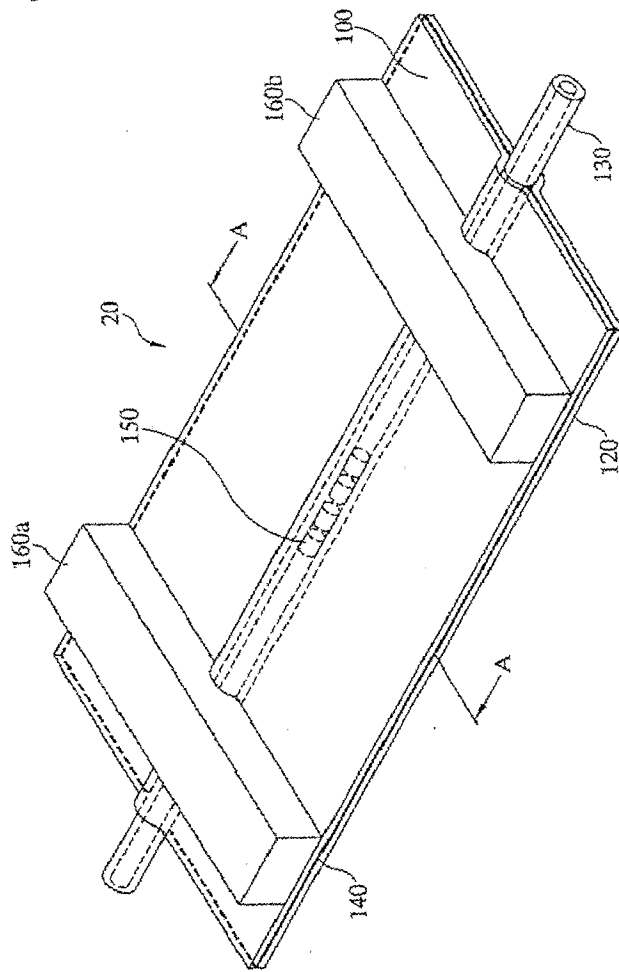
[Fig. 1]



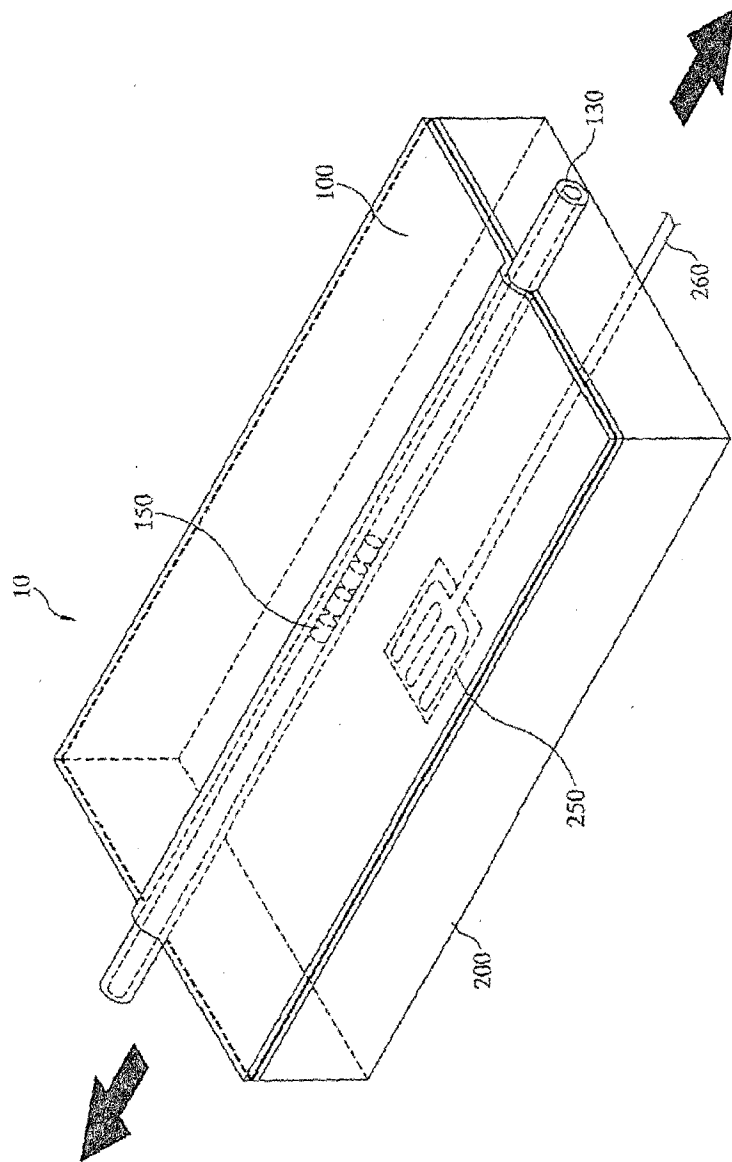
[Fig. 2]



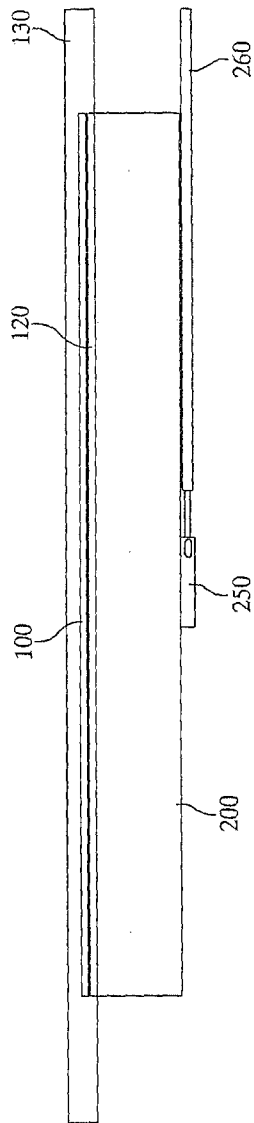
[Fig. 3]



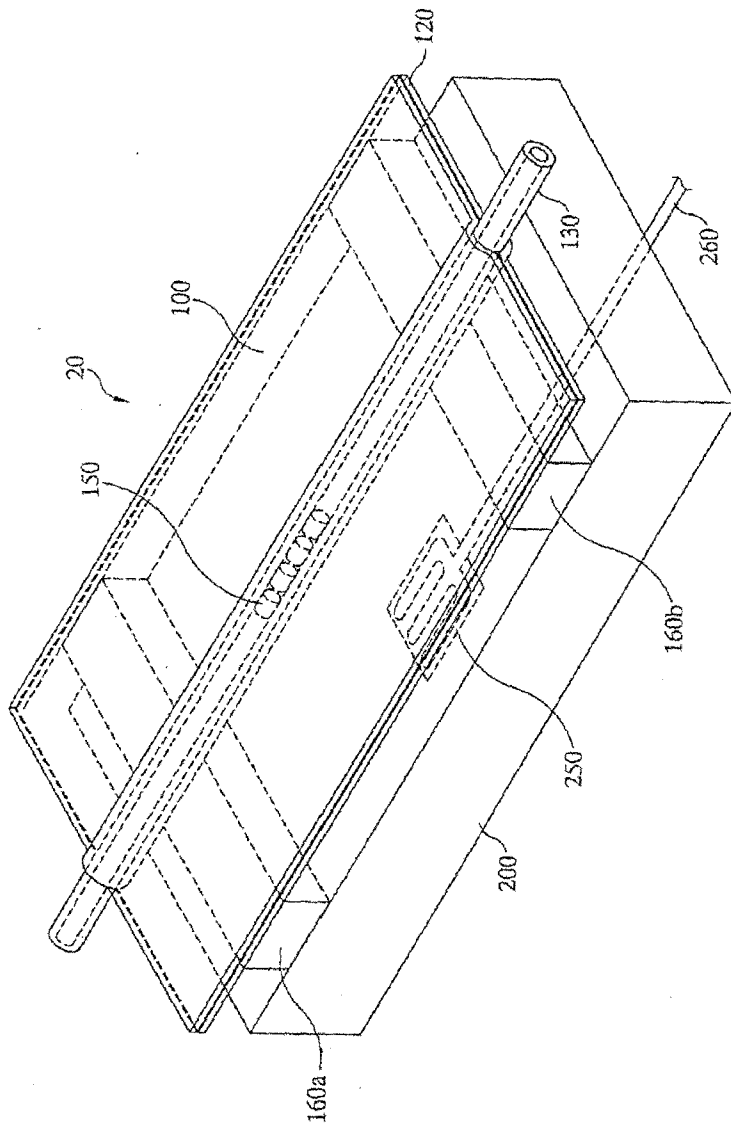
[Fig. 4]



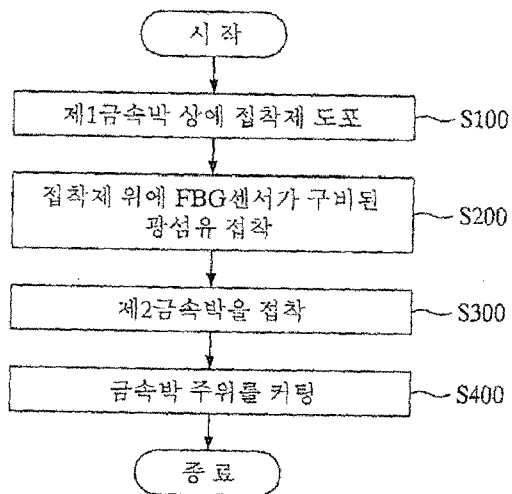
[Fig. 5]



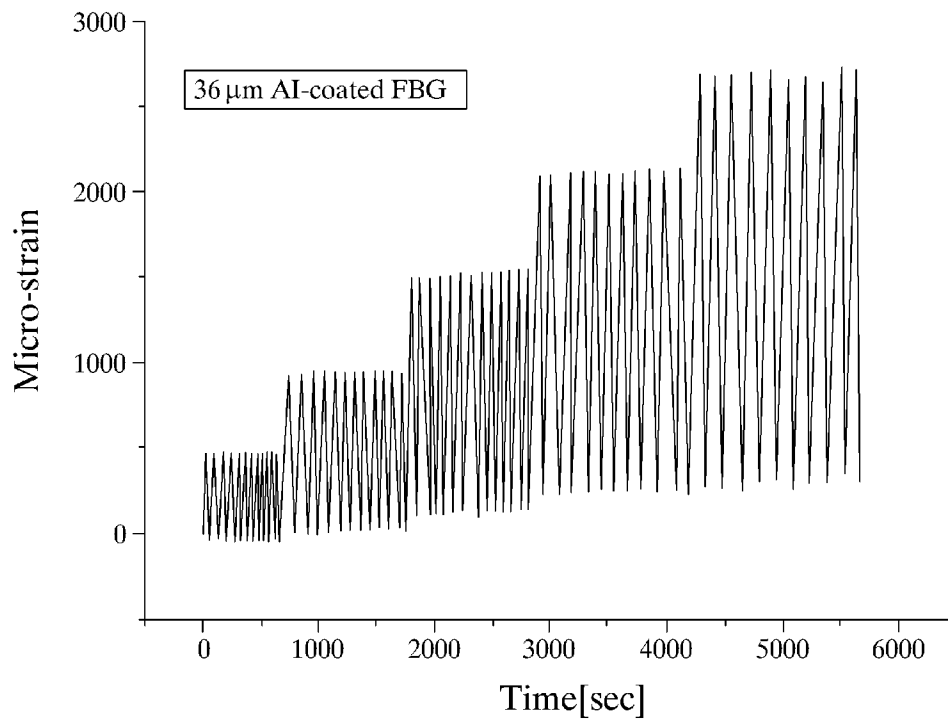
[Fig. 6]



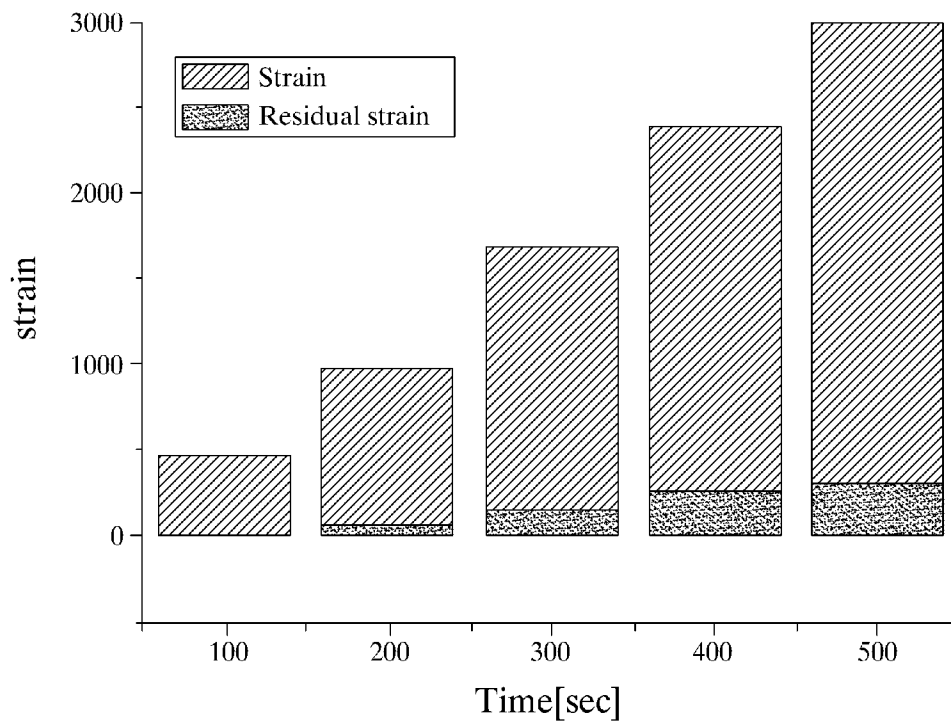
[Fig. 7]



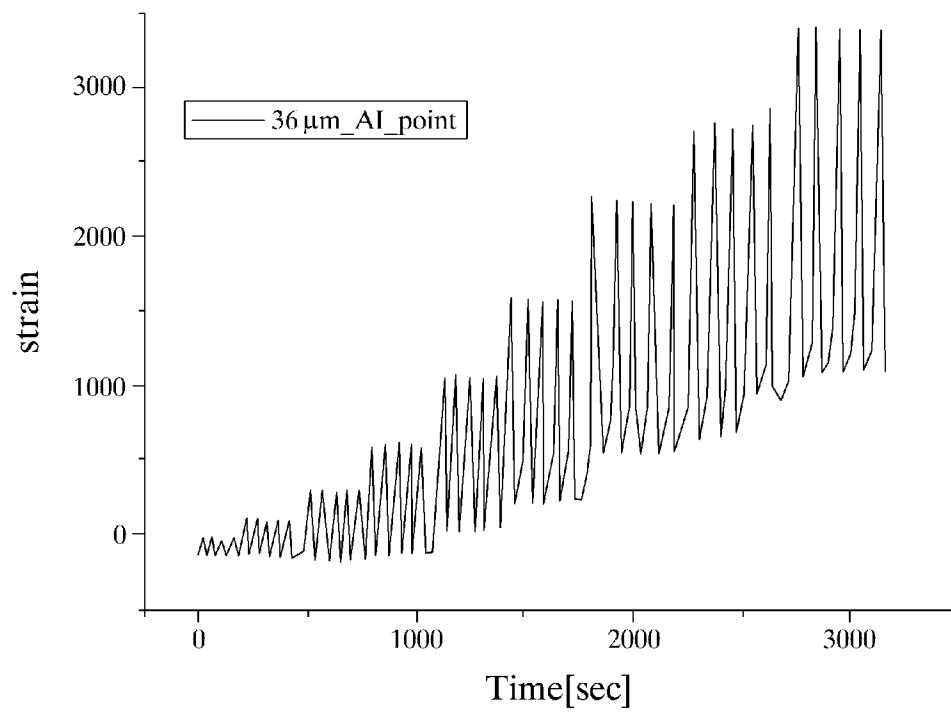
[Fig. 8]



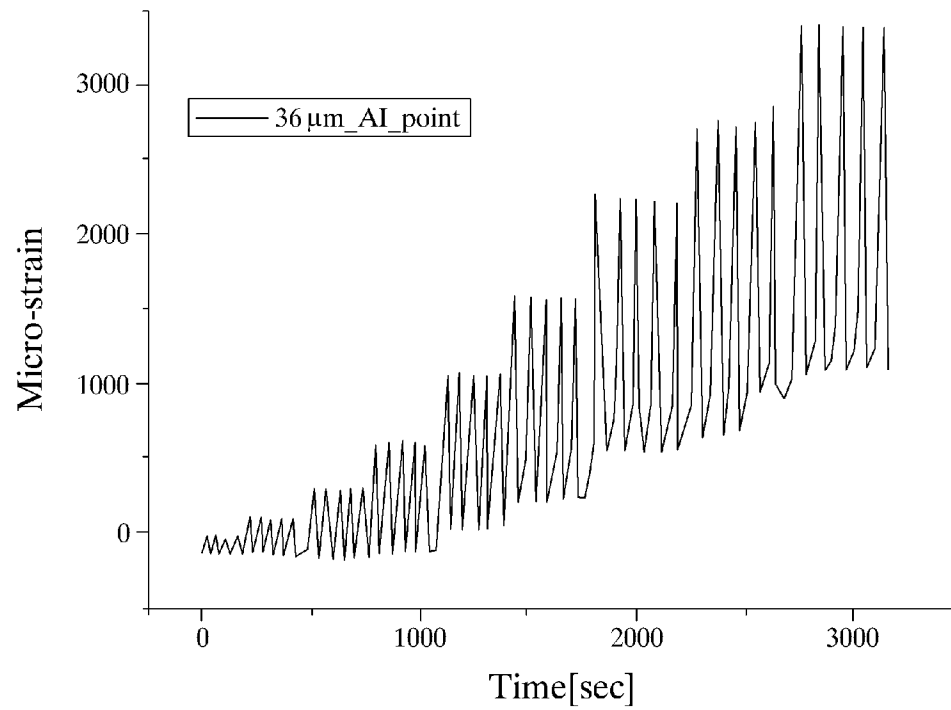
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/009159**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01B 11/16(2006.01)i, G01L 1/24(2006.01)i, G01N 21/41(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B 11/16; G01K 11/12; G01R 33/032; G02B 6/00; G01L 1/24; G01N 21/41

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: optical fiber, optical-lattice, brag, FBG, metal leaf

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-254838 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE) 10 September 2003 See abstract, claim 1, page 3 and figure 1.	1,2,4,8
A	JP 2007-255894 A (TOKYO SOKKI KENKYUSHO CO LTD) 04 October 2007 See abstract, claims 1-2 and figure 1.	1
A	JP 2003-130934 A (HITACHI CABLE LTD et al.) 08 May 2003 See abstract, claim 1 and figure 1.	1
A	KIM, S.W. et al., "Determination of the maximum strains experienced by composite structures using metal coated optical fiber sensors", Composite Science and Technology, April 2013, Vol. 78, pages 48-55. See pages 48-55.	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

08 JANUARY 2015 (08.01.2015)

Date of mailing of the international search report

09 JANUARY 2015 (09.01.2015)

Name and mailing address of the ISA/KR



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

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2014/009159

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2003-254838 A	10/09/2003	NONE	
JP 2007-255894 A	04/10/2007	NONE	
JP 2003-130934 A	08/05/2003	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G01B 11/16(2006.01)i, G01L 1/24(2006.01)i, G01N 21/41(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G01B 11/16; G01K 11/12; G01R 33/032; G02B 6/00; G01L 1/24; G01N 21/41 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 광섬유, 광격자, 브래그, FBG, 금속박		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2003-254838 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE) 2003.09.10 요약, 청구항 1, 페이지 3 및 도 1 참조.	1,2,4,8
A	JP 2007-255894 A (TOKYO SOKKI KENKYUSHO CO LTD) 2007.10.04 요약, 청구항 1-2 및 도 1 참조.	1
A	JP 2003-130934 A (HITACHI CABLE LTD 외 1명) 2003.05.08 요약, 청구항 1 및 도 1참조	1
A	KIM, S.W. et al., `Determination of the maximum strains experienced by composite structures using metal coated optical fiber sensors`, Composite Science and Technology, April 2013, Vol. 78, pages48-55. 페이지 48-55 참조.	1-10
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2015년 01월 08일 (08.01.2015)		국제조사보고서 발송일 2015년 01월 09일 (09.01.2015)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-472-7140		심사관 김홍래 전화번호 +82-42-481-3301 

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2014/009159

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2003-254838 A	2003/09/10	없음	
JP 2007-255894 A	2007/10/04	없음	
JP 2003-130934 A	2003/05/08	없음	