



등록특허 10-2426375



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월27일  
(11) 등록번호 10-2426375  
(24) 등록일자 2022년07월25일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G02B 6/02* (2022.01)  
(52) CPC특허분류  
*G02B 6/02042* (2013.01)  
*G02B 6/02338* (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-7019309  
(22) 출원일자(국제) 2014년12월15일  
심사청구일자 2019년12월16일  
(85) 번역문제출일자 2016년07월15일  
(65) 공개번호 10-2016-0100360  
(43) 공개일자 2016년08월23일  
(86) 국제출원번호 PCT/PL2014/050077  
(87) 국제공개번호 WO 2015/088365  
국제공개일자 2015년06월18일  
(30) 우선권주장  
P.406499 2013년12월15일 폴란드(PL)

- (56) 선행기술조사문헌  
JP2005500583 A\*  
(뒷면에 계속)  
전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 송병준

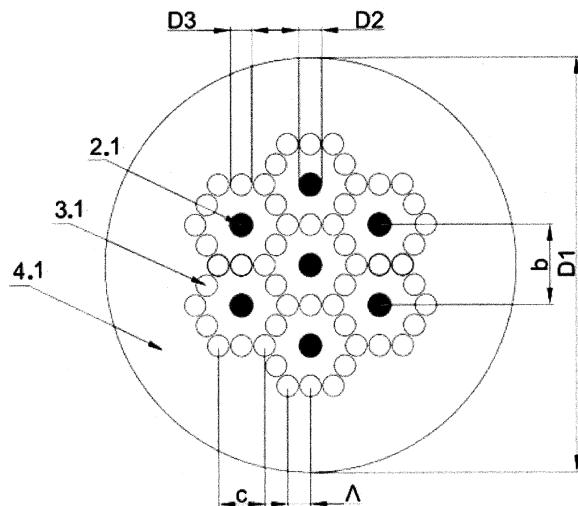
(54) 발명의 명칭 미세구조형 다중코어 광섬유(MMOF), 및 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 독립적으로 어드레싱하기 위한 장치 및 이러한 장치의 제작 방법

**(57) 요 약**

본 발명은 내부에 2개 이상의 기본 셀이 포함된 미세구조 영역을 가진 미세구조형 다중코어 광섬유에 관한 것으로서, 각각의 기본 셀은 코어, 바람직하게는 유리, 구체적으로는 상기 미세구조 영역을 둘러싸는 폴리머 또는 도핑된 실리카 유리로 형성된 코어를 포함하며, 굴절율 혹은 피복의 굴절율이 작은 세로방향 영역을 포함하고, 상

(뒷면에 계속)

**대 표 도 - 도1**



기 세로방향 영역은 가스, 특히, 공기 또는 유체 혹은 폴리머가 채워진 홀 또는 유리의 매트릭스, 특히 실리카 유리 또는 폴리머 내에 위치된, 굴절율을 줄일 수 있도록 도핑된 또 다른 유리의 공간 형태로 구성될 수 있다(이제부터, 홀로서 지칭됨). 홀의 굴절율 혹은 유리의 매트릭스, 특히, 실리카 유리 또는 폴리머의 굴절율이 줄어든다. 기본 셀은 코어의 D2 코어 직경, D3 코어 직경, 및 인접한 홀들 간의 거리에 상응하는 격자 상수  $\Delta$ 를 포함한다. 홀들의 중심들은 육각형의 면들의 중앙 지점과 꼭지점들에 위치되는데, 육각형의 중심은 코어로 지칭되고; 홀들의 중심에 의해 생성된 육각형의 면의 길이 c는 격자 상수  $\Delta$ 의 2배 값과 똑같다. 병렬 배치된 2개 이상의 기본 셀은 바람직하게는 유리, 특히 실리카 유리 또는 폴리머로 구성된 피복으로 둘러싸인다. 또한, 본 발명은 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치 및 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 제작 방법도 기술된다.

## (52) CPC특허분류

*G02B 6/02357* (2013.01)  
*G02B 6/02366* (2013.01)

## (72) 발명자

**홀дин스키, 지브그뉴**

폴란드, 바르샤바 페엘-01-129, 11, 유엘. 푸스톨라 22 엠.

**무라프스키, 미카엘**

폴란드, 바르샤바 페엘-03-341, 유엘. 주로민스카 12/27

**테네더렌다, 타도위츠**

폴란드, 바르샤바 페엘-02-796, 유엘. 미그달로와 69

**나피에랄라, 마렉**

폴란드, 보르츠와프 페엘-54-129, 유엘. 힌카 10/12

**지오로빅츠, 아나**

폴란드, 키엘체 페엘-25-752, 올로비아나 7

**오스트로프스키, 루카츠**

폴란드, 니에포렛 페엘-05-126, 유엘. 자나 카지미 에르자 228

**슬로비코프스키, 마테우츠**

폴란드, 바르샤바 페엘-00-910, 토포그라피츠나 11/17

**스조스트키빅츠, 루카츠**

폴란드, 토루니 페엘-87-100, 바스카 8에이/10

**스지만스키, 미카엘**

폴란드, 바르샤바 페엘-03-910, 알레자 바스정토나 16에이/10

**스테파엔, 캐롤**

폴란드, 바르샤바 페엘-01-134, 23, 유엘. 폴스카 64 엠.

## (56) 선행기술조사문헌

JP2011170062 A\*  
 JP2011180243 A\*  
 WO2010073821 A1\*  
 WO2012172997 A1\*  
 US20110141555 A1  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

내부에 2개 이상의 기본 셀이 포함된 미세구조 영역을 덮으며 유리로 형성된 피복(4.1)을 포함하는 미세구조형 다중코어 광섬유로서, 각각의 기본 셀은 코어(2.1) 및 상기 코어(2.1)를 둘러싸는 세로방향 영역(3.1)을 포함하고, 세로방향 영역(3.1)에는 피복(4.1)의 굴절율보다 작은 굴절율을 가진 공기 또는 유체 혹은 폴리머로 채워지며, 상기 세로방향 영역(3.1)은 유리의 매트릭스에 위치된, 미세구조형 다중코어 광섬유에 있어서,

세로방향 영역(3.1)의 굴절율은 유리의 매트릭스의 굴절율보다 작고,

세로방향 영역(3.1)은 유리로 형성된 내측 피복 및 코어(2.1)를 둘러싸는 육각형의 둘레에 위치되며, 세로방향 영역(3.1)의 중심은 상기 육각형의 면들의 중앙 지점과 꼭지점들에 위치되고,

인접한 세로방향 영역(3.1)들 사이의 거리는 격자 상수  $\Lambda$ 에 상응하며, 세로방향 영역(3.1)의 중심들로 형성된 육각형의 면의 길이( $c$ )는 격자 상수  $\Lambda$ 의 2배와 똑같으며,

2개 이상의 기본 셀은 코어(2.1)를 둘러싸는 세로방향 영역(3.1)을 공유하도록 병렬 배치되고,

인접한 기본 셀들 내의 코어(2.1)들 사이의 거리가  $4\Lambda$  또는  $2\sqrt{3}\Lambda$ 과 같은데, 여기서, 공유되는 세로방향 영역(3.1)들은 각각 상기 육각형의 면들의 꼭지점들에 위치되는, 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 피복(4.1) 재료 및 코어(2.1) 재료의 굴절율들 간의 차이는  $\lambda=1550\text{nm}$ 의 광파장(light wavelength)에 대해  $\Delta=5.63 \cdot 10^{-3} \pm 2.9 \cdot 10^{-3}$  인 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유.

#### 청구항 3

제2항에 있어서, 격자 상수  $\Lambda$ 는  $(7.8 \pm 3.6)\mu\text{m}$ 이며, 코어의 직경은  $(0.7 \pm 0.46) \cdot \Lambda$ 이고, 세로방향 영역(3.1)의 직경들은  $(0.7 \pm 0.3) \cdot \Lambda$ 이며, 피복(4.1)의 직경은  $\Lambda * 13 + (50 \pm 20)\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 증폭을 사용하는 신호 전송의 경우, 코어(2.1)는 희토류 이온들로 도핑되고, 코어(2.1)는  $3 \cdot 10^{18}/\text{cm}^{-3}$  내지  $120 \cdot 10^{18}/\text{cm}^{-3}$ 의 레벨에서 에르븀으로 도핑되며, 피복(4.1)과 코어(2.1)의 굴절율들 간의 차이는  $\Delta = 2.5 * 10^{-2} {}^{+1.6 \cdot 10^{-2}}_{-2.1 \cdot 10^{-2}}$   $\lambda=1550\text{nm}$ 의 광파장에 대해 인 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유.

#### 청구항 5

제4항에 있어서, 격자 상수  $\Lambda$ 는  $(7.8 \pm 3.6)\mu\text{m}$ 이며, 코어의 직경은  $(0.5 \pm 0.46) \cdot \Lambda$ 이고, 세로방향 영역(3.1)의 직경들은  $(0.6 \pm 0.3) \cdot \Lambda$ 이며, 피복(4.1)의 직경은  $\Lambda * 13 + (50 \pm 20)\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유.

#### 청구항 6

제4항에 있어서, 미세구조 영역은 가스 또는 유체로 채워진 추가적인 홀(5.1)들로 둘러싸여서, 추가적인 외측 미세구조형 피복을 형성하며, 추가적인 홀(5.1)은 원의 둘레 또는 육각형의 꼭지점과 면들에 위치되는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 기본 셀들은 상이한 직경을 가진 세로방향 영역(3.1)들에 의해 부분적으로 둘러싸이는 것을 특

정으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유.

#### 청구항 8

제1항에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치에 있어서,

상기 장치는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어의 개수와 상응하는 개수를 가지며 모세관에서의 레이아웃이 평행한 단일-코어 단일-모드 광섬유를 포함하며, 단일-코어 단일-모드 광섬유를 갖는 모세관은 미세구조형 다중코어 광섬유와 연결되고, 모세관 내의 단일-코어 단일 모드 광섬유의 횡단면과 미세구조형 다중코어 광섬유의 횡단면은 그 형상이 평행한 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 모세관 내에, 단일-코어 단일-모드 광섬유와 함께, 미세구조형 다중코어 광섬유와 연결되지 않은 코어의 개수와 상응하는 개수의 유리 막대가 제공되는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치.

#### 청구항 10

제8항에 있어서, 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어의 레이아웃의 개수가 중앙 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어 주위에서 밀폐 링(closed ring)의 패턴을 구성하지 않을 때, 모세관 내의 유리 막대는 제1항에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 구조를 채우는 충전재(filling)를 구성하는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치.

#### 청구항 11

제8항에 있어서, 유리 또는 폴리머 모세관은, 세로방향 인장력과 조합되고 온도의 영향 하에서 기하학적 수치들이 변경되는 재료로 제작되는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치.

#### 청구항 12

제8항에 있어서, 모세관은 도핑되지 않은 실리카 유리로 제작되는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치.

#### 청구항 13

제8항에 있어서, 모세관은 폴리머로 제작되는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치.

#### 청구항 14

제8항에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 제작 방법에 있어서, 상기 방법은:

미세구조형 다중코어 광섬유의 구조를 분석하고 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어의 개수, 코어들의 직경 및 코어들 간의 거리를 결정하는 단계,

미세구조형 다중코어 광섬유가 연결되는 단일-코어 단일-모드 광섬유의 피복 및 코어의 직경을 측정하여 단일-코어 단일-모드 광섬유의 테이퍼링 등급(scale of tapering)을 결정하는 단계,

단일-코어 단일-모드 광섬유의 피복을 제거하고 그 표면을 세척하는 단계,

단일-코어 단일-모드 광섬유의 노출되고 세척된 단편(fragment)을 에칭(etching)하고, 이들을 테이퍼링하고 서로 재조립한 후에, 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어들과 단일-코어 단일-모드 광섬유의 코어들을 서로 정렬(alignment)시키는 단계,

계산된 테이퍼링 등급에 따라, 단일-코어 단일-모드 광섬유를 테이퍼링하여, 단일-코어 단일-모드 광섬유의 코어의 직경을 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어의 직경의 수치들과 동일하게 구현하는 단계,

테이퍼링에 의해, 단일-코어 단일-모드 광섬유 및 유리 막대를 삽입하여, 삽입된 요소(element)가 이동되지 않

거나 혹은 이동이 제한될 수 있도록 하는 크기로 모세관을 준비하는 단계,

단일-코어 단일-모드 광섬유와 유리 막대를 모세관에 배열하는 단계,

가열 및 인장에 의해 모세관 내에 배열되고 스플라이싱된(spliced) 구조를 테이퍼링하고 클램핑하는 단계,

섬유를 조절하여 인장할 수 있도록 하기 위하여, 다양한 외측 직경과 내부 구조를 가진 광섬유를 위해 클리버(cleaver)로, 세로방향 모세관의 축에 대해 직각(right angle) 하에서 배열되고 스플라이싱된 구조로, 모세관을 클리빙하는(cleaving) 단계,

미세구조형 다중코어 광섬유를 클리빙하는 단계,

내부에 배열되고 용접된 구조와 함께, 모세관을 미세구조형 다중코어 광섬유에 대해 배열하는 단계,

미세구조형 다중코어 광섬유를 모세관 및 내부 구조에 연결하는 단계로 구성되는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 제작 방법.

#### **청구항 15**

제14항에 있어서, 모세관 및 내부 구조의 테이퍼링은, 모세관이, 배열된 광섬유와 함께, 내부 구조에 클램핑되도록 구현되는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 제작 방법.

#### **청구항 16**

제14항에 있어서, 단일-코어 단일-모드 광섬유의 직경이 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어들 간의 거리보다 현저하게 더 큰 경우, 테이퍼링 및 애칭은 기술 공정(technological operation)의 순서에서 변경되는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 제작 방법.

#### **청구항 17**

제14항에 있어서, 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어들이 단일-코어 단일-모드 광섬유의 코어들의 직경과 상이한 직경을 갖는 경우, 테이퍼링 단계는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어의 직경과 모세관 내의 구조에서 단일-코어 단일-모드 광섬유의 코어의 직경과 똑같아질 때까지 계속되며, 미세구조형 다중코어 광섬유의 직경이 미세구조형 다중코어 광섬유에 연결된 단일-코어 단일-모드 광섬유의 직경보다 더 큰 경우, 모세관에서 테이퍼링한 후에도, 미세구조형 다중코어 광섬유는 테이퍼링되는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 제작 방법.

#### **청구항 18**

제14항에 있어서, 모세관 및 미세구조형 다중코어 광섬유의 배열은 광이 단일-코어 단일-모드 광섬유 또는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어들 중 한 코어에 전달되도록 구현되며, 용접 동안, 미세구조형 다중코어 광섬유로부터 모세관 내의 단일-코어 단일-모드 광섬유들 중 하나에 전달되는 파워(power)에 따라, 연결이 체크되는 것을 특징으로 하는 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 제작 방법.

#### **청구항 19**

삭제

#### **청구항 20**

삭제

#### **청구항 21**

삭제

#### **청구항 22**

삭제

#### **청구항 23**

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 미세구조형 다중코어 광섬유(MMOF), 및 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 독립적으로 어드레싱하기 위한 장치의 제작 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 정보통신 시스템에서 광섬유를 사용한 이래로, 정보 전송의 효율성이 현저하게 증가되어 왔다. 한 광섬유 당 10 Tbit/s까지, 전송 채널의 용량에 대한 요구가 높아져 가고 있기 때문에, 현재 통상적으로 사용되고 있는 단일-모드 광섬유를 대체할 필요가 제기된다. 전송 대역에 대한 잠재적인 요구를 충족시키기에, 예를 들어, 시간 도메인, 과장, 극성 및 그 외의 다른 요인에서 현재 멀티플렉싱 기술은 충분하지 못하다. 한 해결책은 다중코어 광섬유를 사용하는 공간-분할 멀티플렉싱(SDM) 기술이다. SDM은 개별적인 전송 채널로서 사용되는 분리된 코어를 가진 다중코어 광섬유로 구현된다. 한 SDM 타입은 모드-분할 멀티플렉싱(MDM) 즉 결합된 코어를 가진 광섬유 구조를 적용하는 것으로서, 다중-모드 전파(multimode propagation)가 발생되며 각각의 모드는 개별적인 전송 채널을 나타낸다. 그렇지만, 모드-분할 멀티플렉싱의 경우에서, 모드를 어드레싱하는 효율적인 기술들에는, 미지의 부분들이 남아 있다.

[0003] 공간-분할 멀티플렉싱 기술은 다른 멀티플렉싱 기술, 가령, 예컨대, 과장 분할 멀티플렉싱(WDM), 주파수 분할 멀티플렉싱(FDM) 및 그 외의 다른 기술들과 함께 사용될 수 있지만, 용량 증가에 대한 문제가 여전히 제기된다.

[0004] SDM 및 다중코어 광섬유를 사용하여 전송하기 위한 기본적인 요건은 코어들 간의 혼선(crosstalk)의 제한으로서, 이는 즉 한 전송 채널의 사용자들은 전송 매체(transmission medium)를 공유하면서도 다른 사용자들이 존재한다는 것을 느끼지 못해야 한다는 것이다. SDM을 사용할 때, 상업용으로서 비용-효율적인 전송 방법에 관한 그 외의 다른 요건은 광섬유 설계에 관한 것으로서, 광섬유 설계 변수는 실제 전송 시스템과 적합해야 한다. 이러한 변수들은: 광섬유의 기하학적 수치(geometrical dimension)(표준 단일-모드 광섬유의 직경과 똑같은 다중코어 광섬유 직경 및/또는 코어 직경과 동일하게 구현될 가능성이 있음), 분산(dispersion)(분산 영 과장(ZDW) 및 ZDW에서의 분산 경사(dispersion slope)를 포함), 전송 손실, 굽힘 손실, 극성 기반 손실, 컷-오프 과장 및 비선형을 포함한다. 또한, 굽힘 시에 혼선 및 굽힘 시의 허용될 수 있는 분산 레벨(level)도 포함될 필요가 있다.

[0005] 혼선을 줄이기 위하여, 다중코어 광섬유 내의 코어는 적절하게 절연되어야 한다. 코일 절연 및, 실제로, 혼선 감소에 대한 몇몇 접근 방법: 가령, 코어들 간의 공간을 증가시킴으로써 인접한 모드의 중첩(overlap)을 줄이고, 변형된 굴절율 또는 직경과 이종 코어(heterogeneous core)의 제작, 굴절율 프로파일(refraction index profile)이 코어 주위에서 변경된 구조의 사용 방법이 이미 알려져 있다. 또한, 위에서 언급한 3가지 접근 방법들의 조합도 가능하다. 코어들 간의 공간이 증가되면, 허용할 수 있는 혼선 레벨을 구현하기 위해, 코어

가 광범위하게 분산되는(spreading) 것도 필요하며; 따라서, 이러한 섬유 내에서는 채널의 밀도가 커지지 못한다. 이종 코어의 개념은, 다중코어 광섬유의 코어들이 매우 상이한 굴절율 또는 직경을 가지지 못하여, 이러한 코어들 간의 혼선 레벨이 상당히 줄어드는지를 관찰하는 것으로부터 시작된다. 이러한 광섬유의 디자인은 최소 개수의 코어를 완전히 분석하여 충분한 혼선 레벨과 채널 밀도를 보장하게 된다. 위에서 언급한 2개의 방법 즉 코어의 분산 및 이종 코어의 사용의 경우, 굽힘 손실이 높아질 뿐만 아니라 굽힘 시에 혼선 레벨이 높아지는 문제가 발생한다. 코어 주위의 굴절율이 변경되는 구조(트렌치-보조 섬유)를 적용하면, 굽힘 손실, 및 굽힘 시에 혼선과 관련된 문제점들이 부분적으로 줄어들며, 일반적으로는, 혼선 레벨이 줄어들게 된다.

[0006] SDM을 사용하는 전송 시스템을 디자인하는데 있어서, 또 다른 양태는, 가령, 특정 코어로/특정 코어로부터의 신호 입력/출력 가능성을 포함하여, 다중코어 광섬유를 실제 시스템과 통합하기 위하여, 다중코어 광섬유의 코어들을 표준 단일-모드 광섬유와 연결하는 방법을 개발할 필요성이다. 게다가, 기존에 계획된 전송 시스템에서 기존의 요소들과 기술들을 가능한 최대한 많이 사용하여, 새로운 전송 시스템의 실시 공정이 비용-효율적이며 시간이 지나도 가능한 한 분산되지 않도록 하기 위한 노력을 기울여야 한다.

[0007] 트렌치-보조 섬유를 가진 구조는 문헌들로부터, 그 중에서도, 문헌 "Reduction of Crosstalk by Trench-Assisted Multi-Core Fiber" OSA/OFC/NFOEC 2011로부터 공지되어 있다. 코어 절연은 코어 주위에 감소된 굴절율이 있는 층(layer)을 제공함으로써 구현되지만, 혼선 레벨을 줄이기 위하여, 추가로, 이종 코어도 사용될 수 있다.

[0008] 또한, OECC 2010의 광전자 및 정보통신 학회로부터의 기사 "Multi-Core Hole-Assisted Fibers for High Core Density Space Division Multiplexing"에, 각각의 코어 주위에 6개의 공기 홀(air hole)에 의해 코어가 절연되는 광섬유가 기술되어 있다. 하지만, 이 경우, 코어의 현저한 분산 없이 혼선을 줄이기 위해, 절연은 충분하지 않다. 제안된 해결책에서 1km 이상의 레벨에서 비트 길이(beat length)를 구현하기 위하여, 10 μm 이하의 네트워크 상수(인접한 홀들의 중심들 간의 거리)에서 광섬유의 단일-모드 광섬유 작동을 얻는 것이 가능하지 않으며, 코어들이 격자 상수의 4배와 똑같은 거리까지 분산되어야 한다. 이러한 타입의 광섬유는 "홀-보조 섬유(hole-assisted fiber)"로 지칭된다. 통상적인 미세구조형 광섬유에서, 공기 홀이 광 전파(light propagation)에 활성적으로 관련되며, 이러한 전파 효과는 공기 홀로 인해 코어 내에 광이 포획(entrapment)되게 하기 때문이다. "홀-보조 섬유" 타입의 광섬유에서, 적용된 미세구조는 코어 간에 혼선을 방지하도록 코어를 대부분 서로 절연해야 한다. 일반적으로, "홀-보조 섬유"에서, 도핑된(doped) 코어가 미세구조의 중앙에 제공되어, 표준 단일-모드 광섬유와 똑같은 원리에 의해 광 전파가 가능해질 수 있게 되지만, 코어 간의 혼선을 줄이는 이러한 홀은 전파 메커니즘에 현저하게 관여하지 않는다는 이점을 가진다.

[0009] US 2013/0209106 특허의 기술 내용으로부터, 광통신 시스템, 다중코어 광섬유 및 이러한 다중코어 광섬유의 제작 방법이 알려져 있다. 상기 발명에 따르면, 전송 시스템에서, 일련의 파장이 다중코어 광섬유의 인접한 코어 내에 동시에 유입되며, 따라서, 공간 멀티플렉싱 시스템이 사용되고, 이와 함께 파장 분할 멀티플렉싱 시스템이 사용된다. 광섬유 내의 코어는 홀의 2개의 링에 의해 둘러싸인다. 고정 코어를 가진 광섬유(통상적인 미세구조형 광섬유)의 경우, 코어 내의 광 전파는 공기 홀로 인해 보장된다. 상기 해결책의 기술 내용에 기재된, 또 다른 변형예에서, 중앙에 홀이 제공되고, 전파 메커니즘이 발생되며, 이와 함께 광자 대역 간격(photon band gap)과 관련되어 발생된다. 상기 광섬유에서, 상기 기술 내용에 따르면, 코어에 가장 가까운, 홀의 링들을 포기하도록(give up) 계획되지 않는다.

[0010] US 2013064543은 피복이 육각형 격자의 노드(node)에 제작된 다수의 홀을 가진 광섬유의 디자인을 기술하고 있다. 상기 발명에 따른 광섬유는 굽힘 반경이 20mm일 때 굽힘 손실이 5 db/m 이하인 것을 특징으로 한다. 상기 발명에 따른 광섬유는 홀의 구조가 광 전파를 보장하는 미세구조형 광섬유이다. 높은 결합 값을 구현하기 위하여, 코어들 간에, 상당한 개수의 공기 층(air layer)을 제공할 필요가 있는데, 이는 구현되는 채널 개수를 줄인다. 상기 발명의 기술 내용에 광섬유 배열의 한 형상이 기술되는데: 이 형상에서, 하나의 코어의 이동(shift)이 제공되었다. 이러한 형상에는, 전파에 있어서 상기와 같이 (이동된) 코어가 관련되지 않는다. 상기 발명의 기술 내용에 따른 전송 시스템에서, 코어들 간의 간섭(interference)을 억제하기 위하여, 굽힘으로부터 야기되는 응력(stress), 횡단 응력(transverse stress) 또는 2가지 타입의 응력을 생성하는 추가적인 요소가 제공되어야 한다.

[0011] 또한, US 20110279888 특허 내용에는, 테이퍼링된 광섬유 커플러(tapered optical fiber coupler)를 사용하는 펌핑 방법(pumping method)이 기술되어 있는데, 상기 펌핑 방법에서는, 다중코어 광섬유와 연결된 섬유 번들(fiber bundle)로부터 광섬유들 중 한 광섬유가 펌프로부터 신호를 전달하는 광섬유로 대체되도록, 전방 펌핑

(frontal pumping)이 사용된다. EP 2336813에는, 코어들이 절연되지 않으면서도, 모드 결합(mode coupling)에 의해 지지되는 데이터 전송을 위해 다중코어 광섬유의 코어들 간의 결합 방법이 사용되는 데이터 전송 시스템이 기술되어 있다.

[0012] EP 2610656에는, 다중코어 광섬유 및 코어의 레이아웃(layout)이 기술되어 있는데, 상기 형상에서, 다중코어 광섬유는 육각형의 격자의 노드 지점들에 위치된 다수의 단일 코어를 포함한다. 여기서, 상이한 굴절율 프로파일을 가진 2개 이상의 타입의 코어가 제공된다.

[0013] SMD를 사용하는 시스템이 가진 문제점들 중 가장 큰 문제점은, 가능한 최대한 작은 굽힘 손실을 구현하는 문제와 함께, 인접한 전송 채널들 간의 혼선 감소에 관한 문제점으로서, 이렇게 혼선이 감소되면 광섬유 케이블의 설치가 용이하게 된다.

### 발명의 내용

[0014] 따라서, 본 발명의 목적은, 혼선을 최소화시킬 수 있으면서도, 변수, 가령, 전송 손실, 굽힘 손실, 극성 기반 손실, 분산, 컷-오프 파장, 비선형 및 기하학적 형상 변수가 표준 단일-모드 광섬유 광섬유의 변수들에 가능한 최대한 가깝게 되도록 하는 광섬유 구조를 디자인하는 것이다. 이와 동시에, 본 발명의 목적은 변수, 가령, 혼선, 분산, 컷-오프 파장이 굽힘 지점(bending point)에서 임의의 허용할 수 없는 방법으로는 변경되지 않는 광섬유 구조를 디자인하는 것이다. 또한, 본 발명의 목적은, 패시브(passive) 및 액티브(active) 방식으로 다양한 호환가능한 해결책의 광섬유 구조를 디자인하는 것으로서, 여기에는, 본 발명에 따른 다중코어 광섬유를 표준 단일-모드 광섬유와 연결하여, 특정 코어들로부터 신호를 수신하고 다중코어 광섬유 내의 특정 코어를 정확하게 어드레싱(addressing)할 수 있게 하기 위한 장치의 제작 방법의 디자인 및 증폭(amplification)이 제공된다. 특정 요소 즉 본 발명에 따른 패시브 및 액티브 방식의 다중코어 광섬유의 사용 방법, 뿐만 아니라 다중코어 광섬유의 코어를 표준 단일-모드 광섬유에 연결하도록 사용되며, 위에 언급한 요소들에 대한 장치가 밑의 실시예에 기술될 것이다. 본 발명의 목적은, 이미 알려져 있고 경제적으로도 타당한 방법, 가령, 예를 들어, 스택-앤파드로 방법(stack-and-draw method)에 의해 제작될 수 있는 광섬유 구조를 디자인하는 것이다. 더욱이, 본 발명의 목적은, 전송 시스템 내에서 이미 작동되고 있는 가능한 최대한 많은 장치를 사용할 수 있게 할 뿐만 아니라 기술된 기술들, 가령, 예컨대, EDFA 증폭기 및 펌핑(pumping) 기술을 사용할 수 있도록 하는 전송 시스템 구성 요소를 디자인하는 것이다.

[0015] 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유, 및 이러한 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 독립적으로 어드레싱하기 위한 장치 및 이러한 장치의 제작 방법은, 표준 단일-모드 광섬유에 비해, 굽힘 손실의 감소 및 전송 손실을 동시에 최적화하도록 혼선이 없으며 현저하게 많은 용량 레벨을 보장한다.

[0016] 본 발명에 따른 다중코어 광섬유에서, 절연된 코어들에 의해 공간 신호 증배(spatial signal multipication)가 가능해진다. 용어 "절연된 코어(insulated core)"는 코어들 간의 혼선이 최소한의 허용할 수 있는 레벨에 유지되는 상태로 이해하면 된다. 코어 절연은 광섬유 미세구조의 특성, 즉, 본 발명에 따른 광섬유 내의 코어가 굴절율 또는 피복의 굴절율이 작은 공간에 의해 서로 분리되는 특성에 의해 용이하게 되는데, 상기 공간은 가스, 바람직하게는, 공기 또는 유체 혹은 폴리머가 채워진 홀(hole) 또는 굴절율을 줄일 수 있도록 도핑된 또 다른 유리의 공간 형태로 구성될 수도 있다. 게다가, 본 발명에 따른 다중코어 광섬유는 정보통신이 아닌 적용분야, 예를 들어, 센서 분야에서도 사용하는 것이 가능하다.

[0017] 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유는 내부에 2개 이상의 기본 셀이 포함된 미세구조 영역(area of microstructure)을 포함하며, 각각의 기본 셀은 코어, 바람직하게는 유리, 구체적으로는 상기 미세구조 영역을 둘러싸는 폴리머 또는 도핑된(doped) 실리카 유리로 형성된 코어를 포함하며, 굴절율 혹은 피복의 굴절율이 작은 세로방향 영역(longitudinal area)을 포함하고, 상기 세로방향 영역은 가스, 특히, 공기 또는 유체 혹은 폴리머가 채워진 홀 또는 유리의 매트릭스, 특히 실리카 유리 또는 폴리머 내에 위치된, 굴절율을 줄일 수 있도록 도핑된 또 다른 유리의 공간 형태로 구성될 수 있다(이제부터, 홀로서 지칭됨). 홀의 굴절율 혹은 유리의 매트릭스, 특히, 실리카 유리 또는 폴리머의 굴절율이 줄어든다. 기본 셀은 코어의 D2 직경, 코어의 D3 직경, 및 인접한 홀들 간의 거리에 상응하는 격자 상수  $\Lambda$ 를 포함한다. 홀들의 중심들은 육각형의 면(side)들의 중앙 지점과 꼭지점(vertices)들에 위치되는데, 육각형의 중심은 코어(core)로 지정되고; 홀의 중심들로 형성된 육각형의 면의 길이  $c$ 는 격자 상수  $\Lambda$ 의 값의 2배와 똑같은 것이 바람직하다. 별별 배치될 때, 2개 이상의 기본 셀은 피복, 바람직하게는 유리, 특히 실리카 유리 또는 폴리머로 구성된 피복에 의해 둘러싸인다.

[0018] 코어의 외측 영역 및 홀을 둘러싸는 내측 영역은 바람직하게는 유리, 특히 실리카 유리 또는 폴리머로 형성되며

내측 피복을 구성한다. 홀들에 의해 형성된 영역은 내측의 미세구조형 피복을 구성한다. 기본 셀의 내측 미세구조형 피복의 외측 영역은 외측 피복에 의해 형성되며, 코어가 위치되는 영역 뿐만 아니라 내측 피복 및 내측 미세구조형 피복은 함께 미세구조 영역을 구성한다.

- [0019] 구조의 제1 기본 셀은 다중코어 광섬유의 기하학적 중심(geometrical center)에 위치되며, 다른 기본 셀들은 기본 셀의 면 또는 꼭지점들과 함께 제1 기본 셀에 결부된다(adhere). 서로 병렬 배치된 다른 기본 셀들이 홀들을 둘러싸는 공통의 코어를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0020] 제1 기본 셀이 다중코어 광섬유의 기하학적 중심에 위치되지 않는 경우, 미세구조 영역의 기하학적 무게중심(geometric center of gravity)은 본 발명에 따른 다중코어 광섬유의 기하학적 중심에 위치되는 것이 바람직하다.
- [0021] 다중코어 광섬유의 외측 피복의 D1 직경은 기본 셀을 채우는 구조의 개수에 따라 자유롭게 선택되는데, 최외측 홀로부터 실리카 유리의 매트릭스의 가장자리(edge)까지(외측 피복의 가장자리)  $30\text{ }\mu\text{m}$ 의 거리에 유지되는 것이 바람직하다.
- [0022] 기본 셀이 광섬유의 기하학적 중심에 위치되는 구조의 경우, 상기 기본 셀을 둘러싸는 기본 셀은 소위 제1 링을 형성한다. 기본 셀들이 공통의 면을 가지는 경우, 제1 링의 코어는 육각형의 꼭지점에 위치되며, 상기 육각형의 면 b는 격자 상수 값의 3배에 a를 곱한 값과 똑같은데, 여기서,  $a=2/3 \cdot \sqrt{3}$ 이다. 기본 셀들이 꼭지점을 공유하는 경우, 제1 링의 코어는 육각형의 꼭지점에 위치되고, 상기 육각형의 면 b는 격자 상수 값의 4배를 곱한 값과 똑같다.
- [0023] 기본 셀들이 면들을 공유하는 경우, 기본 셀 코어의 그 다음 링은 육각형의 면들의 중앙 지점과 꼭지점들에 위치되고, 상기 육각형의 면은 격자 상수 값의 6배에 a를 곱한 값과 똑같은데, 여기서,  $a=2/3 \cdot \sqrt{3}$ 이다. 기본 셀들이 꼭지점들을 공유하는 경우, 제1 링의 코어는 육각형의 꼭지점들에 위치되며, 상기 육각형의 면 d는 격자 상수 값의 8배를 곱한 값과 똑같다.
- [0024] 각각의 그 다음 링에 있어서, 승수(multiplier)는 산술적으로 증가되는(arithmetic increase) 것을 보여주며, 링의 개수가 증가될 때 다중코어 광섬유의 외측 피복의 수치 증가도 고려되어야 한다.
- [0025] 피복(내측 및 외측 모두)과 코어 재료의 굴절율들 간의 차이는 표준 단일-모드 광섬유 내의 굴절율들 간의 차이에 상응하는데,  $\lambda=1550\text{nm}$ 의 광파장(light wavelength)에 대해  $\Delta=5.63 \cdot 10^{-3} \pm 2.9 \cdot 10^{-3}$  이 되는 것이 바람직하다.
- [0026] 위에서 언급한 것과 같이, 바람직하게는, 피복과 코어의 굴절율 간의 차이로 인해, 바람직한 섬유 공정(fiber operation)을 구현할 수 있는데, 특히, 7-코어 섬유에 대해, 격자 상수  $\Lambda$ 는  $(7.8 \pm 3.6)\text{ }\mu\text{m}$ 이며, 섬유 코어 직경은  $(0.7 \pm 0.46) \cdot \Lambda$ 이고, 공기가 채워진 홀의 직경들은  $(0.7 \pm 0.3) \cdot \Lambda$ 이며, 피복 직경은  $\Lambda * 13 + (50 \pm 20)\text{ }\mu\text{m}$ 이다.
- [0027] 본 발명에서, 신호 증폭(signal amplification)이 발생되는 액티브 방식의 경우, 광섬유의 코어, 바람직하게는 실리카 유리로 제작된 코어는 바람직하게는  $3 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$  내지  $120 \cdot 10^{18}/\text{cm}^3$ 의 레벨에서 희토류 이온(ion of rare earth)으로, 바람직하게는 에르븀으로 도핑되며, 피복과 코어의 굴절율 간의 차이는  $\lambda=1550\text{nm}$ 의 광파장에 대해  $\Delta = 2.5 * 10^{-2}^{+1.6 \cdot 10^{-2}}_{-2.1 \cdot 10^{-2}}$  인 것이 바람직하다.
- [0028] 위에서 언급한 액티브 방식의 경우, 피복과 코어의 굴절율 간의 차이로 인해, 바람직한 섬유 공정을 구현할 수 있는데, 특히, 7-코어 섬유에 대해, 격자 상수  $\Lambda$ 는  $(7.8 \pm 3.6)\text{ }\mu\text{m}$ 이며, 섬유 코어 직경은  $(0.5 \pm 0.46) \cdot \Lambda$ 이고, 공기가 채워진 홀의 직경들은  $(0.6 \pm 0.3) \cdot \Lambda$ 이며, 피복 직경은  $\Lambda * 13 + (50 \pm 20)\text{ }\mu\text{m}$ 이다.
- [0029] 특히, 피복 직경은 자유롭게 증가될 수 있다. 피복과 코어의 또 다른 굴절율 뿐만 아니라 코어 혹은 홀을 채우는 재료의 또 다른 수량 및 배열로 인해, 바람직한 광섬유 공정은 기하학적 변수(geometric parameter)의 변형을 용이하게 한다.
- [0030] 액티브 방식으로 광섬유의 전송 경우, 미세구조형 광섬유는, 가스, 특히 공기 또는 유체 또는 폴리머가 채워진 홀의 추가 영역(이제부터, 홀로 지칭됨)으로 둘러싸여서, 추가적인 피복을 형성하는 것이 바람직하다. 홀의 상기 추가적인 영역(이제부터, 외측 미세구조형 피복으로 지칭됨)은 미세구조 영역을 둘러싼다. 외측 미세구조형 피복은 외측 피복을 2개의 영역: 즉 미세구조 영역의 외측 홀과 외측 미세구조형 피복 사이에 위치된 근위 외측

피복(proximal outer cladding) 및 광섬유의 에지에 대해 외측 미세구조형 피복의 외측에 위치된 원위 외측 피복(distal outer cladding)의 영역으로 분리한다(divide).

- [0031] 추가적인 피복으로 광섬유에서 외측 미세구조형 피복에 포함된 홀들은 원 또는 육각형의 꼭지점과 면들에 위치되는 것이 바람직하다. 이때, 외측 미세구조형 피복의 홀들의 직경이 격자 상수  $\Lambda$ 보다 더 작은 것이 바람직하다. 외측 미세구조형 피복에 포함된 홀들은 횡단면이 원형인 것이 바람직하며, 일정 거리에서, 적어도,  $30\text{ }\mu\text{m}$ 에서, 외측 미세구조형 피복을 구성하는 홀들이 육각형의 꼭지점들과 면들에 위치되는 경우, 외측 미세구조형 피복의 홀 중심들 간의 거리는 격자 상수  $\Lambda$ 와 똑같은 것이 바람직하다. 또한, 추가적인 피복을 가진 광섬유의 경우, 내측 미세구조형 피복을 구성하는 홀들의 직경들 또는 격자 상수는  $(20\pm 15)\%$ 만큼 줄어든 것이 바람직하다.
- [0032] 광섬유 클리빙(cleaving)을 용이하게 하는 것이 바람직한데, 몇몇, 바람직하게는, 미세구조에서 기본 셀의 최외측 홀은 포기되거나(given up) 및/또는 홀 크기는 자유롭게 변경되는 것이 바람직하다. 스플라이싱(splicing)을 용이하게 하기 위해서는, 광섬유의 구조 안에, 소위, 마커(marker), 가령, 예를 들어, 광 안내(light guidance)에 영향을 끼치지 않는 추가적인 홀(hole) 또는 홀들이 사용되는 것이 바람직하다.
- [0033] 본 발명에 따르면, 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치가 제공되는데, 상기 장치는, 바람직하게는 평행한 형상으로, 폴리머 모세관 또는 유리에 포함된 단일-코어, 단일-모드 광섬유(이제부터, 단일-모드 광섬유로 지칭됨)를 포함한다. 단일-모드 광섬유의 개수는 다중코어 광섬유의 코어의 개수와 상응한다. 단일-모드 광섬유의 모세관은 다른 면으로부터 다중코어 광섬유, 가령, 예를 들어 본 발명에 따른 미세구조형 광섬유와 연결된다. 모세관에서 광섬유의 횡단면은 다중코어 광섬유의 횡단면과 평행하다.
- [0034] 본 발명에 따른 미세구조형 광섬유의 모든 코어들이 어드레싱되지 않는 경우, 모세관 내의 단일-모드 광섬유는 유리 막대(glass rod)로 대체될 수 있는데, 상기 유리 막대의 직경은 단일-모드 광섬유의 직경과 똑같다. 모세관 내의 유리 막대의 개수는 단일-모드 광섬유와 연결되지 않는 다중코어 광섬유 내의 코어의 개수에 상응한다. 또 다른 시스템 제작예에서, 다중코어 광섬유의 코어의 레이아웃의 개수가 중앙 다중코어 광섬유의 코어 주위에서 밀폐 링(closed ring) 구조를 구성하지 않을 때, 유리 막대는 본 발명에 따른 다중코어 광섬유의 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 구조를 채우는 충전재(filling)를 제공한다.
- [0035] 유리 또는 폴리머 모세관은, 세로방향 인장력과 결합되고, 온도의 영향 하에서 기하학적 수치들의 변화에 민감한 재료로 제작된다. 모세관의 길이는 적절하게 선택되며, 필라멘트 스플라이저(filament splicer)에 따라, 바람직하게는 광섬유 요소(optical fiber element) 처리/연결 스테이션(station)에서, 동시에 가열하여, 당기기 위해(pulling), 장치 위에 장착할 수 있다. 유리 모세관이 실리카, 도핑되지 않은 유리로 제작되는 것이 바람직하다.
- [0036] 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 제작 방법은:
- [0037] (1) 다중코어 광섬유의 구조를 분석하고 다중코어 광섬유의 코어의 개수, 코어의 직경 및 코어 간의 거리를 결정하는 단계,
- [0038] (2) 다중코어 광섬유가 연결되고 단일-모드 광섬유의 테이퍼링 등급(scale of tapering)이 결정되는, 단일-모드 광섬유의 피복 및 코어의 직경 측정 단계,
- [0039] (3) 단일-모드 광섬유의 피복을 제거하고 그 표면을 세척하는 단계,
- [0040] (4) 바람직하게는 불산으로, 단일-모드 광섬유의 노출되고 세척된 단편(fragment)을 에칭하는 단계(etching)로서, 이들을 테이퍼링하고 서로 재조립한 후에, 다중코어 광섬유의 코어와 단일-모드 광섬유의 코어가 정렬(alignment)될 수 있으며,
- [0041] (5) 계산된 테이퍼링 등급에 따라, 단일-모드 광섬유를 테이퍼링하여, 단일-모드 광섬유의 코어의 직경을 다중코어 광섬유의 코어의 직경의 수치들과 동일하게 구현하는 단계(바람직한 경우),
- [0042] (6) 테이퍼링에 의해, 모세관을, 단일-모드 광섬유 및 유리 막대를 삽입하여, 삽입된 요소(element)가 이동되지 않거나 혹은 이동이 제한될 수 있도록 하는 크기로 준비하는 단계,
- [0043] (7) 단일-모드 광섬유와 유리 막대를 모세관에 배열하는 단계,
- [0044] (8) 가열 및 인장에 의해 모세관 내에 배열되고 스플라이싱된(spliced) 구조를 테이퍼링하고 클램핑하는 단계로서, 필요 시에는, 다중코어 광섬유도 테이퍼링되며,

- [0045] (9) 섬유를 조절하여 인장할 수 있도록 하기 위하여, 다양한 외측 직경과 내부 구조를 가진 광섬유를 위해, 바람직하게는 클리버(cleaver)로, 세로방향 모세관의 축에 대해 직각(right angle) 하에서, 배열되고 스플라이싱된 구조로, 모세관을 클리빙하는(cleaving) 단계로서, 모세관 내에 배열된 구조와 함께, 모세관 표면이 세척되는 것이 바람직하며,
- [0046] (10) 다중코어 광섬유를 클리빙하는 단계로서, 바람직하게는 광섬유의 표면을 세척하는 단계,
- [0047] (11) 모세관을 배열하거나 혹은 구조와 함께 다중코어 광섬유를 내부에 배열하고 용접하는 단계,
- [0048] (12) 임의의 공개된 기술에 의해, 바람직하게는 스플라이싱에 의해, 다중코어 광섬유를 모세관 및 내부의 구조에 연결하는 단계로 구성된다.
- [0049] 예칭 단계는, 불산을 사용하여, 바람직하게는 약 40% 농도의 불산을 사용하여, 21°C에서 수행되는 것이 바람직하다.
- [0050] 모세관 및 모세관의 내부 구조는, 모세관이, 배열된 광섬유와 함께, 내부 구조에 클램핑되도록 테이퍼링되는 것이 바람직하다.
- [0051] 단일-모드 광섬유의 직경이 본 발명에 따른 다중코어 광섬유의 코어들 간의 거리보다 현저하게 더 큰 경우, 테이퍼링 및 예칭 단계는 기술 공정(technological operation)의 순서에서 변경되는 것이 바람직하다. 연결된 광섬유의 기하학적 형상에 따라, 예칭 및/또는 테이퍼링 단계들이 생략될 수도 있다.
- [0052] 다중코어 광섬유의 코어의 직경이 단일-모드 광섬유의 코어의 직경과 상이한 경우, 테이퍼링 공정은 다중코어 광섬유의 코어의 직경과 모세관 내부 구조에 배열된 단일-모드 광섬유의 코어의 직경과 똑같아질 때까지 계속되며(기하학적 형상 측면에서 불가능하지 않는 한), 똑같아지지 않은 직경은 그대로 남겨진 상태로 있는 것이 바람직하고, 연결된 요소들에서 코어들 간의 공간이 똑같아지려고 시도된다. 본 발명에 따른 광섬유의 직경이 다중코어 광섬유에 연결된 단일-모드 광섬유의 직경보다 더 큰 경우, 모세관에서 테이퍼링한 후에도, 본 발명에 따른 광섬유가 테이퍼링되는 것이 바람직하다.
- [0053] 모세관 내의 구조 및 다중코어 광섬유는, 광이 다중코어 광섬유의 코어들 중 한 코어에 전달되도록 배열되는 것이 바람직하며, 스플라이싱 동안, 어떤 파워(power) 부분이 모세관 내의 단일-모드 광섬유들 중 하나에 전달되었는지를 체크함으로써, 상기 제작되고 스플라이싱된 연결이 조절된다. 또 다른 제작예에서, 광이 모세관 내의 단일-모드 광섬유들 중 하나에 전달되고, 스플라이싱 동안, 어떤 파워 부분이 다중코어 광섬유 내의 코어들 중 하나에 전달되었는지가 체크된다.
- [0054] 스플라이싱 공정은 임의의 공개된 유리 프로세서(glass processor), 바람직하게는 유리 처리 플랫폼(glass processing platform)으로 수행된다.  $250\text{ }\mu\text{m}$ 보다 크지 않은 외측 직경을 가진 다중코어 광섬유에 대해서는 필라멘트 스플라이서(filament splicer)가 사용되는 것이 바람직하며, 그보다 더 큰 직경에 대해서는 상기 필라멘트 스플라이서에 따라 광섬유 요소를 처리/연결하기 위해 스테이션(station)에서 스플라이싱 공정이 수행되는 것이 바람직하다. 또한, 필라멘트 스플라이서에 따라, 광섬유 처리/연결 스테이션으로 또는 필라멘트 스플라이서로, 단일-모드 광섬유, 모세관 및 배열되고 스플라이싱된 내부 구조를 가진 모세관의 테이퍼링 공정이 수행되는 것이 바람직하다.
- [0055] 스플라이싱 동안, 다중코어 광섬유의 직경 및 모세관의 기하학적 형상, 가령, 모세관 내부 구조에 따라, 유리 처리 플랫폼의 가열 요소(heating element)의 파워가, 광 손실이 작으면서도 내구성 있는 기계적 연결을 보장하는 레벨로 선택된다. 특정 광섬유 직경에 대한 설정(setting), 필라멘트 파워 레벨, 스플라이싱 시간, 스플라이싱 전의 지연(delay), 서로에 대한 광섬유의 이동 거리, 및 광섬유 간의 거리가 스플라이싱 공정 전에 실험적으로 선택된다.
- [0056] 신호 증폭이 필요 없는 짧은 안내 거리의 경우, 본 발명에 따른 미세구조형 안내 다중코어 광섬유는 코어를 어드레싱하기 위한 두 장치 사이에 위치되며, 이중 한 장치는 전송기(transmitter)와 표준 단일-모드 광섬유로 신호를 특정 코어에 전달할 수 있게 하고, 제2 장치는 특정 코어들로부터 신호를 수신하고 상기 신호를 표준 단일-모드 광섬유를 통해 수신기(receiver)로 재안내(redirect)할 수 있게 한다.
- [0057] 신호 증폭이 필요한 전송 거리의 경우, 전송 시스템은 다음과 같은 방법으로 배열되는 것이 바람직하다. 전송기로부터 나온 신호는 단일-모드 광섬유를 통해 코어를 어드레싱하기 위한 장치로 전송된다. 그 뒤, 상기 신호는 본 발명에 따른 미세구조형 광섬유를 통해 안내된다. 일정 거리에 전송되어 그 후에 하나의 정보통신 라인(telecommunication line) 내에서 주기적으로(cyclically) 증폭이 필요할 때, 증폭 모듈이 장착된다. 상기 증

폭 모듈에 의한 광 증폭(light amplification) 후에, 상기 신호는 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유를 통해 더 멀리 안내된다. 특정 코어로부터 나온 신호는 코어를 어드레싱하기 위한 장치를 사용하여 단일-모드 광섬유로 안내된다. 이런 방법으로, 상기 신호는 수신기로 전송된다. 증폭 모듈은 2개의 코어 어드레싱 장치로 구성되는데, 이 중 한 장치는 미세구조형 다중코어 광섬유의 특정 코어로부터 나온 신호를 단일-모드 광섬유로 안내하고, 제2 장치는 광섬유로부터 나온 신호를 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어로 전송할 수 있게 한다. 상기 증폭 모듈에서, 단일-모드 광섬유를 통해 신호 안내 라인에는, 통합된 광섬유 증폭 요소가 제공된다. 이러한 증폭 요소는 예를 들어 상업용의 에르븀-도핑된 섬유 증폭기(EDFA)일 수 있다.

[0058] 추가적인 피복이 제공된, 본 발명에 따른 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유를 사용하면, 증폭될 수 있게 된다. 여기서, 펌핑(pumping)은 가로방향 펌핑(lateral pumping)으로서 수행될 수 있거나 또는 본 발명에 따른 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유의 전방으로부터 펌핑이 수행될 수 있다. 가로방향 펌핑 및 전방 펌핑 기술은 이미 공개되어 있으며 본 전송 시스템의 상기 변형예에 적용하기 위해 임의로 변형할 필요가 없다. 본 발명에 따르면, 직접 펌핑 방식의 안내 시스템 변형예는, 전송기로부터 나온 신호가 표준 단일-모드 광섬유를 통해 독립 코어 어드레싱 장치에 안내되는 것을 특징으로 한다. 그 뒤, 상기 신호는 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유에 의해 안내된다. 신호가 일정 거리보다 더 멀리 전송되고 그 후에 신호 증폭이 필요한 경우(하나의 정보통신 라인 내에서 주기적으로), 증폭 모듈이 사용된다. 상기 증폭 모듈에서, 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유는 임의의 공개된 기술에 의해 본 발명에 따른 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유와 연결된다. 상기 연결로 인해, 추가적인 피복을 가진 본 발명의 변형예에 따른 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유가 펌핑된다. 그러면, 추가적인 피복을 가진 본 발명의 변형예에 따른 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유에서 신호가 증폭된다. 그러면, 본 발명에 따른 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유는 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 안내 광섬유로 스플라이싱되게 된다. 본 발명에 따른 광섬유를 통해 안내된 신호는 독립적인 코어 어드레싱 장치에 안내되며, 이 단계 후에, 특정 코어들로부터 나온 신호들은 표준 광섬유를 통해 수신기로 전송된다.

[0059] 또한, 본 발명에 따른 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유 뿐만 아니라 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유를 사용하는 그 외의 다른 전송 시스템을 제작하는 것도 가능하다.

### 도면의 간단한 설명

[0060] 이제, 도면에서 본 발명에 따른 미세구조형 광섬유가 도시되는데:

도 1은 본 발명에 따른 광섬유의 횡단면의 바람직한 제작예,

도 2는 기본 셀의 레이아웃의 그 외의 다른 바람직한 변형예,

도 3은 본 발명에 따른 광섬유의 횡단면의 또 다른 바람직한 제작예,

도 4는 본 발명에 따른 광섬유의 횡단면의 또 다른 바람직한 제작예,

도 5는 본 발명에 따른 광섬유의 횡단면의 또 다른 바람직한 제작예,

도 6은 본 발명에 따른 광섬유의 횡단면의 또 다른 바람직한 제작예,

도 7은 추가적인 피복을 가진 본 발명에 따른 광섬유,

도 8은 또 다른 형상의 추가적인 피복을 가진 본 발명에 따른 광섬유,

도 9는 또 다른 형상의 추가적인 피복을 가진 본 발명에 따른 광섬유,

도 10은 모세관 내에 위치된 단일-모드 광섬유의 횡단면,

도 11은 내부 광섬유 구조와 함께 배열된, 모세관을 가진 다중코어 광섬유의 개략적인 병렬 배치 상태,

도 12는 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유를 사용하는 안내 시스템의 바람직한 제작예,

도 13은 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유를 사용하는 안내 시스템의 또 다른 바람직한 제작예,

도 14는 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유를 사용하는 안내 시스템의 또 다른 바람직한 제작예,

도 15는, 바람직하게는 마커 위치(6.1)에 있는, 본 발명에 따른 광섬유, 및

도 16은, 또 다른 바람직한 마커 위치를 가진, 본 발명에 따른 광섬유의 바람직한 제작예를 도시한다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

### 실시예 I

[0061] 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유(또한, 미세구조형 다중코어 안내 광섬유로도 지칭됨)는 내부에 기본 셀(basic cell)이 포함된(embedded) 미세구조 영역을 포함하는데, 각각의 기본 셀은 상기 미세구조 영역을 둘러싸는 도핑된(doped) 실리카 유리의 한 코어를 포함하며, 공기가 채워진 세로방향 홀(또한, 홀로도 지칭됨)들이 실리카 유리의 매트릭스(matrix)에 위치된다.

[0062] 피복 재료(내측 및 외측 모두)와 코어 재료의 굴절율들 간의 차이는  $\lambda=1550\text{nm}$ 의 광파장(light wavelength)에 대해  $\Delta=5.2 \cdot 10^{-3} \pm 0.5 \cdot 10^{-3}$  이 된다.

[0063] 기본 셀은 D2 코어 직경, D3 홀 직경, 및 인접한 홀들의 중심들 간의 거리에 상응하는 격자 상수  $\Lambda$ 로 특징지어진다. 홀들의 중심들은 육각형의 면(side)들의 중앙 지점과 꼭지점들에 위치되는데, 육각형의 중심은 코어로 지칭되고; 홀의 축들로 형성된 육각형의 면의 길이 c는 격자 상수  $\Lambda$ 의 값의 2배와 똑같다. 미세구조 영역 내에 병렬 배치된(juxtaposed) 기본 셀은 외측 피복으로 덮혀 있다.

[0064] 구조의 제1 기본 셀은 다중코어 광섬유의 기하학적 중심(geometric center)에 위치되며, 다른 기본 셀들은 기본 셀의 면들에 결부된다(adhere). 서로 병렬 배치된 다른 기본 셀들은 홀들을 둘러싸는 코어와 공유된다.

[0065] 광섬유의 기하학적 중심에 위치되고 다른 기본 셀을 둘러싸는 기본 셀은 소위 제1 링을 구성한다. 제1 링의 코어는 육각형의 꼭지점에 위치되며, 상기 육각형의 면 b는 격자 상수 값의 3배에 a를 곱한 값과 똑같은데, 여기서,  $a=2/3 \cdot \sqrt{3}$ 이다.

[0066] 광섬유의 기하학적 변수는 다음과 같이 결정된다:

- 피복 4.1의 D1 외측 직경은  $(146.4 \pm 5) \mu\text{m}$ ;

- 2.1의 D2 코어 직경은  $(8.2 \pm 0.5) \mu\text{m}$ ;

- 3.1의 D3 홀 직경은  $(7.7 \pm 0.2) \mu\text{m}$ ;

- 격자 상수  $\Lambda$ 는  $(8.2 \pm 0.5) \mu\text{m}$ 이다.

[0067] 상기 제작예에서, 다중코어 광섬유의 코어의 직경은 표준 단일-모드 광섬유의 코어의 직경과 거의 동일하다.

[0068] 본 발명에 따르면, 미세구조형 다중코어 안내 광섬유의 코어를 어드레싱(addressing)하기 위한 장치는 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유를 통해 연결되고 모세관 내에 포함된 7개의 표준 단일-모드 광섬유를 포함한다. 모세관 내의 광섬유의 횡단면은 다중코어 광섬유의 횡단면에 대해 평행하게 배열된다.

[0069] 모세관은, 세로방향 인장력(longitudinal tension)과 조합되고, 온도의 영향 하에서 기하학적 수치(geometric dimension)들의 변화에 민감한 재료로 제작된다. 모세관은 도핑되지 않은(undoped) 실리카 유리로 제작된다.

[0070] 코어를 어드레싱하기 위한 장치의 제작 방법은 다음의 단계들로 구성된다:

[0071] (1) 다중코어 광섬유의 구조를 분석하고 다중코어 광섬유의 코어의 개수, 코어의 직경 및 코어 간의 거리를 결정하는 단계,

[0072] (2) 다중코어 광섬유가 연결되고 단일-모드 광섬유의 테이퍼링 등급(scale of tapering)이 결정되는, 단일-모드 광섬유 S.2의 피복 및 코어 S.1의 직경 측정 단계,

[0073] (3) 단일-모드 광섬유의 피복을 제거하고 그 표면을 세척하는 단계,

[0074] (4) 바람직하게는 불산으로, 단일-모드 광섬유의 노출되고 세척된 단편(fragment)을 에칭하는 단계(etching)로서, 다중코어 광섬유의 코어와 단일-모드 광섬유의 코어가 정렬(alignment)될 수 있으며,

[0075] (5) 계산된 테이퍼링 등급에 따라, 단일-모드 광섬유를 테이퍼링하여, 단일-모드 광섬유의 코어의 직경을 다중코어 광섬유의 코어의 직경의 수치들과 동일하게 구현하는 단계,

[0076] (6) 테이퍼링에 의해, 모세관 S.3을, 단일-모드 광섬유 및 유리 막대(glass rod)를 삽입하여, 삽입된 요소(element)가 이동되지 않거나 혹은 이동이 제한될 수 있도록 하는 크기로 준비하는 단계,

- [0082] (7) 단일-모드 광섬유와 유리 막대를 모세관에 배열하는 단계,
- [0083] (8) 가열 및 인장에 의해 모세관 내에 배열되고 스플라이싱된(sPLICed) 구조를 테이퍼링하고 클램핑하는 단계로서, 다중코어 광섬유도 테이퍼링되며,
- [0084] (9) 섬유를 조절하여 인장할 수 있도록 하기 위하여, 다양한 외측 직경과 내부 구조를 가진 광섬유를 위해 클리버(cleaver)로, 세로방향 모세관의 축에 대해 직각(right angle) 하에서, 배열되고 스플라이싱된 구조로, 모세관을 클리빙하는(cleaving) 단계,
- [0085] (10) 다중코어 광섬유를 클리빙하는 단계,
- [0086] (11) 모세관을 배열하거나 혹은 구조와 함께 다중코어 광섬유를 내부에 배열하고 용접하는 단계,
- [0087] (12) 다중코어 광섬유를 모세관 및 내부의 구조에 연결하는 단계로 구성된다.
- [0088] 7개의 코어를 가진 다중코어 광섬유를 표준 단일-모드 광섬유(7)와 연결할 때, 다중코어 광섬유의 코어 개수, 다중코어 광섬유의 코어 직경( $8.2 \mu\text{m}$ ), 다중코어 광섬유의 직경들 간의 거리(약  $28 \mu\text{m}$ )를 결정할 필요가 있다. 단일-모드 광섬유의 피복의 직경(약  $125 \mu\text{m}$ ), 뿐만 아니라 다중코어 광섬유의 피복의 직경(약  $146 \mu\text{m}$ )가 결정된다.
- [0089] 40% 농도의 불산을 사용하여  $21^\circ\text{C}$ 에서 예칭 단계를 수행하였다. 예칭 속도는 약  $63 \mu\text{m}/\text{h}$ 로써, 약 46분 내에  $28 \mu\text{m}$ 의 단일-모드 광섬유의 필요 직경을 구현할 수 있었다.
- [0090]  $200 \mu\text{m}$ 의 초기 내측 직경과  $286 \mu\text{m}$ 의 외측 직경을 가진 모세관을, 각각,  $89 \mu\text{m}$  및  $127 \mu\text{m}$ 의 상응하는 직경으로 테이퍼링하였다.
- [0091] 예칭된 단일-모드 광섬유를 모세관 내에 배열하여, 하나의 모세관 안에 7개의 광섬유가 모두 배열될 때까지,  $89 \mu\text{m}/127 \mu\text{m}$ 으로 테이퍼링하였다.
- [0092] 모세관 및 모세관의 내부 구조를, 모세관이, 배열된 광섬유와 함께, 내부 구조에 클램핑되도록 테이퍼링하였다. 이에 따라, 모세관을, 예칭된 단일-모드 광섬유와 함께,  $89/127 \mu\text{m}$  크기로부터  $72 \mu\text{m}/103 \mu\text{m}$  크기로 줄어들도록 테이퍼링하였다.
- [0093] 모세관 및 모세관의 내부의 용접된 구조의 테이퍼링 공정(tapering process) 동안에, 광섬유 코어의 직경도 줄어들고( $7 \mu\text{m}$ 까지) 코어들 간의 거리도  $24 \mu\text{m}$ 까지 줄어들기 때문에, 다중코어 광섬유도 테이퍼링된다. 다중코어 광섬유는 코어 직경이 약  $7 \mu\text{m}$ 에 도달할 때까지(즉 피복 직경이 약  $125 \mu\text{m}$ 가 될 때까지) 테이퍼링된다.
- [0094] 모세관이 클리빙되며, 모세관 내부에 용접되고, 광섬유가 예칭된 후에, 그리고, 테이퍼링된 다중코어 광섬유의 클리빙 후에, 다중코어 광섬유 및 모세관 구조는, 광이 다중코어 광섬유의 외측 코어들 중 한 코어에 전달되고, 스플라이싱(splicing) 동안, 어떤 파워 부분이 모세관 내의 단일-모드 광섬유들 중 하나에 전달되는지를 체크하도록 배열된다.
- [0095] 단일-모드 광섬유, 모세관 및 배열되고 용접된 구조를 가진 모세관은, 광섬유 요소의 처리/연결을 위해 사용되는 바이트란 GPX-3400 필라멘트 스플라이저(Vytran GPX-3400 filament splicer)로 테이퍼링된다.
- [0096] 스플라이싱 동안, 내부 구조를 가진 모세관의 기하학적 형상 및 다중코어 광섬유의 직경에 따라, 유리 처리 플랫폼(glass processing platform)의 발열량(heating power)이 선택되며, 이에 따라 얻어진 연결은 기계적으로 내구성을 가지며 광학 손실(optical loss)이 작았다. 바이트란 GPX-3400 유리 처리 플랫폼의 광섬유 요소 처리/연결을 위한 미리-설정된 값은 다음과 같다:

### 표 1

파워 [W]	스플라이싱 시 간 [s]	스플라이싱 전의 지연 [s]	서로에 대한 광섬유의 동 거리 [ $\mu\text{m}$ ]	스플라이싱 이전의 광섬유들 간의 거리 [ $\mu\text{m}$ ]
60	7	0.2	14	8

- [0098] 본 발명에 따르면, 공간 증배(spatial multiplication)를 이용하여, 미세구조형 다중코어 안내 광섬유를 사용하는 신호 전송 방법은 공개된 전송 시스템(transmission system)을 위한 한 대안예이다. 다중코어 광섬유를 사용하는 전송 방법은 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 안내 광섬유가 주된 안내 매체(guidance medium)로서 사용되게 한다. 다중코어 광섬유에서 코어를 어드레싱하는 문제는, 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유의

코어를 독립적으로 어드레싱하기 위한 기술 및 장치를 사용하여 해결된다.

[0099] 신호 전송 거리가 작아서 증폭(amplification)이 필요 없는 경우(도 12 참조), 본 발명에 따른 미세구조형 다중 코어 안내 광섬유(1)는 코어를 어드레싱하기 위한 2개의 장치(3 및 4) 사이에 배열되며, 이 중 한 장치는 전송기(5)와 표준 단일-모드 광섬유(2)에 의해 신호를 특정 코어에 전송할 수 있게 하며, 제2 장치(4)는 특정 코어로부터 신호를 수신하여 이 신호를 표준 단일-모드 광섬유(2)를 통해 수신기(6)로 안내할 수 있게 한다.

[0100] 신호 증폭(signal amplification)이 필요한 전송 거리의 경우, 다음의 방법으로 배열된다(도 13 참조). 전송기(5)로부터 나온 신호는 단일-모드 광섬유(2)를 통해 코어 어드레싱 장치(3)로 안내된다(guided). 그 뒤, 상기 신호는 본 발명에 따른 미세구조형 광섬유(1)에 의해 안내된다. 증폭이 필요한 거리에서는, 하나의 정보통신 라인(telecommunication line) 내에서 다중 반복(multiple repetition)을 위해 증폭 모듈(7)이 장착된다. 상기 증폭 모듈(7)에 의한 광 증폭(light amplification) 후에, 상기 신호는 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 안내 광섬유를 통해 더 멀리 안내된다. 특정 코어로부터 나온 신호는 코어 어드레싱 장치(4)를 사용하여 단일-모드 광섬유(2)로 안내된다. 이런 방법으로, 상기 신호는 수신기(6)로 전송된다. 증폭 모듈(7)은 코어를 어드레싱하기 위한 2개의 장치('4' 및 '3')로 구성되는데, 이 중 제1 장치('4')는 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 안내 광섬유의 특정 코어로부터 나온 신호를 단일-모드 광섬유(2)로 안내하고, 제2 장치('3')는 광섬유(2)로부터 나온 신호를 미세구조형 다중코어 광섬유(1)의 코어로 전송한다. 증폭 모듈(7)에서, 단일-모드 광섬유(2)를 통해 신호 안내 라인에는, 통합된 광섬유 증폭 요소(8)가 제공된다. 이러한 증폭 요소(8)는 예를 들어 상업용의 에르븀-도핑된 섬유 증폭기(erbium-doped fiber amplifier: EDFA)일 수 있다.

## 실시예 II

[0102] 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유는 내부에 기본 셀이 포함된 미세구조 영역을 포함하는데, 각각의 기본 셀은 상기 미세구조 영역을 둘러싸는 도핑된 실리카 유리의 한 코어를 포함하며, 공기가 채워진 세로방향 훌(또한, 훌로도 지칭됨)들이 실리카 유리의 매트릭스에 위치된다.

[0103] 피복 재료(내측 및 외측 모두)와 코어 재료의 굴절율들 간의 차이는  $\lambda=1550\text{nm}$ 의 광파장에 대해  $\Delta=5.2 \cdot 10^{-3} \pm 0.5 \cdot 10^{-3}$  이 된다.

[0104] 기본 셀은 D2 코어 직경, D3 훌 직경, 및 인접한 훌들의 중심들 간의 거리에 상응하는 격자 상수  $\Lambda$ 로 특징지어진다. 훌들의 중심들은 육각형의 면들의 중앙 지점과 꼭지점들에 위치되는데, 육각형의 중심은 코어로 지정되고; 훌의 축들로 형성된 육각형의 면의 길이 c는 격자 상수  $\Lambda$ 의 값의 2배와 똑같다. 미세구조 영역 내에 병렬 배치된(juxtaposed) 기본 셀은 외측 피복으로 덮혀 있다.

[0105] 구조의 제1 기본 셀은 다중코어 광섬유의 기하학적 중심에 위치되며, 다른 기본 셀들은 기본 셀의 면들에 결부된다. 서로 병렬 배치된 다른 기본 셀들은 훌들을 둘러싸는 코어와 공유된다.

[0106] 광섬유의 기하학적 중심에 위치되고 다른 기본 셀을 둘러싸는 기본 셀은 소위 제1 링을 구성한다. 제1 링의 코어는 육각형의 꼭지점에 위치되며, 상기 육각형의 면 b는 격자 상수 값의 3배에 a를 곱한 값과 똑같은데, 여기서,  $a=2/3 \cdot \sqrt{3}$ 이다.

[0107] 광섬유의 기하학적 변수는 다음과 같이 결정된다:

[0108] - 피복 4.1의 D1 외측 직경은  $(125 \pm 5) \mu\text{m}$ ;

[0109] - 2.1의 D2 코어 직경은  $(7 \pm 0.5) \mu\text{m}$ ;

[0110] - 3.1의 D3 훌 직경은  $(6.6 \pm 0.2) \mu\text{m}$ ;

[0111] - 격자 상수  $\Lambda$ 는  $(7 \pm 0.5) \mu\text{m}$ 이다.

[0112] 상기 제작예에서, 다중코어 광섬유의 코어의 직경은 표준 단일-모드 광섬유의 코어의 직경과 거의 동일하다.

[0113] 본 발명에 따른 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유는 내부에 기본 셀이 위치된 미세구조 영역을 포함하는데, 각각의 기본 셀은 상기 미세구조 영역을 둘러싸는 실리카 유리의 한 코어를 포함하며, 공기가 채워진 12개의 세로방향 훌(또한, 훌로도 지칭됨)들이 실리카 유리의 매트릭스(matrix)에 위치된다. 피복 재료(내측 및 외측 모두)와 코어 재료의 굴절율들 간의 차이는  $\lambda=1550\text{nm}$ 의 광파장에 대해  $2.5 \cdot 10^{-2} \pm 0.5 \cdot 10^{-2}$  이 된다. 여기서, 코어는 약  $20 \cdot 10^{18} / \text{cm}^{-3}$  내지 약  $100 \cdot 10^{18} / \text{cm}^{-3}$ 의 레벨에서 에르븀으로 도핑된다.

- [0114] 기본 셀은 D2 코어 직경, D3 홀 직경, 및 격자 상수  $\Lambda$ 에 상응하는 홀들 간의 거리로 특징지어진다.
- [0115] 홀들의 중심들은 육각형의 면들의 중앙 지점과 꼭지점들에 위치되는데, 육각형의 중심은 코어로 지칭되고; 홀의 축들로 형성된 육각형의 면의 길이 c는 네트워크 상수(network constant)  $\Lambda$ 의 값의 2배와 똑같다. 미세구조 영역 내에 위치된 기본 셀은 외측 피복으로 덮혀 있다.
- [0116] 구조의 제1 기본 셀은 다중코어 광섬유의 기하학적 중심에 위치되는 것이 바람직하며, 다른 기본 셀들은 면 또는 꼭지점들을 가진 제1 기본 셀에 결부된다. 서로 별별 배치된 다른 기본 셀들은 홀들을 둘러싸는 공통 코어를 공유한다.
- [0117] 광섬유의 기하학적 중심에 위치되고 다른 기본 셀을 둘러싸는 기본 셀은 소위 제1 링을 구성한다. 제1 링의 코어는 육각형의 꼭지점에 위치되며, 상기 육각형의 면 b는 격자 상수 값의 3배에 a를 곱한 값과 똑같은데, 여기서,  $a=2/3 \cdot \sqrt{3}$ 이다.
- [0118] 본 발명에 따른 광섬유는, 기본 셀들로 형성된 미세구조 영역 주위에 추가적인 그룹의 홀들을 위치시킴으로써, 추가적인 피복을 가진다.
- [0119] 광섬유 내에서 추가적인 피복을 가진 외측 미세구조형 피복의 일부인 상기 홀들은 D4 반경(radius)을 가진 원에 위치된다. 이때, 외측 미세구조형 피복의 D5 홀 직경의 크기는 네트워크 상수  $\Lambda$ 보다 더 작다. 외측 미세구조형 피복의 홀들은 횡단면이 원 형태로 구성되고 섬유 가장자리(edge)로부터 일정한 거리, 적어도  $30\text{ }\mu\text{m}$ 에 위치된다.
- [0120] 추가적인 피복을 가진 7-코어 광섬유의 수치들은 다음과 같이 결정된다:
- [0121] - 피복 4.1의 D1 외측 직경은  $(151\pm 5)\text{ }\mu\text{m}$ ;
  - [0122] - 2.1의 D2 코어 직경은  $(2.9\pm 0.5)\text{ }\mu\text{m}$ ;
  - [0123] - 3.1의 D3 홀 직경은  $(5.5\pm 0.5)\text{ }\mu\text{m}$ ;
  - [0124] - 격자 상수  $\Lambda$ 는  $(7\pm 0.5)\text{ }\mu\text{m}$ ;
  - [0125] - 추가적인 피복의 D4 반경은  $(90\pm 2)\text{ }\mu\text{m}$ ;
  - [0126] - 추가적인 피복을 형성하는 5.1의 홀들의 D5 직경은  $(6\pm 0.5)\text{ }\mu\text{m}$ 이다.
- [0127] 본 발명에 따르면, 미세구조형 다중코어 광섬유를 어드레싱하기 위한 장치는 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유를 통해 연결되고 모세관 내에 위치된 7개의 표준 단일-모드 광섬유를 포함한다. 모세관 내의 광섬유의 횡단면은 다중코어 광섬유의 횡단면에 대해 평행하게 배열된다.
- [0128] 모세관은, 세로방향 인장력과 조합되고, 온도의 영향 하에서 기하학적 수치들의 변화에 민감한 재료로 제작된다. 모세관은 도핑되지 않은 실리카 유리로 제작된다.
- [0129] 코어 어드레싱 장치의 제작 방법(1-12 단계)은 실시예 I과 동일하다. 7개의 코어를 가진 다중코어 광섬유를 표준 단일-모드 광섬유와 연결할 때, 다음의 변수들이 정의된다: 다중코어 광섬유(7)의 코어 개수, 다중코어 광섬유의 코어 직경( $7\text{ }\mu\text{m}$ ), 다중코어 광섬유의 코어들 간의 거리(약  $24\text{ }\mu\text{m}$ ). 단일-모드 광섬유의 피복의 직경(약  $125\text{ }\mu\text{m}$ ), 뿐만 아니라 다중코어 광섬유의 피복의 직경(약  $125\text{ }\mu\text{m}$ )가 결정된다.
- [0130] 20% 농도의 불산을 사용하여  $21^\circ\text{C}$ 에서 에칭 단계를 수행하였다. 에칭 속도는 약  $15\text{ }\mu\text{m}/\text{h}$ 로써, 약 158분 내에  $28\text{ }\mu\text{m}$ 의 단일-모드 광섬유의 필요 직경을 구현할 수 있었다.
- [0131]  $200\text{ }\mu\text{m}$ 의 초기 내측 직경과  $286\text{ }\mu\text{m}$ 의 외측 직경을 가진 모세관을, 각각,  $89\text{ }\mu\text{m}$  및  $127\text{ }\mu\text{m}$ 의 상응하는 직경으로 테이퍼링하였다.
- [0132] 에칭된 단일-모드 광섬유를 모세관 내에 배열하여, 하나의 모세관 안에 7개의 광섬유가 모두 배열될 때까지,  $89\text{ }\mu\text{m}/127\text{ }\mu\text{m}$ 으로 테이퍼링하였다.
- [0133] 모세관 및 모세관의 내부 구조를, 모세관이, 배열된 광섬유와 함께, 내부 구조에 클램핑되도록 테이퍼링하였다. 이에 따라, 모세관을, 에칭된 단일-모드 광섬유와 함께,  $89/127\text{ }\mu\text{m}$  크기로부터  $72\text{ }\mu\text{m}/103\text{ }\mu\text{m}$  크기로 줄어들도록 테이퍼링하였다.
- [0134] 모세관이 클리빙되면, 모세관 내부에 용접되고, 광섬유가 에칭된 후에, 그리고, 테이퍼링된 다중코어 광섬유의

커팅(cutting) 후에, 다중코어 광섬유 및 모세관 구조는, 광이 다중코어 광섬유의 외측 코어들 중 한 코어에 전달되고, 스플라이싱(splicing) 동안, 어떤 파워 부분이 모세관 내의 단일-모드 광섬유들 중 하나에 전달되는지를 체크하도록 배열된다.

[0135] 단일-모드 광섬유, 모세관 및 배열되고 용접된 구조를 가진 모세관은, 광섬유 요소의 처리/연결을 위해 사용되는 바이트란 GPX-3400 필라멘트 스플라이서로 테이퍼링된다.

[0136] 스플라이싱 동안, 내부 구조를 가진 모세관의 기하학적 형상 및 다중코어 광섬유의 직경에 따라, 유리 처리 플랫폼의 발열량이 선택되며, 이에 따라 얻어진 연결은 기계적으로 내구성을 가지며 광학 손실이 작았다. 바이트란 GPX-3400 필라멘트 스플라이서를 위한 광섬유 요소 처리/연결의 미리-설정된 값은 다음과 같다:

표 2

파워 [W]	스플라이싱 시간 [s]	스플라이싱 전의 지연 [s]	서로에 대한 광섬유의 이동 거리 [ $\mu\text{m}$ ]	스플라이싱 이전의 광섬유들 간의 거리 [ $\mu\text{m}$ ]
58	7	0.2	14	8

[0138] 본 발명에 따르면, 공간 증배(spatial multiplication)를 이용하여, 미세구조형 다중코어 안내 광섬유를 사용하는 신호 전송 방법은 공개된 전송 시스템을 위한 한 대안에이다. 다중코어 광섬유를 사용하는 전송 방법은 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 안내 광섬유가 주된 안내 매체(guidance medium)로서 사용되게 한다. 다중코어 광섬유에서 코어를 어드레싱하는 문제는, 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유의 코어를 독립적으로 어드레싱하기 위한 기술 및 장치를 사용하여 해결된다.

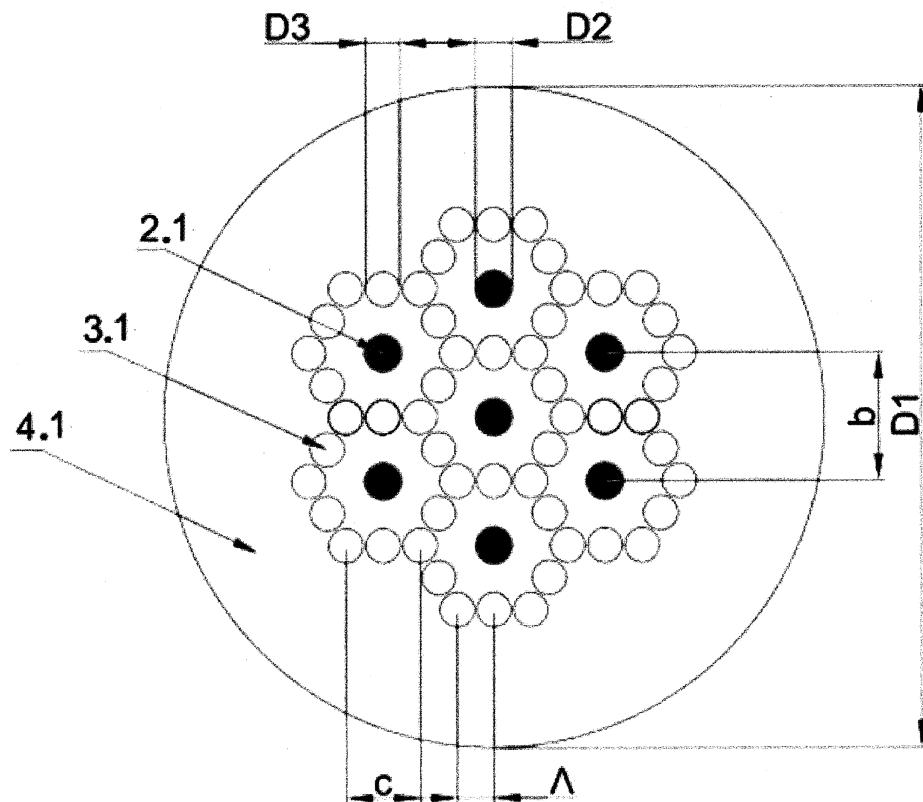
[0139] 전송 거리가 신호 증폭을 필요로 하면, 다음의 방법으로 배열된다(도 14 참조).

[0140] 추가적인 피복을 가진 본 발명의 변형예에 따르면, 신호 전송 동안, 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유에 직접 펌핑된다(pumping). 여기서, 추가적인 피복을 가진 본 발명의 변형예에 따르면, 펌핑은 가로방향 펌핑(lateral pumping)으로서 수행될 수 있거나 또는 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유의 전방으로부터 펌핑이 수행될 수 있다. 가로방향 펌핑 및 전방 펌핑 기술은 이미 공개되어 있으며 본 안내 시스템의 상기 변형예에 적용하기 위해 임의로 변형할 필요가 없다. 본 발명에 따르면, 직접 펌핑 방식의 안내 시스템 변형예는, 전송기(5)로부터 나온 신호가 표준 단일-모드 광섬유(2)를 통해 독립 코어 어드레싱 장치(3)에 안내되는 것을 특징으로 한다. 그 뒤, 상기 신호는 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유(1)에 의해 안내된다.

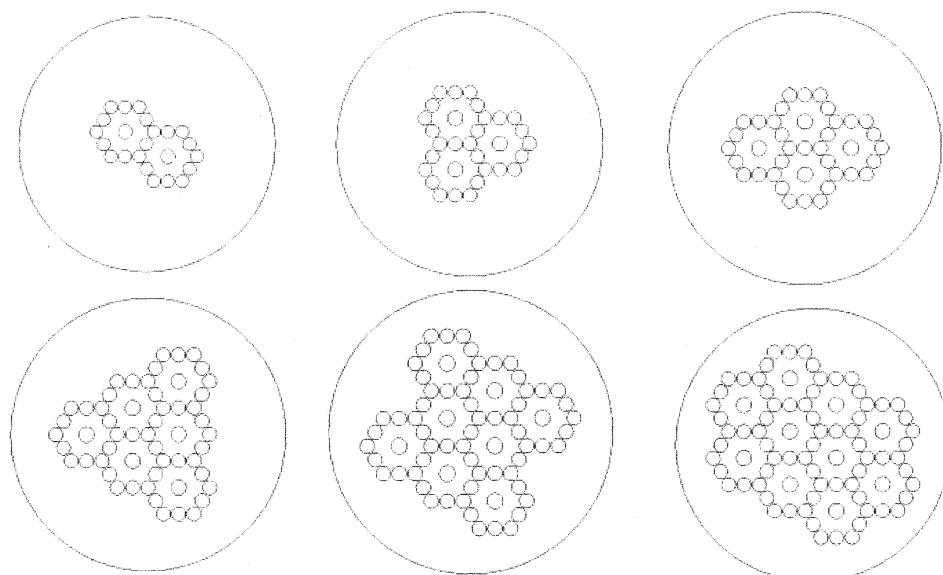
[0141] 신호가 일정 거리보다 더 멀리 전송되고 그 후에 신호 증폭이 필요한 경우, 증폭 모듈(7)이 사용된다(하나의 정보통신 라인(telecommunication line) 내에서 주기적으로). 요소(9)에서, 광섬유(10)를 펌핑하고 광섬유(1')를 광섬유(1)와 스플라이싱 연결시키는 공개된 기술에 의해, 추가적인 피복을 가진 본 발명의 변형예에 따른 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유(1')가 펌핑된다. 구체적으로, 액티브 섬유가 펌핑되는 기술 쪽은 본 발명의 핵심 기능에 있어 중요하지 않다. 추가적인 피복을 가진 본 발명의 변형예에 따른 미세구조형 액티브 다중코어 광섬유(1')에서 신호가 증폭되며; 상기 광섬유는 스플라이싱된 연결부(11)를 통해 본 발명에 따른 미세구조형 다중코어 광섬유(1)와 연결된다. 그 뒤, 상기 신호는 광섬유(1)를 통해 본 발명에 따른 독립 코어 어드레싱 장치(4)에 안내되고, 이 단계 후에, 특정 코어들로부터 나온 신호들은 표준 광섬유(2)를 통해 수신기(6)로 전송된다.

도면

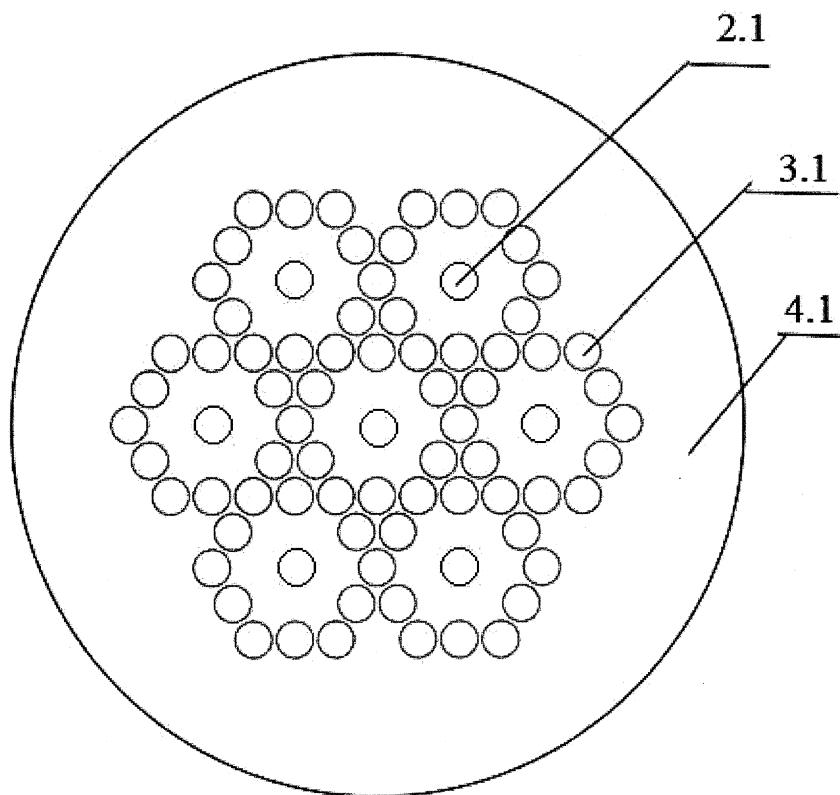
도면1



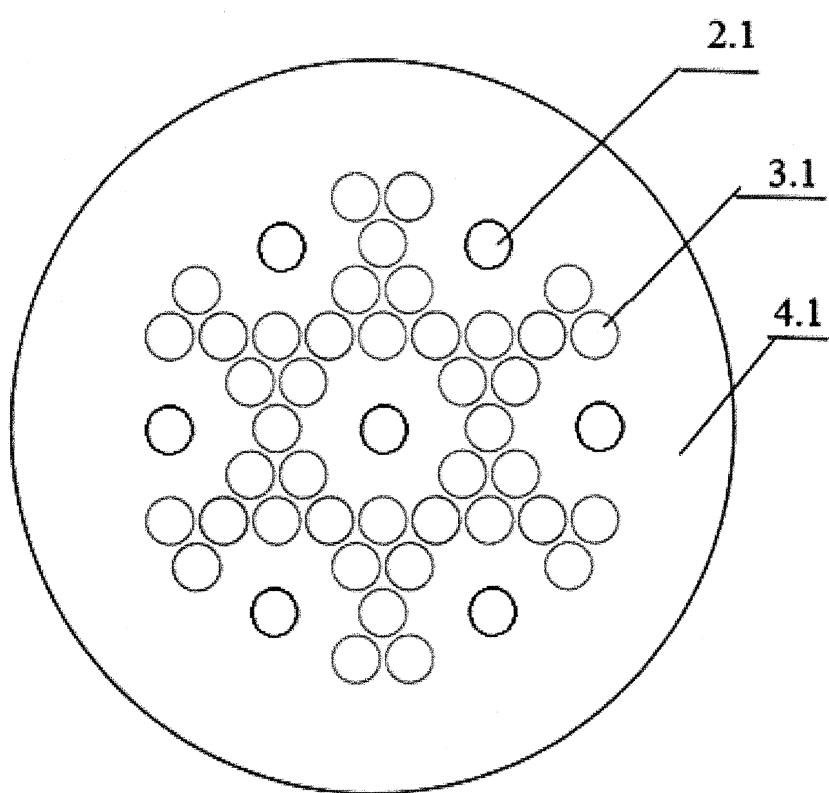
도면2



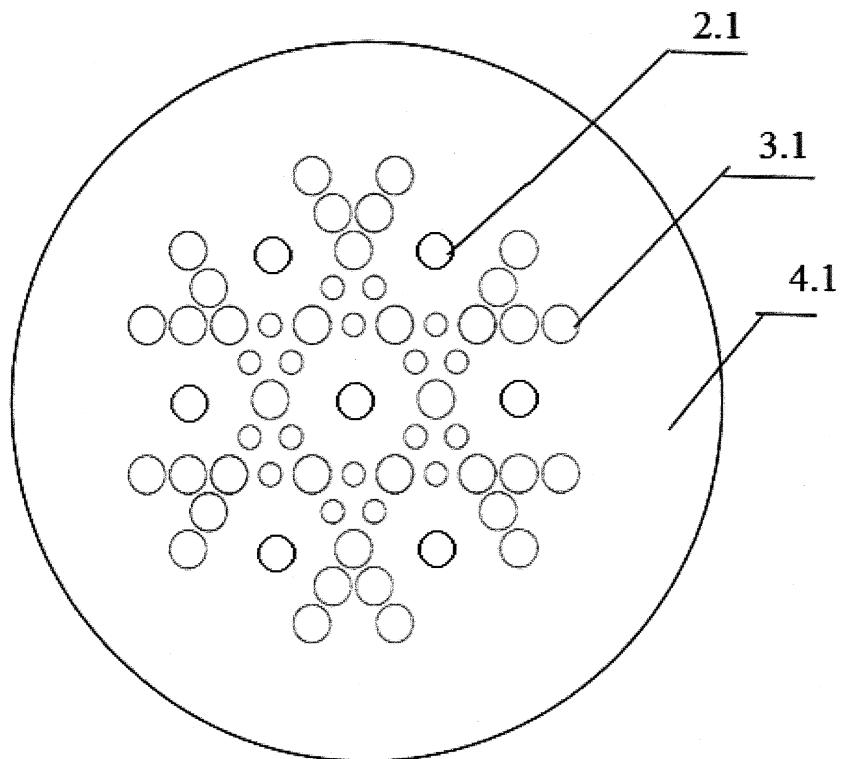
도면3



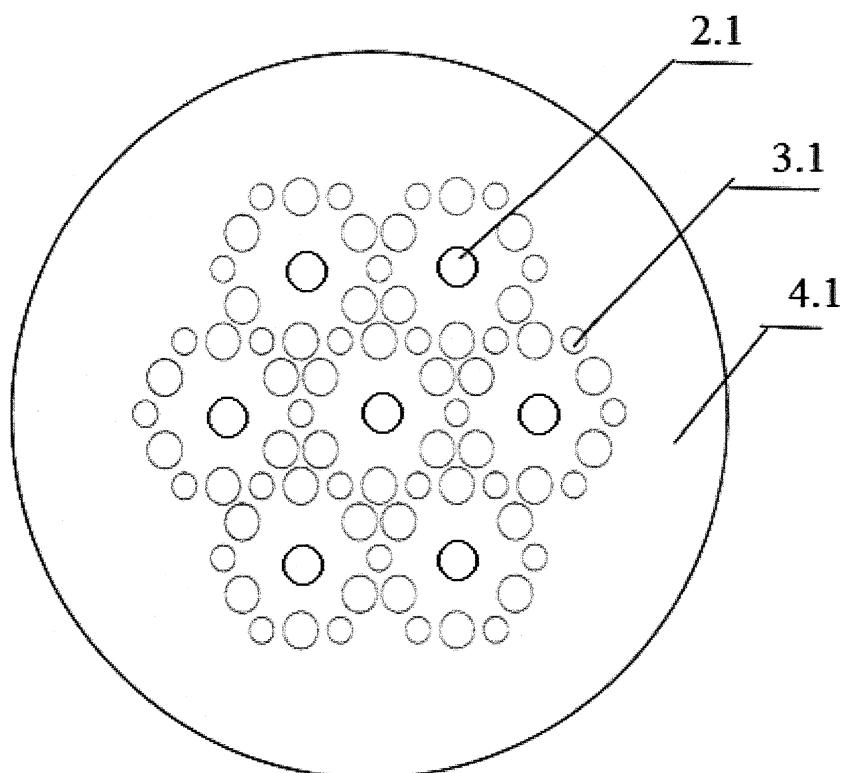
도면4



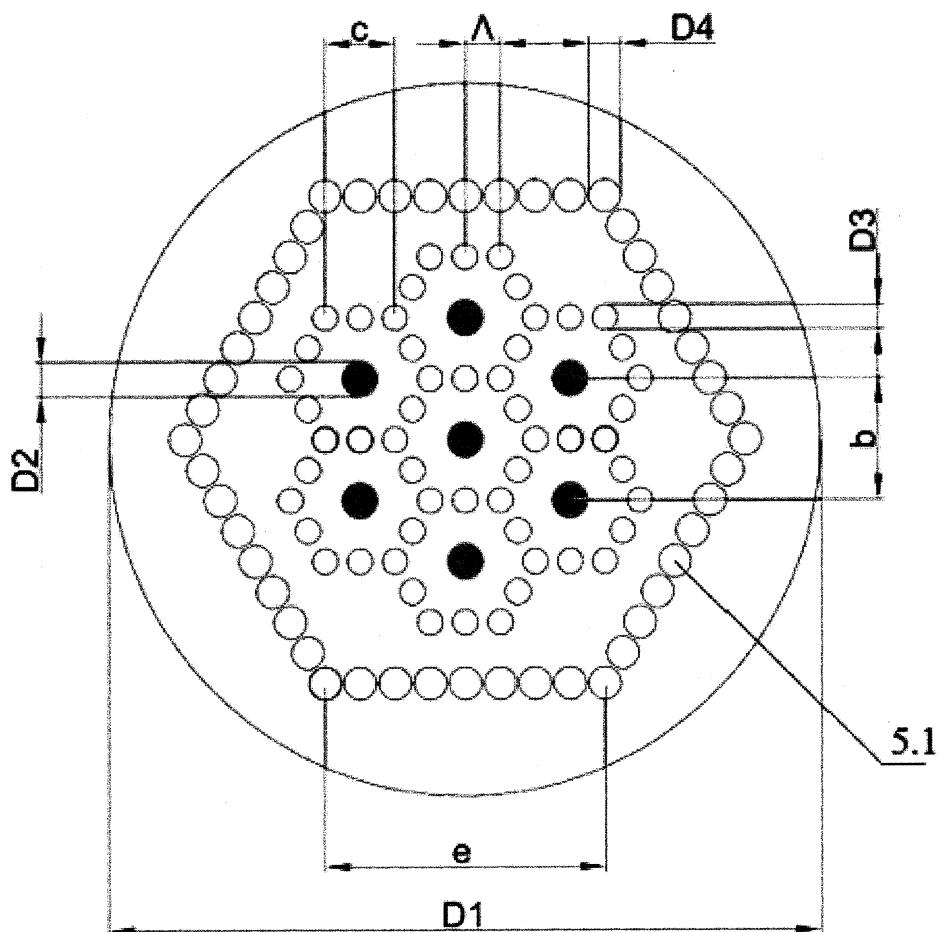
도면5



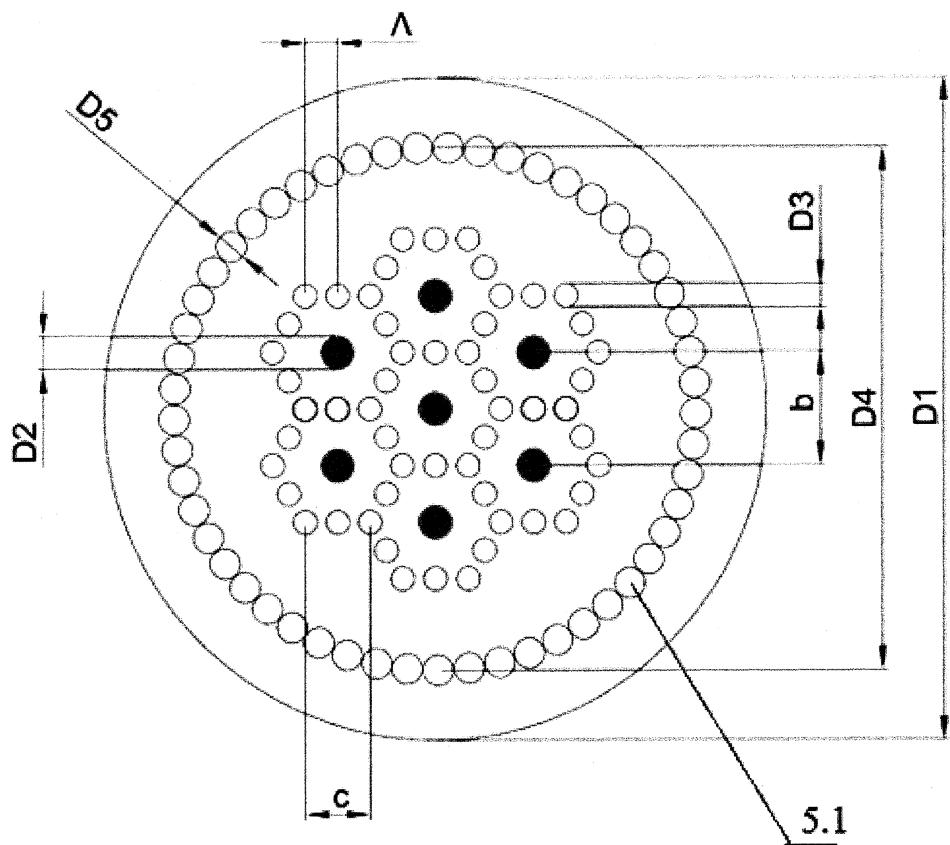
도면6



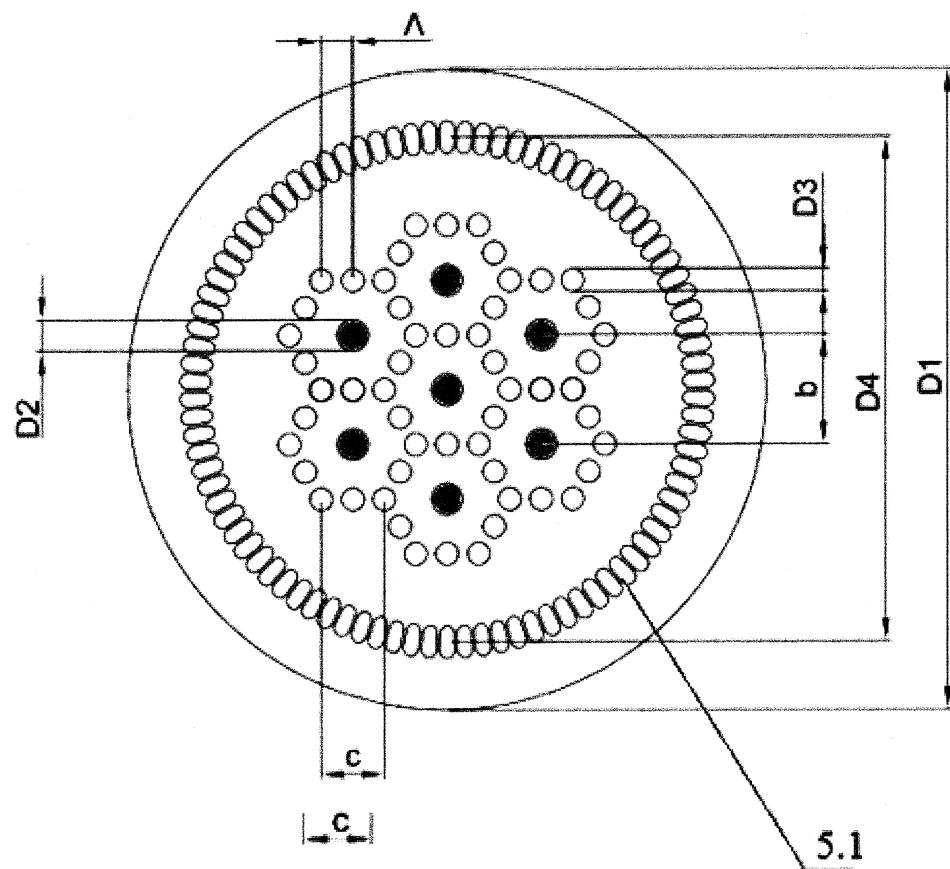
도면7



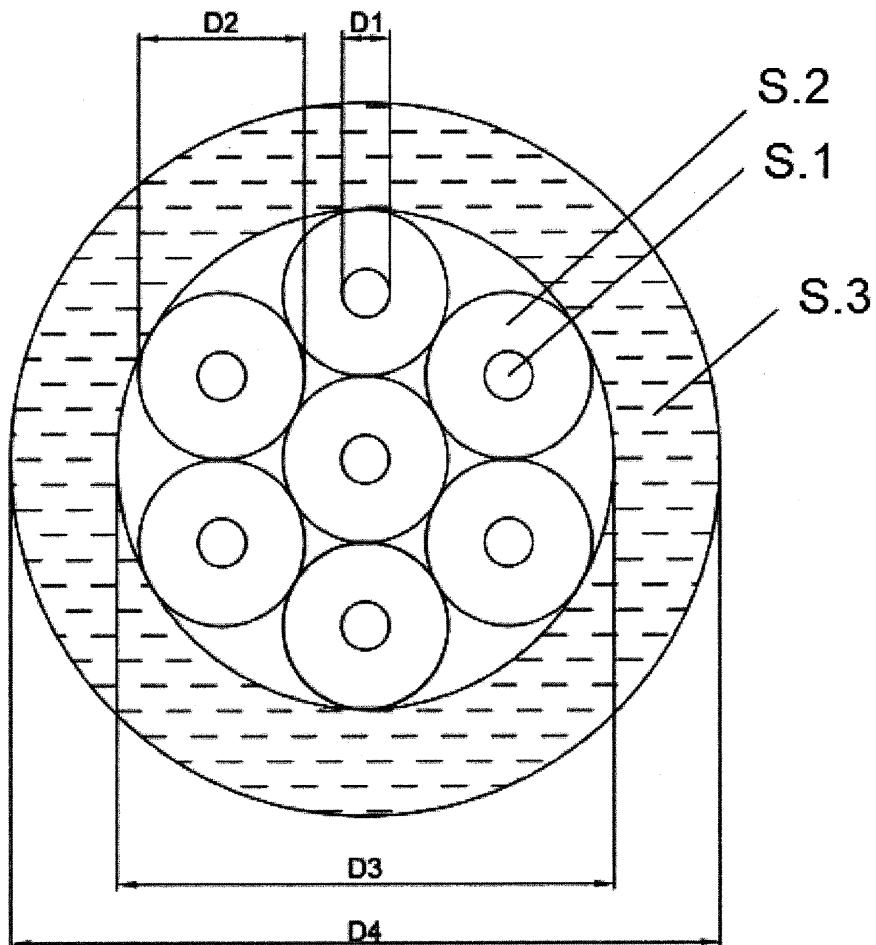
도면8



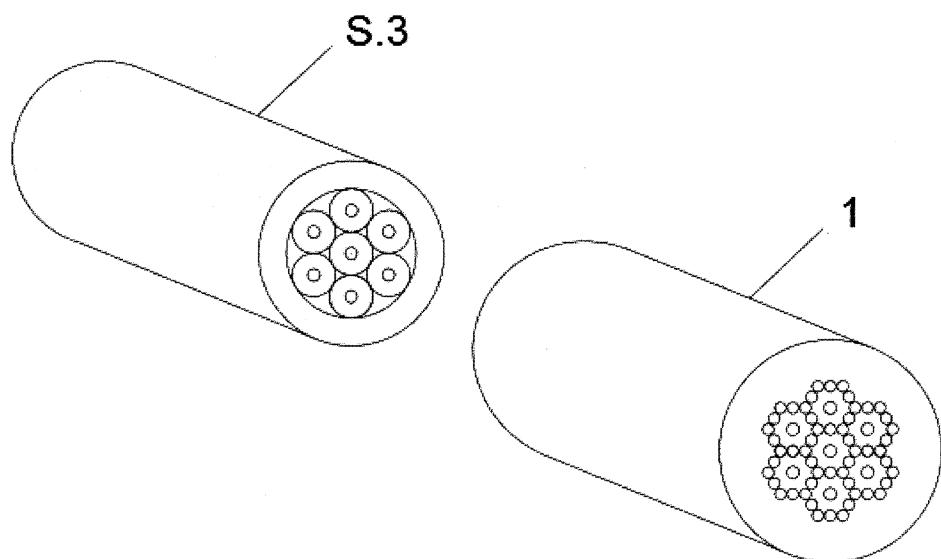
도면9



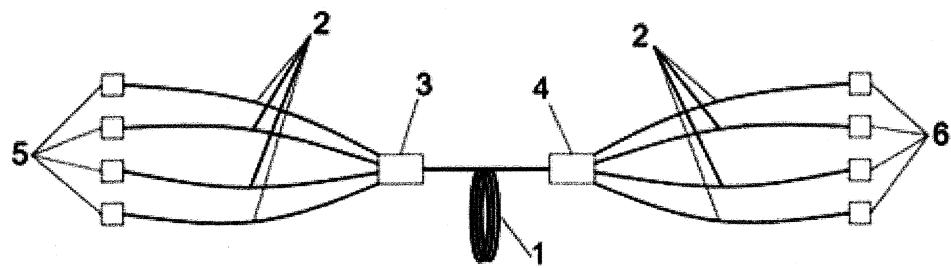
도면10



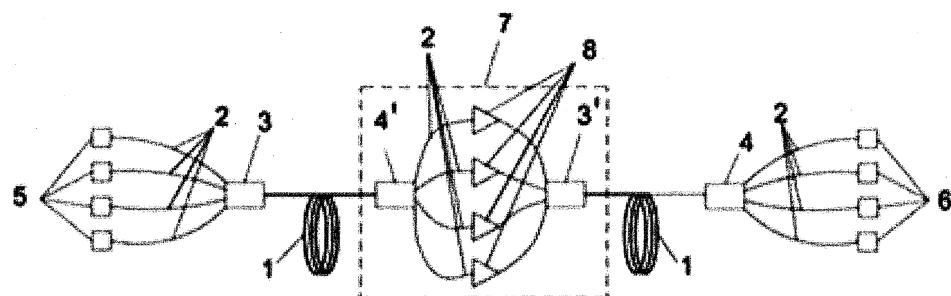
도면11



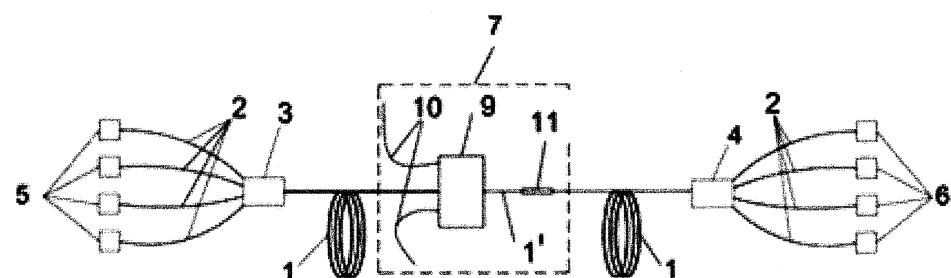
도면12



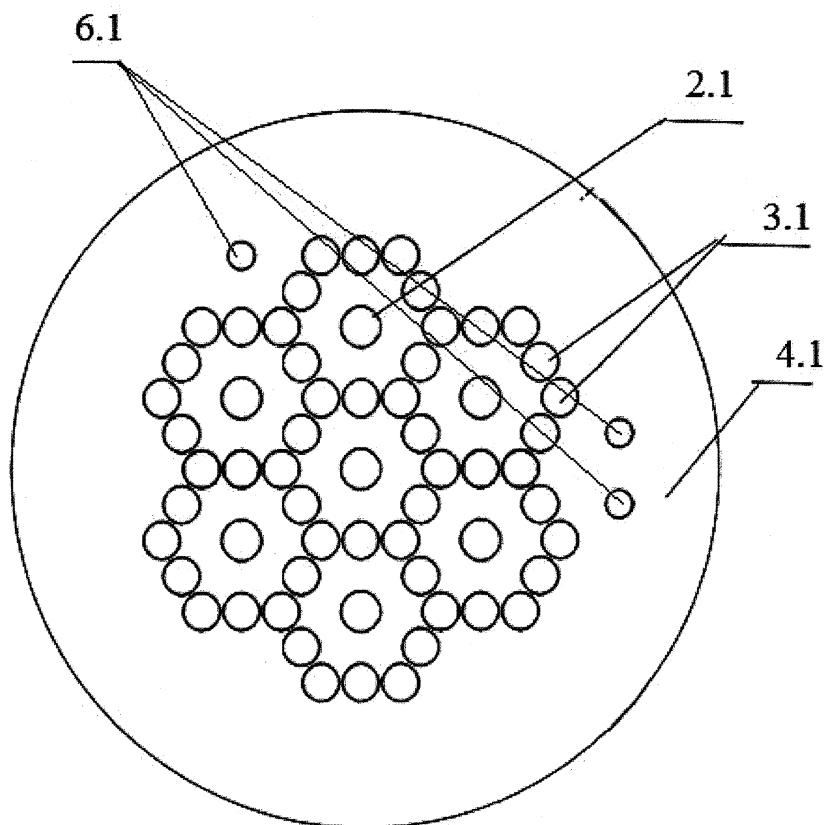
도면13



도면14



도면15



도면16

