(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0043773
(43) 공개일자 2015년04월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/13 (2006.01) *G02B 6/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0122586
(22) 출원일자 2013년10월15일
심사청구일자 2013년10월15일

(71) 출원인
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095 (신당동)
(72) 발명자
박재희
대구 달서구 학산로2길 24, 103동 609호 (월성동, 월성청구타운)
신종덕
서울특별시 동작구 상도로 369
(74) 대리인
김일환

전체 청구항 수 : 총 4 항

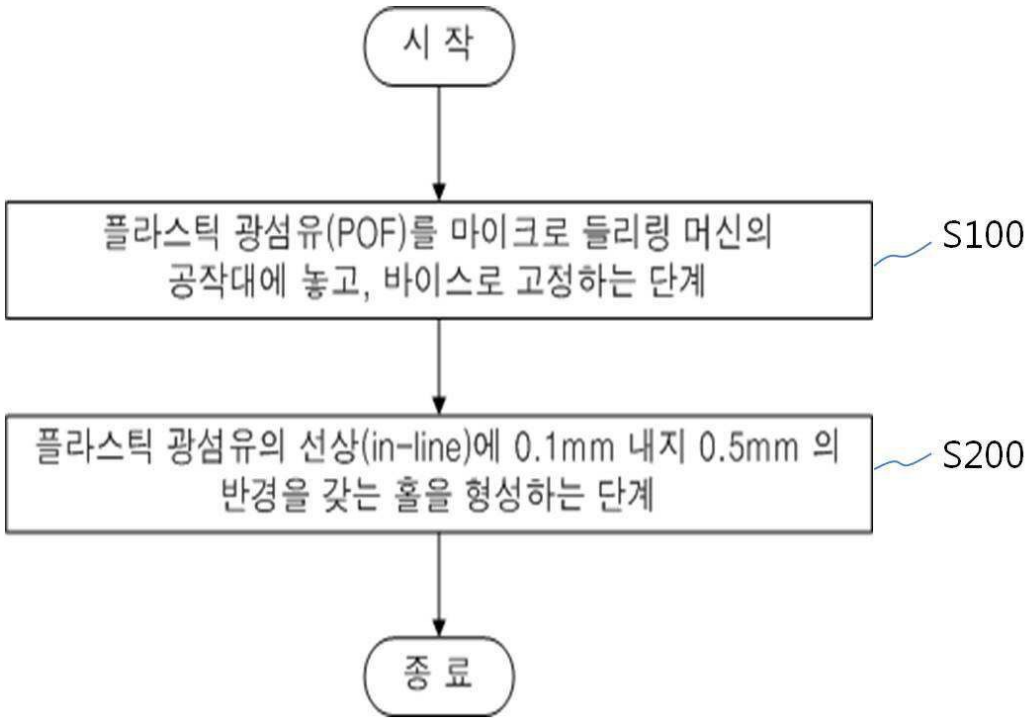
(54) 발명의 명칭 **선상 홀이 형성된 센서용 플라스틱 광섬유 제조방법 및 이 방법으로 제조된 플라스틱 광섬유를 사용하는 플라스틱 광섬유 센서**

(57) 요 약

본 발명은 선상 홀이 형성된 센서용 플라스틱 광섬유 제조방법 및 이 방법으로 제조된 광섬유를 사용하는 광섬유 센서에 관한 것으로, 플라스틱 광섬유(POF)유를 마이크로 드릴링 머신의 공작대에 놓고, 상기 플라스틱 광섬유를 바이스로 고정하는 단계와; 상기 바이스로 고정한 상기 플라스틱 광섬유의 선상(in-line)에 상기 마이크로 드릴

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



링 머신으로 0.1㎜ 내지 0.5㎜의 반경을 갖는 홀을 형성하는 단계를 포함한다.

이와 같은 본 발명은 제조방법이 간단할 뿐만 아니라, 제조단가가 낮으면서 센서 성능을 높일 수 있는 센서용 선상 홀이 형성된 플라스틱 광섬유의 제조방법을 제공한다.

또한, 이와 같은 방법으로 제조된 플라스틱 광섬유를 이용하여 매우 소형의 굴절률 센서 또는 분산 센서에 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 근거리 통신망의 선상 광 감쇄기(in-line attenuator) 등 다양한 제품에 사용할 수 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2013R1A1A2006308
부처명	교육과학기술부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	한국연구재단 기초연구사업
연구과제명	옆면공기구멍기반의 플라스틱 광섬유 센서
기 여 율	1/1
주관기관	계명대산학협력단
연구기간	2013.06.01 ~ 2016.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

플라스틱 광섬유(POF)유를 마이크로 드릴링 머신의 공작대에 놓고, 상기 플라스틱 광섬유를 바이스로 고정하는 단계와;

상기 바이스로 고정한 상기 플라스틱 광섬유의 선상(in-line)에 상기 마이크로 드릴링 머신으로 0.1mm 내지 0.5mm의 반경을 갖는 홀을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 선상 홀이 형성된 센서용 플라스틱 광섬유 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

상기 홀을 적어도 2개 이상 형성하는 것을 특징으로 하는 선상 홀이 형성된 센서용 플라스틱 광섬유 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 드릴링 머신의 드릴은 엔드밀(End Mill) 비트를 사용하는 것을 특징으로 하는 선상 홀이 형성된 센서용 플라스틱 광섬유 제조방법.

청구항 4

상기 제1항 내지 3항 중 어느 한 항의 방법으로 제조된 광섬유가 사용되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 광섬유 센서.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 센서용 플라스틱 광섬유 제조방법 및 이를 사용하는 광섬유 센서에 관한 것으로, 보다 상세하게는 밀리미터이하 선상 홀이 형성된 센서용 플라스틱 광섬유 제조방법 및 이 방법으로 제조된 플라스틱 광섬유를 사용하는 플라스틱 광섬유 센서에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 플라스틱 광섬유(Plastic Optical Fiber: POF) 는 근거리 통신망과 저사양 제품 및 일회용 센서 제품 등에 사용되는 가격이 싸고, 효과적인 결합, 가벼운 무게, 전자기파 간섭에 무관, 우수한 가공성 등 많은 이점이 있다. 대부분의 상업용 POF들은 코어 및 클래딩의 굴절률이 각각 1.49 및 1.41인 1 밀리미터 내외의 코어 직경을 갖는 PMMA로 제조된 것들이다. POF의 손실이 가장 낮은 영역은 가시광선 영역으로써 저렴한 광원들을 손쉽게 구할 수가 있고, 또한 다중모드에서 동작하므로 POF 센서들은 대부분의 경우에 광 강도세기의 변화를 사용하므로 회로가 간단한 장점이 있다.

[0003] 현재까지 제안된 POF 기반의 센서들은 다음과 같다. 벤딩형 센서는 주변에 인가되는 압력에 따라 벤딩이 커지고 이로 인하여 수신 광 강도가 작아지는 현상을 이용한 센서이다. 이 센서를 사용하여 운전자 아귀힘, 굴절률, 주

위 압력 등을 측정하였다. 테이퍼형 센서는 광섬유를 테이퍼링하여 만들며 주변 매질의 굴절률에 따라 테이퍼 영역에서 발생하는 굴절에 의해 광 파워의 감쇄를 이용하는 센서로서 이를 이용하여 굴절률, 가스의 양, 화학물질의 양 등의 측정에 사용되었다. 측면 가공형은 광섬유 측면을 코어의 일정한 깊이까지 폴리싱하여 만들며 매질에 따라 이 부분에서 발생하는 광 파워 감쇄를 이용하는 센서이다. 이 센서도 굴절률 측정, liquid level 측정 등에 활용 되었다. 표면 플라즈몬 공명형은 측면 폴리싱한 POF위에 버퍼층과 금속층을 증착하여 제작하며 매질의 굴절률에 따라 변하는 공명 파장을 이용한 센서이다. 이 센서도 역시 굴절률, 화학 물질의 양 등을 측정하는데 응용 되었다.

[0004] 이상의 센서 구조들은 센서의 길이가 수 센티미터에서 수십 센티미터로 길며, 감도가 낮거나, 센서 제작이 어렵거나, 센서제작에 매우 비싼 장비를 필요로 한다.

[0005] 소형이며 보다 간단한 홀 기반 센서 구조들로는 단일 모드 실리카 광섬유를 사용하는 것인데, 제작 장비로서 펨토초 레이저를 사용하여 단일모드 실리카 광섬유에 10㎛ 또는 그 이하의 직경을 갖는 홀을 제작하는 것이다. 그 중의 한 방법은 펨토초 레이저를 광섬유 축에 수직한 방향에 조사하여 홀을 제작하는 데 이 경우에는 고깔형(Conical) 홀이 형성되어 윗부분은 뚫려 있고 아랫부분은 막힌 구조가 된다. 반면에 펨토초 레이저로 홀을 만든 후에 화학적으로 식각하면 직경이 일정하며 광섬유를 관통하는 홀을 제작할 수 있다. 이 센서들은 단일모드 실리카 광섬유를 사용하여 마이크로 홀을 제작하기 때문에 홀이 너무 작아서 측정에 부정확한 결과를 나타낼 수도 있으며, 고가의 장비가 필요하고 제작 과정이 복잡하다는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2010-0095252호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상술한 문제를 해결하고자 하는 본 발명의 과제는 제조방법이 간단할 뿐만 아니라, 제조단가가 낮으면서 센서 성능을 높일 수 있는 선상 홀이 형성된 센서용 플라스틱 광섬유의 제조방법 및 이 방법으로 제조된 플라스틱 광섬유 센서를 제안하고자 함이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 과제의 해결하고자 하는 본 발명의 제1 특징은 선상 홀이 형성된 센서용 플라스틱 광섬유 제조방법으로, 플라스틱 광섬유(POF)유를 마이크로 드릴링 머신의 공작대에 놓고, 상기 플라스틱 광섬유를 바이스로 고정하는 단계와; 상기 바이스로 고정한 상기 플라스틱 광섬유의 선상(in-line)에 상기 마이크로 드릴링 머신으로 0.1mm 내지 0.5mm의 반경을 갖는 홀을 형성하는 단계를 포함한다.

[0009] 여기서, 상기 (c) 단계는, 상기 홀을 적어도 2개 이상 형성하는 것이 바람직하고, 상기 드릴링 머신의 드릴은 엔드밀(End Mill) 비트를 사용하는 것이 바람직하다.

[0010] 그리고, 본 발명의 제2 특징은 광섬유 센서로서, 상술한 제조방법 중 어느 하나의 방법으로 제조된 광섬유가 사용되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0011] 이와 같은 본 발명은 제조방법이 간단할 뿐만 아니라, 제조단가가 낮으면서 센서 성능을 높일 수 있는 센서용 선상 홀이 형성된 플라스틱 광섬유의 제조방법을 제공한다.

[0012] 또한, 이와 같은 방법으로 제조된 플라스틱 광섬유를 이용하여 매우 소형의 굴절률 센서 또는 분산 센서에 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 근거리 통신망의 선상 광 감쇄기(in-line attenuator) 등 다양한 제품에 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 선상 홀이 형성된 플라스틱 광섬유 제조방법의 흐름을 나타낸 도면이고,

도 2는 선상 홀을 갖는 플라스틱 광섬유(POF)에 대한 특징 다이어그램이고,

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 선상 홀을 형성하는 실험장치와 서로 다른 액체에 대한 센서의 투과율을 측정하는 장치를 나타낸 모식도이고,

도 4는 670nm에서 측정된 데이터와 해석적으로 계산된 2개의 투과율 데이터를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 통해 설명될 것이다. 그러나 본 발명은 여기에서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 단지, 본 실시예들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여 제공되는 것이다.

[0015] 도면들에 있어서, 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니며 명확성을 기하기 위하여 과장된 것이다. 또한 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소를 나타낸다.

[0016] 본 명세서에서 "및/또는"이란 표현은 전후에 나열된 구성요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용된다. 또한, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 또한, 명세서에서 사용되는 "포함한다" 또는 "포함하는"으로 언급된 구성요소, 단계, 동작 및 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작, 소자 및 장치의 존재 또는 추가를 의미한다.

[0017] 이하에서 본 발명의 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 선상 홀이 형성된 센서용 플라스틱 광섬유 제조방법의 흐름을 나타낸 도면이다. 도 1에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 밀리미터이하 선상 홀이 형성된 플라스틱 광섬유 제조방법은 플라스틱 광섬유(POF)를 마이크로 드릴링 머신의 공작대에 놓고, 상기 플라스틱 광섬유를 바이스(vise)로 고정하는 단계와(S100); 상기 바이스로 고정한 상기 플라스틱 광섬유의 선상(in-line)에 상기 마이크로 드릴링 머신으로 0.1mm 내지 0.5mm의 반경을 갖는 홀을 형성하는 단계(S200)를 포함한다.

[0019] 이와 같이 종래에 센서 등에 사용되는 선상 홀이 형성된 센서용 플라스틱 광섬유에서 분해능을 증가시키기 위해, 본 발명의 실시예에서는 상기 홀 크기를 증가시키고(0.1mm 내지 0.5mm), 이를 위해 마이크로 드릴링을 사용하거나, 센서 구조의 물리적 강도를 유지하며 센서의 감도를 높이기 위하여 여러 개의 홀을 형성하는 방법을 제안함으로써, 제조방법이 간단할 뿐만 아니라, 제조단가가 낮으면서, 센서 성능을 높일 수 있는 센서에 사용될 수 있는 선상 홀이 형성된 플라스틱 광섬유의 제조방법을 제안한다.

[0020] **실험 및 해석학적 결과**

[0021] 이하 본 발명에서는 제안한 홀 기반 광섬유 센서의 굴절률 측정에 대한 실시예를 설명 하였다. 도 2는 선상 홀을 갖는 플라스틱 광섬유(POF)에 대한 특징 다이어그램이다. POF에서 코어 및 클래딩의 굴절률이 각각 1.49 및 1.41이고, 코어 직경(2a)이 1.48mm, 실험에서 사용된 광원의 파장이 670nm이면 백만 개 이상의 모드가 존재하게 된다. 그러므로, 이 구조에 대한 해석은 광선 광학의 관점에서 설명되어야 한다.

[0022] 광섬유가 원통적(cylindrical) 대칭이므로, 본 발명에서는 광섬유 축으로부터 오직 상반구 만을 고려한다. 홀의 중심으로부터 L($=a\tan(\theta)$)만큼 떨어진 광섬유 축 상의 위치에서 홀과 맞닿는 광선 A의 각 Θ_A ($=\sin^{-1}(r_h/D)$))와 광선 B에 상응하는 상보적 임계각 Θ_B ($=\tan^{-1}(a/D)$)사이의 광은 홀에 의해 차단되지 않고 손실없이 전파된다고 가정할 수 있다. 이를 기저 투과율(base transmittance)이라고 정의한다. r_h는 홀의 반경이고, a는 코어의 반경이고, Θ_c는 임계각이다. 기저 투과율에 광선 C와 같이 홀을 통과한 후 코어와 클래딩의 경계면에서 전반사가 발생하는 조건을 만족하는 광선들의 광 파워가 합하여져 이 광섬유 구조의 투과율이 된

다. 투과율(transmittance)이란 광섬유의 왼쪽 입력단의 광 파워와 오른쪽 출력단 광 파워의 비율을 의미한다.

[0023] 만약 홀이 작으면, 기저 투과율은 증가하나 홀의 굴절률 변화에 따른 광 파워 변화는 감소한다. 이것은 분해능이 낮은 경우이다. 반면에, 홀이 크기가 증가하면 기저 투과율은 감소하나 홀의 굴절률 변화에 따른 투과율의 변화는 증가한다. 이것은 분해능이 높은 경우이다. 따라서, 홀 크기는 센서의 분해능에 상당한 영향을 미치게 된다.

[0024] 홀을 채우는 액체의 굴절률이 대부분의 경우에 광섬유 코어 굴절률 보다 낮기 때문에, 홀은 입사광을 분산시키는 오목렌즈와 같은 기능을 갖는다. 만약 입사 광선이 광섬유축에 근접하게 진행하여 홀을 통과한 후 코어/클래딩 경계면에서 임계각보다 큰 각으로 입사하면 손실 없이 전파할 것이다.

[0025] 만약 출력각, Θ_o 가 임계각과 같거나 작아진다면, 이 광선은 경계면에서 굴절로 인해 소실될 것이다. 홀을 지나 광섬유 코어에서 전파되는 광선에 대한 Θ의 각도 범위 내에서, 센서의 투과율(transmittance)은 다음의 식에 의해 계산된다.

수학식 1

[0026] $$\theta_i = \theta_h + \theta = \theta_h + \tan^{-1}\left(\frac{r_h \sin\theta_h}{L - r_h \cos\theta_h}\right)$$

[0027] 여기서, Θ_h 는 광섬유 축과 광선 C가 홀에 도달하는 점 사이의 각도를 홀의 중심으로부터 측정한 각도이다. $\Theta_{0,max} = \Theta_c$ 에 대하여,

수학식 2

[0028] $$\theta_{o,\max} = \theta_C = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \frac{\pi}{2} - 2\theta_{t,\max} + \theta_{h,\max} + \theta_{i,\max} \quad (2)$$

[0029] [수학식 2]로부터, $\Theta_{h,max}$를 수치해석으로 구한 후 이를 다시 [수학식 1]에 삽입하여 광선이 홀을 지나 손실 없이 전파될 수 있는 최대 입사각도인 $\Theta_{i,max}$를 구한다. [표 1]은 홀을 채우는 서로 다른 물질의 굴절률에 대해 계산된 최대각도들을 보여준다. 센서 구조의 투과율은 다음의 가정 아래서 쉽게 구해진다.

[0030] 1) 광섬유 코어와 홀을 채우는 물질 간의 굴절률 차이는 크지 않아서 홀/광섬유 코어 입/출력 경계에서 프레즈넬 반사는 무시된다. 2) 자오선 방향의 광선만을 유일하게 고려하고, 3) 모드 분포는 균일하고, 4) 홀 표면 거칠기에 의한 산란은 없다.

[0031] 그러므로 센서의 투과율은 아래의 [수학식 3]과 같다.

수학식 3

[0032]

$$T = \frac{[\theta_B - \theta_A] + \theta_{\max}}{\theta_B} = \frac{\left[\cos^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{r_h}{L}\right)\right] + \tan^{-1}\left(\frac{r_h \sin\theta_{h,\max}}{L - r_h\cos\theta_{h,\max}}\right)}{\cos^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)}$$

[0033] 최대 입력각도는 [표 1]에 나타낸 바와 같이 굴절률에 따라 증가한다. 이것은 굴절률이 증가할수록 광이 홀을 더 많이 지나게 되어 더 높은 투과율을 이끌어낸다는 것을 명확하게 보여준다.

표 1

[0034]

Hole index	Max input angle $\theta_{\max}$ [deg]	Max hole angle $\theta_{h,\max}$ [deg]	Max inc. angle at input $\theta_{i,\max}$ [deg]	Max trans. angle at input $\theta_{t,\max}$ [deg]	T (Theory)
1.0	2.50	13.37	15.88	24.06	0.65
1.33	6.06	35.32	41.38	47.78	0.83
1.42	7.98	52.43	60.42	65.86	0.94
1.47	9.01	69.60	78.61	83.54	0.99

[0035] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 선상 홀을 형성하는 실험장치와 서로 다른 액체에 대한 센서 투과율을 측정하는 장치를 나타낸다. 1m 길이의 POF는 클래딩 및 코어의 직경이 각각 1.5 및 1.48mm를 갖고 있다. 코어 및 클래딩의 굴절률은 각각 1.49 및 1.41이다. 670nm 레이저 다이오드의 출력 광은 20배의 현미경 렌즈로 POF의 입력단에 집속된다. POF는 바이스(vise)로 고정시켜, 고속 드릴 벤치 아래에 위치한다. 드릴 비트로는 0.6mm 직경의 엔드밀(End Mill) 비트를 사용하였다.

[0036] POF 출력 파워는 광 파워 미터로 측정됐다. 드릴링하기 전에 광섬유의 출력 광 파워를 측정하여 투과율 계산을 위한 기준 파워로 사용하였다. 홀을 드릴링한 후, 가장 낮은 굴절률을 갖는 액체로부터 가장 높은 굴절률을 갖는 액체의 순서로 홀에 주입하였다. 피펫을 사용하여 홀의 상단에서 액체를 주입하였다.

[0037] 정확한 결과를 얻기 위하여, 측정 후의 액체는 종이를 사용하여 흡수시키고 다시 공기를 불어 넣어 건조 제거하였다. 그 후에 다시 출력 파워가 공기로 채워진 홀의 굴절률과 동일한 값을 갖는지 확인하였다. 그리고 나서 다음 액체로 진행했다. 실험에 사용한 액체는 물(n=1.33)과, n-dodecane(n=1.42), 99% 글리세롤(n=1.47)이다. 이 굴절률 값은 모두 589.3nm에서 주어진 것이다. 투과율 측정을 종료한 후, POF를 바이스로부터 제거하고 세척하여, 디지털 현미경으로 확인한 결과 중심에서 약 0.35mm의 홀 반경이 측정되었다. 드릴 비트에 인하여 홀 내부에서 약간의 흠이 관측됐다.

[0038] 도 4는 670nm에서 측정한 투과율과 해석적으로 계산한 투과율을 나타낸다. 도 4에 나타낸 바와 같이, 센서 투과율이 기대한 바와 같이 굴절률에 비례하여 증가하는 것을 보여준다. 계산된 투과율은 측정된 투과율보다 높게 나타나는 것이 관측된다. 이 차이는 홀의 경계면에서 발생하는 프레즈넬 반사의 무시, 왜곡 광선(skew ray)의 무시, 균일한 모드 분포, 드릴링 과정동안 발생하는 홀 표면 거칠기에 의한 산란의 증가뿐만 아니라, 실험

에서 사용된 파장(670nm)에서 액체의 굴절률 값이 589.3nm에서 주어진 값보다 작은 것 등과 같은 종합적인 효과로부터 생긴다.

[0039] 또한, 이 차이는 액체와 광섬유 코어 사이의 굴절률 차이가 커지면 커질수록 증가되는 경향이 있다. 예를 들어, 글리세롤의 경우 차이가 3.89±0.22%가 난다. 그러나, n-dodecane 과 H2O의 경우 각각 4.86±0.88% 및 6.14±0.44%가 된다. 이와 같은 현상은 홀 표면 거칠기로 인해 더욱 낮은 굴절률을 갖는 매질이 채워진 홀에서는 산란이 더 커진다는 사실에 기인하는 것으로 보여진다. 센서 감도는 1.33 내지 1.42 굴절률 범위에서 약 13.4 dB/RIU을 나타냈다. 비슷한 구조의 단일모드 실리카 광섬유에 제작한 마이크로 홀 굴절률 센서보다 성능이 조금 떨어지지만, 홀 크기를 키우거나 또는 홀을 여러 개 만들면 성능은 더욱 향상될 것이 명백하다.

[0040] 이처럼 본 발명은 POF에 드릴링하여 제작된 밀리미터 이하의 홀 기반 플라스틱 광섬유 센서 제조방법을 제안한다. 그리고, 본 발명에서는 실시예로 제안된 센서를 굴절률 측정에 응용해 보았다. 굴절률 센서로서 제안된 센서의 센싱특성을 알아보기 위해 센서 구조의 투과율을 평가 하였다. 센서 구조의 투과율을 평가하기 위해, 투과율의 해석적 결과를 다음의 가정 아래 광선 광학을 이용하여 유도하였다. 1) 광섬유 코어와 홀의 굴절률 차이는 크지 않아서 홀/광섬유 코어 입/출력 경계면에서 프레즈넬 반사는 무시한다. 2) 자오선 방향의 광선만 고려하고, 3) 모드 분포는 균일하고, 4) 홀 표면 거칠기에 따른 산란은 없다. 유도된 투과율 결과에 의하면 홀 크기가 센서 분해능에 영향을 준다. 따라서, 분해능을 증가시키기 위해, 더 큰 홀의 생성이 필요하지만, 홀 크기를 증가시키면, 물리적 강도가 떨어진다. 이를 보상하기 위해, 물리적 강도를 유지하며 더 높은 분해능을 이끌어내기 위해 더 작은 직경을 갖는 홀들을 여러 개 사용하는 것이 바람직하다.

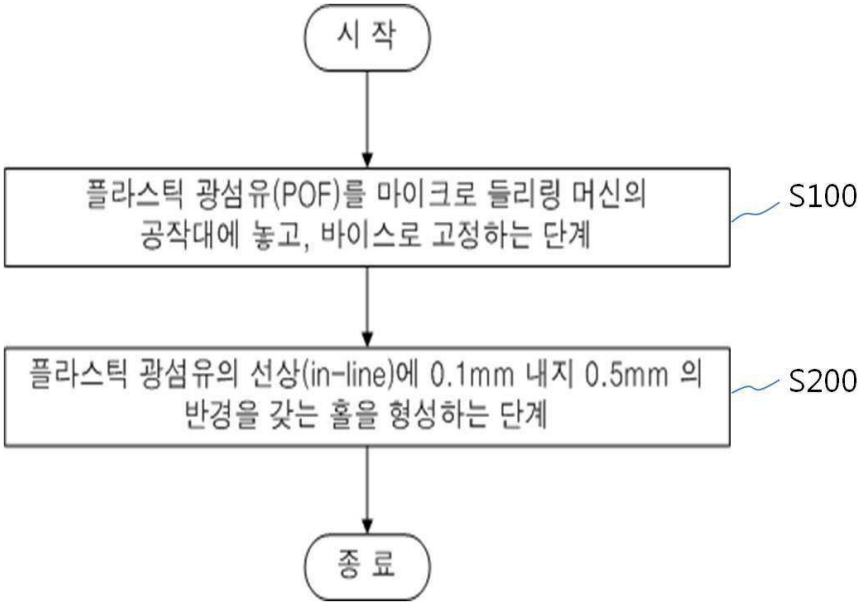
[0041] 외경이 1.5㎜인 POF에 0.6㎜ 직경의 마이크로 비트를 시용하여 0.35㎜ 반경을 갖는 홀을 생성하였다. 실험에 사용된 액체들은 물(n=1.33), n-dodecane(n=1.42) 및 99%의 글리세롤(n=1.47)이었다. 실험결과와 계산결과의 차이는 6% 이하로 나타난다. 투과율 유도과정에서 적용한 가정들과 실험에 사용한 670nm 파장에서 액체 굴절률 값들이 589.3nm 파장보다 낮다는 사실을 고려하면, 실험결과와 계산결과가 놀라울 정도로 일치한다.

[0042] 그러므로, 본 발명의 POF에 기반한 밀리미터이하 홀이 형성된 광섬유는 매우 소형의 굴절률 센서, liquid level, 가스센서, 분산 센서 등 실로 여러 종류의 광섬유 센서로(Optical fiber sensor) 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 근거리 통신망의 선상 광감쇄기(in-line attenuator)로 사용될 수 있다.

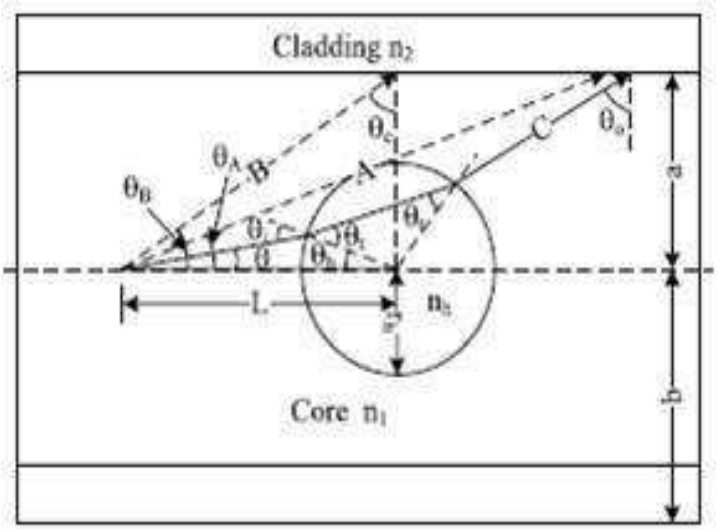
[0043] 이상의 설명에서 본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능 하다는 것을 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

도면

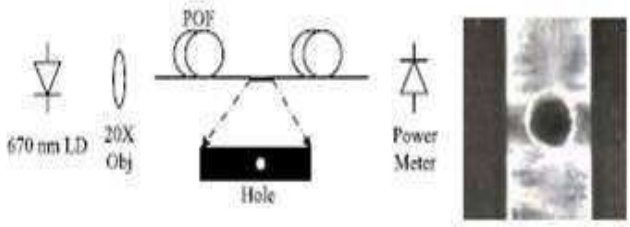
도면1


시 작
플라스틱 광섬유(POF)를 마이크로 드릴링 머신의 공작대에 놓고, 바이스로 고정하는 단계
S100
플라스틱 광섬유의 선상(in-line)에 0.1mm 내지 0.5mm 의 반경을 갖는 홀을 형성하는 단계
S200
종 료

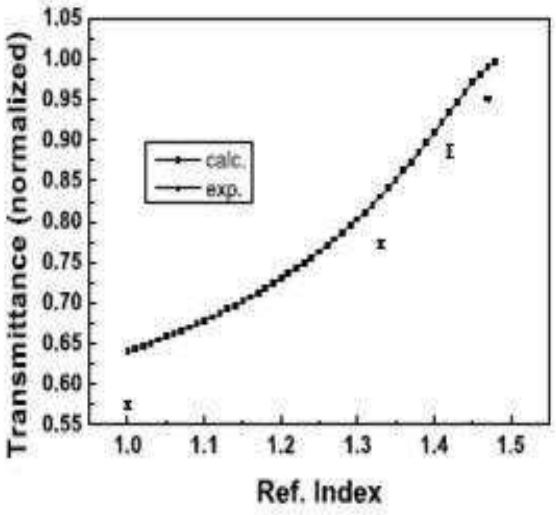
도면2


Cladding n2
Core n1
L

도면3


POF
670 nm LD
20X
Obj
Hole
Power
Meter

도면4


Transmittance (normalized)
1.05
1.00
0.95
0.90
0.85
0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
calc.
exp.
1.0
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
Ref. Index