



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0047609
(43) 공개일자 2023년04월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/02 (2022.01) G01L 1/24 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 6/02 (2022.01)
G01L 1/242 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0130660
(22) 출원일자 2021년10월01일
심사청구일자 2021년10월01일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
권민기
광주광역시 북구 첨단연신로 217 첨단2지구중흥에
스클레스 101-1303
안태정
전라남도 나주시 월정1길 10 영무예다음아파트상
가동 102동 702호
(74) 대리인
특허법인지원

전체 청구항 수 : 총 7 항

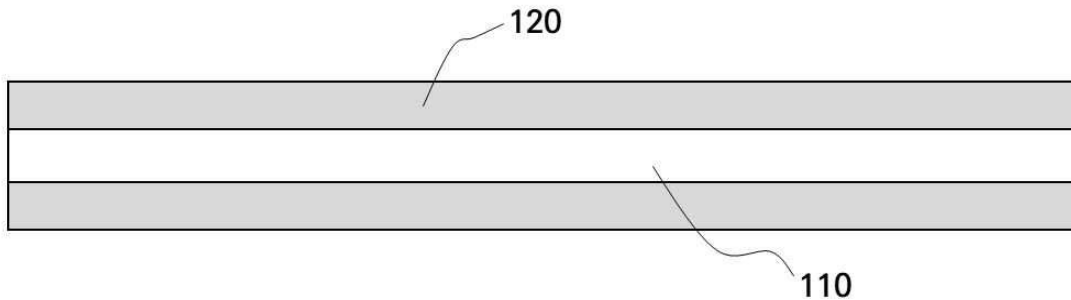
(54) 발명의 명칭 2차원 나노물질 기반 광섬유 및 이를 포함하는 스트레인 센서

(57) 요약

본 발명은 2차원 나노물질을 기반으로 하는 광섬유에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 스트레인 센서에 적용할 수 있는 광섬유에 관한 것이다.

대표도 - 도1

100



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20210404
 과제번호 2021-C-G031-010110
 부처명 교육부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 산학공동기술개발과제
 연구과제명 비접촉식 인체감지 센서
 기 여 율 1/4
 과제수행기관명 조선대학교 산학협력단
 연구기간 2021.05.03 ~ 2021.11.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345315087
 과제번호 2016R1D1A1B01013847
 부처명 교육부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 개인기초연구(교육부)(R&D)(1211100500522400244 6301)
 연구과제명 가상현실 구현 디스플레이를 위한 초고속 초소형 LED 연구
 기 여 율 1/4
 과제수행기관명 조선대학교 산학협력단
 연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415167493
 과제번호 20194030202410
 부처명 산업통상자원부
 과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
 연구사업명 에너지인력양성(에특)
 연구과제명 태양열 기반 계간축열 시스템 최적화 기술 고급트랙
 기 여 율 1/4
 과제수행기관명 조선대학교 산학협력단
 연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345341782
 과제번호 2021RIS-002
 부처명 교육부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 지자체-대학협력기반지역혁신사업
 연구과제명 (광주전남지역혁신플랫폼)전남대학교
 기 여 율 1/4
 과제수행기관명 광주전남지역혁신플랫폼 미래형운송기기육성사업단
 연구기간 2021.06.01 ~ 2022.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

코어(Core); 및

상기 코어 상에 형성되는 2차원 나노물질로 구성된 클래딩을 포함하는,
광섬유.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 코어의 직경은 40 내지 100 μm 인 것인,
광섬유.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 코어는 규소 산화물(Silica)인 것인,
광섬유.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 클래딩은 상기 코어보다 굴절률이 낮은 것인,
광섬유.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 2차원 나노물질은 MoS_2 , MoSe_2 , TeS , TeSe_2 , WS_2 및 $\text{Mo}_x\text{W}_{1-x}\text{S}_2$ ($0 < x < 1$), $\text{Mo}_x\text{Te}_{1-x}\text{S}_2$ ($0 < x < 1$), $\text{Mo}_x\text{W}_{1-x}\text{Se}_2$ ($0 < x < 1$), $\text{Mo}_x\text{Te}_{1-x}\text{Se}_2$ ($0 < x < 1$) 로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상인 것인,
광섬유.

청구항 6

(a) 광섬유의 클래딩을 식각하는 단계; 및

(b) 상기 광섬유의 코어 상에 2차원 나노물질을 형성하는 단계를 포함하는 광섬유의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 2차원 나노물질은 MoS_2 , MoSe_2 , TeS , TeSe_2 , WS_2 및 $\text{Mo}_x\text{W}_{1-x}\text{S}_2$ ($0 < x < 1$), $\text{Mo}_x\text{Te}_{1-x}\text{S}_2$ ($0 < x < 1$), $\text{Mo}_x\text{W}_{1-x}\text{Se}_2$ ($0 < x < 1$), $\text{Mo}_x\text{Te}_{1-x}\text{Se}_2$ ($0 < x < 1$)로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상인 것인,

광섬유의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 2차원 나노물질을 기반으로 하는 광섬유에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 스트레인 센서에 적용할 수 있는 광섬유에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 광섬유(optical fiber)를 이용해 특정한 물리량을 측정하는 기술은 오래전부터 알려져 있었고, 이미 널리 상용화가 되어 있다. 광섬유를 통해 전파되는 빛이 외부 물리량 변화에 의해 세기 또는 파장의 변화를 겪게 되고 이를 광전 변환기 등을 통해 전기 신호로 바꾸어 분석함으로써, 광섬유를 통해 물리량을 측정할 수 있다.

[0003] 광섬유 센서의 일례로서, 광섬유 격자(grating) 기반 센서가 있으며, 광섬유 격자 기반 센서는 광섬유 내부 코어에 굴절율이 조금씩 상이한 격자를 형성하여 광섬유 내부를 도파하는 일부 파장을 반사키는 역할을 하는 광섬유 수동소자이다.

[0004] 그러나, 광섬유 격자 기반 센서는 그 구조가 복잡하며, 제조 비용이 고가인 점에서 한계가 존재한다. 특히, 격자 기반의 스트레인 센서의 경우 격자의 높은 균일성이 요구되며 외부의 온도 등에 의해 격자의 간격이 변하게 되어 정확한 스트레인 변화에 수치에 오류를 발생하기도 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2089014호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 광섬유 코어 상에 별도의 격자를 형성하지 않고, 단순한 공정으로 광섬유 및 이를 기반으로 하는 스트레인 센서를 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 목적들을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 광섬유는 코어(Core); 및 상기 코어 상에 형성되는 2차원 나노물질로 구성된 클래딩을 포함한다.

[0009] 상기 코어의 직경은 40 내지 100 μm 일 수 있다.

[0010] 상기 코어는 단일 모드의 규소 산화물(Silica), 다중 모드의 규소 산화물(Silica) 또는 플라스틱 섬유 일 수 있다.

[0011] 상기 클래딩은 상기 코어보다 굴절률이 낮은 것일 수 있다.

[0012] 상기 2차원 나노물질은 MoS_2 , MoSe_2 , TeS , TeSe_2 , WS_2 및 $\text{Mo}_x\text{W}_{1-x}\text{S}_2$ ($0 < x < 1$)로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상의 화합물일 수 있다

[0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 광섬유의 제조방법은 (a) 광섬유의 클래딩을 식각하는 단계; 및 (b) 상기 광섬유의 코어 상에 2차원 나노물질을 형성하는 단계를 포함한다.

[0015] 상기 2차원 나노물질은 MoS_2 , MoSe_2 , TeS , TeSe_2 , WS_2 및 $\text{Mo}_x\text{W}_{1-x}\text{S}_2$ ($0 < x < 1$)로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상일 수 있다.

[0017] 상기한 목적들을 달성하기 위한 구체적인 사항들은 첨부된 도면과 함께 상세하게 후술될 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.

[0018] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라, 서로 다른 다양한 형태로 구성될 수 있으며, 본 발명의 개시가 완전하도록 하고 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자(이하, "통상의 기술자")에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해서 제공되는 것이다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 광섬유 코어 상에 별도의 격자를 형성하지 않고, 단순한 공정으로 광섬유 및 이를 기반으로 하는 스트레인 센서를 제공할 수 있는 효과가 있다.

[0020] 또한, 본 발명은 별도의 격자를 형성하지 않는 것이며, 스트레인 변화에 따른 수치의 오류 발생이 없는 스트레인 센서를 제공할 수 있는 효과가 있다.

[0021] 또한, 본 발명은 스트레인 센서 제조시 광섬유 격자 형성에 필요한 고가의 레이저 장비를 필요로 하지 않으므로 가격 경쟁력이 우수하며, 외부 변화에 대한 영향력을 받지 않는 효과가 있다.

[0022] 또한, 본 발명은 격자의 변형 등에 의한 왜곡이 없기 때문에 굴곡 면의 변형을 재는 것도 가능한 스트레인 센서를 제공할 수 있는 효과가 있다.

[0023] 또한, 본 발명은 코팅을 통하여 광섬유 및 스트레인 센서의 제작이 가능한 바, 대량 생산이 가능한 효과가 있다.

[0024] 본 발명의 효과들은 상술된 효과들로 제한되지 않으며, 본 발명의 기술적 특징들에 의하여 기대되는 잠정적인 효과들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광섬유의 측면 단면도를 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 일 형태에 따른 광섬유의 정면 단면도를 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 광섬유의 단면 SEM 이미지를 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 광섬유의 Raman 분석 결과를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 광섬유의 응력 변화에 따른 광세기 변화 분석 결과를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고, 여러 가지 실시예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세히 설명하고자 한다.

[0027] 청구범위에 개시된 발명의 다양한 특징들은 도면 및 상세한 설명을 고려하여 더 잘 이해될 수 있을 것이다. 명세서에 개시된 장치, 방법, 제법 및 다양한 실시예들은 예시를 위해서 제공되는 것이다. 개시된 구조 및 기능상의 특징들은 통상의 기술자로 하여금 다양한 실시예들을 구체적으로 실시할 수 있도록 하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 개시된 용어 및 문장들은 개시된 발명의 다양한 특징들을 이해하기 쉽게 설명하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다.

[0028] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0029] 이하, 본 발명의 일 형태에 따른 광섬유를 설명한다.
- [0031] 도 1은 본 발명의 일 형태에 따른 광섬유의 측면 단면도를 도시한 것이며, 도 2는 본 발명의 일 형태에 따른 광섬유의 정면 단면도를 도시한 것이다.
- [0032] 본 발명의 일 형태에 따른 광섬유(100)는 코어(Core)(110); 및 코어 상에 형성되는 클래딩(cladding)(120)을 포함한다.
- [0033] 광섬유(100)는 코어(110); 및 클래딩(120) 뿐만아니라, 클래딩(120) 상에 형성되어 코어(110)와 클래딩(120)을 보호하는 코팅층 내지 보호층을 더 포함하는 것일 수 있으며, 이에 제한되지 않고, 도 1 및 도 2에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 다른 구성요소들을 더 포함하는 것일 수 있다.
- [0034] 코어(110)의 직경은 8 내지 100 μm 일 수 있으며, 바람직하게는 40 내지 100 μm 일 수 있다.
- [0035] 코어(110)는 석영계 유리, 실리카(Silica)계 유리 또는 플라스틱 일 수 있으며, 보다 바람직하게는 코어(110)는 단일 모드의 규소 산화물(Silica), 다중 모드의 규소 산화물(Silica) 또는 플라스틱 섬유일 수 있으며, 응력에 따른 굴절률이 변화하지 않는 물질이면 제한되지 않는다.
- [0036] 클래딩(120)은 코어(110)보다 굴절률이 낮은 것일 수 있으며, 코어(110) 보다 굴절률이 작게 형성됨에 따라, 코어(110) 및 클래딩(120)의 경계에서 광(light)의 전반사가 발생할 수 있다.
- [0037] 클래딩(120)의 직경은 $125 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [0038] 클래딩(120)은 2차원 나노물질로 구성되는 것일 수 있다.
- [0039] 상기 2차원 나노물질은 응력에 의하여 팽창되거나 수축되면 밴드갭(band gap)의 변화가 발생되며 이에 따라 굴절률의 변화가 야기된다. 이는, 클래딩(120)의 굴절률의 변화에 의하여, 광섬유(100)에 입사되어 출력되는 광(light)의 세기가 변화하게 되며, 이를 통하여 상기 응력의 변화를 측정할 수 있는 것이다.
- [0040] 상기 2차원 나노물질은 MoS_2 (molybdenum disulfide), MoSe_2 (molybdenum diselenide), TeS (tellurium(II) sulfide), TeSe_2 (tellurium selenium), WS_2 (tungsten sulfide) 및 $\text{Mo}_x\text{W}_{1-x}\text{S}_2$ ($0 < x < 1$)로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상일 수 있으며, MoS_2 의 굴절률 보다 작은 물질인 경우에는 이에 제한되지 않는다.
- [0042] 본 발명의 일 형태에 따른 광섬유의 제조방법은 (a) 광섬유의 클래딩을 식각하는 단계; (b) 상기 광섬유의 코어 상에 2차원 나노물질을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0044] 상기 (a) 단계에서, 상기 광섬유는 코어(Core)(110); 및 코어 상에 형성되는 클래딩(cladding)(120)을 포함한다.
- [0045] 코어(110)의 직경은 8 내지 100 μm 일 수 있으며, 바람직하게는 40 내지 100 μm 일 수 있다.
- [0046] 코어(110)는 석영계 유리, 실리카(Silica)계 유리 또는 플라스틱 일 수 있으며, 보다 바람직하게는 코어(110)는 단일 모드의 규소 산화물(Silica), 다중 모드의 규소 산화물(Silica) 또는 플라스틱 섬유일 수 있으며, 응력에 따른 굴절률이 변화하지 않는 물질이면 제한되지 않는다.
- [0047] 클래딩(120)은 코어(110)보다 굴절률이 낮은 것일 수 있으며, 코어(110) 보다 굴절률이 작게 형성됨에 따라, 코어(110) 및 클래딩(120)의 경계에서 광(light)의 전반사가 발생할 수 있다.
- [0048] 클래딩(120)의 직경은 $125 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [0049] 클래딩(120)은 2차원 나노물질로 구성되는 것일 수 있다.
- [0050] 상기 (a) 단계에서, 상기 광섬유의 식각은 불화수소(HF)를 이용하는 것일 수 있으며, 상기 광섬유의 코어(110)가 노출될 때까지 식각을 수행하는 것일 수 있다.
- [0051] 상기 (b) 단계에서, 상기 2차원 나노물질은 박막(layer)의 형태로 상기 광섬유의 코어 상에 형성되는 것일 수

있으며, 식각된 광섬유에 대하여 새로운 클래딩층을 제공하는 것일 수 있다.

[0052] 상기 (b) 단계에서, 상기 2차원 나노물질은 MoS_2 (molybdenum disulfide), MoSe_2 (molybdenum diselenide), TeS (tellurium(II) sulfide), TeSe_2 (tellurium selenium), WS_2 (tungsten sulfide) 및 $\text{Mo}_x\text{W}_{1-x}\text{S}_2$ ($0 < x < 1$)로 이루어진 군에서 선택되는 1 이상일 수 있으며, MoS_2 의 굴절률 보다 작은 물질인 경우에는 이에 제한되지 않는다.

[0053] 상기 (b) 단계에서, 상기 2차원 나노물질 박막은 화학기상증착법 또는 수열합성법에 의해서 제조되는 것일 수 있다.

[0055] 본 발명의 일 형태에 따른 스트레인 센서는 본 발명의 광섬유(100)를 포함한다.

[0056] 상기 스트레인 센서는 광섬유(100); 및 광섬유(100)의 일단에 형성된 반사코팅부를 포함한다.

[0057] 상기 스트레인 센서의 타단은 소스 광(source light)이 입사되고, 상기 반사코팅부에 의하여 반사되는 반사광이 출력(Output)되며, 광섬유(100)의 타단으로부터 입사되는 소스 광은 광섬유(100)에 인가되는 응력에 따라 입사되는 광과 출력되는 광의 세기가 달라질 수 있으며, 이에 따라 응력의 변화를 측정할 수 있다.

[0059] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 상세히 설명한다. 실시예는 본 발명의 예시일 뿐, 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니다.

[0061] 제조예. MoS_2 박막의 제작

[0062] MoS_2 박막은 화학기상증착법이나 수열합성법을 이용한다. 화학기상증착법은 선택적 위치에 MoS_2 박막을 성장시키기 위해서 포토리소그래피 공정을 통해 포토레지스트로 패터닝 후 사파이어 기판 위에 Mo를 전자빔증착방법으로 1 내지 10 nm 정도 증착한 후 포토레지스트를 제거하였다. 이후, 직사각형 모양의 Mo 패턴들을 600 내지 800 °C 의 고온에서 유황처리(Sulfurization)하여 MoS_2 박막을 합성하였다.

[0063] 사파이어 기판위에 성장된 MoS_2 를 폴리머인 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA)를 이용하여 홀딩하고 BOE(Buffered Oxide Etch)에 담아 기판을 제거하였다. BOE가 MoS_2 와 PMMA의 계면에 침투하여 분리를 일으킨다. 이후, PMMA와 MoS_2 박막은 유연한 특성을 가지므로 이를 DI water로 이송한다.

[0065] 실시예. 광섬유 제작

[0066] 실리카(silica) 코어와 클래딩을 갖는 광섬유의 클래딩을 HF과 DI water 1:1(v:v)로 혼합한 용액에 담지하여, 클래딩을 10 $\mu\text{m}/\text{min}$ 이상의 속도로 식각하여 코어를 노출시킨 후, 노출된 코어의 직경이 40 μm 정도 될 때까지 식각을 진행한다.

[0067] 식각된 광섬유의 코어 위에 용액 상에서 상기 제조예에서 제작된 MoS_2 를 전사하여 클래딩 층으로서 MoS_2 층이 형성된 광섬유를 제작한다.

[0069] 실험예. 광섬유 표면 관찰

[0070] 상기 실시예에 따른 광섬유에 대하여 MoS_2 클래딩이 형성된 광학현미경 이미지 분석을 하였으며, 이를 도 3에 도시하였다.

[0071] 도 3의 (a)는 저배율 이미지이며, 도 3의 (b)는 고배율 이미지이다.

[0072] 도 3을 참조하면, 코어 상에 클래딩으로서 MoS_2 가 형성되었음을 확인할 수 있다(도 3의 (b) Red Box 참조).

[0074] **실험예. Raman 분석**

[0075] 상기 실시예에 따른 광섬유에 대하여 Raman 분석을 수행하였으며, 분석 결과를 도 4에 도시하였다.

[0076] 도 4를 참조하면, 'Before Transfer' 는 MoS₂를 클래딩으로 전사하지 않은 광섬유의 Raman 분석 결과이며, 'After Transfer' 는 상기 실시예에 따른 MoS₂를 클래딩으로 전사한 광섬유의 Raman 분석 결과이다.

[0077] 도 4를 참조하면, Raman spectra 특성을 통하여 MoS₂ 클래딩이 전사되었음을 확인할 수 있다.

[0079] **실험예. Strain 변화에 따른 광세기 변화**

[0080] 상기 실시예에 따른 광섬유를 스트레인 센서로 적용하여, 응력(strain) 변화에 따른 광세기의 변화를 도 5에 도시하였다.

[0081] 도 5를 참조하면, 응력의 변화에 따른 광세기의 변화가 발생되었음을 확인할 수 있으며, 응력이 발생하게 되면 코어의 굴절률은 변하지 않지만 코팅된 클래딩 MoS₂ 박막의 굴절률은 변하게 된다. 내부 전반사 및 계면에서 반사는 굴절률 차이에 의해 영향을 받기 때문에 응력에 의해 굴절률이 변하게 되면 이로 인한 광손실이 발생하게 되고, 이를 통해 응력의 크기, 양 또는 응력의 가해지는 반복률을 측정할 수 있다. 이에 따라 스트레인 센서로의 이용이 가능함을 확인할 수 있다.

[0083] 이상의 설명은 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 통상의 기술자라면 본 발명의 본질적인 특징이 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능할 것이다.

[0084] 본 명세서에 개시된 다양한 실시예들은 순서에 관계없이 수행될 수 있으며, 동시에 또는 별도로 수행될 수 있다.

[0085] 일 실시예에서, 본 명세서에서 설명되는 각 도면에서 적어도 하나의 단계가 생략되거나 추가될 수 있고, 역순으로 수행될 수도 있으며, 동시에 수행될 수도 있다.

[0086] 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라, 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예들에 의하여 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

[0087] 본 발명의 보호범위는 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

부호의 설명

[0088] 100: 광섬유

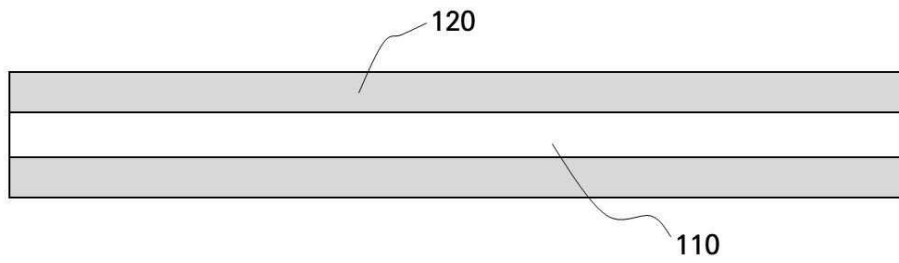
110: 코어

120: 클래딩

도면

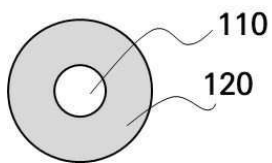
도면1

100

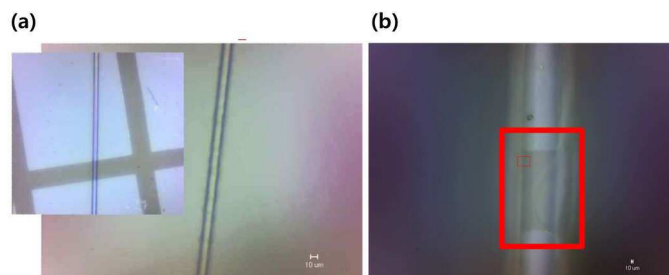


도면2

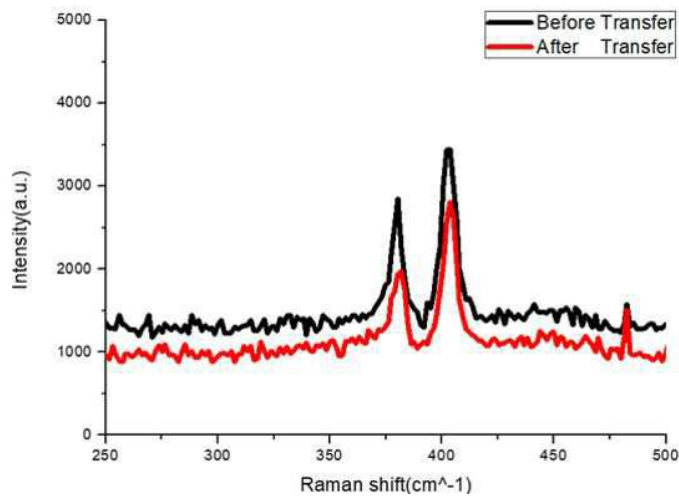
100



도면3



도면4



도면5

