



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년01월19일
(11) 등록번호 10-2489690
(24) 등록일자 2023년01월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/02 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G02B 6/02357 (2013.01)
G02B 6/02347 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7029615
(22) 출원일자(국제) 2015년03월25일
심사청구일자 2020년03월25일
(85) 번역문제출일자 2016년10월24일
(65) 공개번호 10-2016-0138196
(43) 공개일자 2016년12월02일
(86) 국제출원번호 PCT/DK2015/050066
(87) 국제공개번호 WO 2015/144181
국제공개일자 2015년10월01일
(30) 우선권주장
PA 2014 70146 2014년03월25일 덴마크(DK)
(56) 선행기술조사문헌
JP10095628 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 19 항

(73) 특허권자
엔케이티 포토닉스 에이/에스
덴마크 디케이-3460 벨케로드 브로켄 84
(72) 발명자
링소에 켄스 크리스티안
덴마크 디케이-3100 호른백 페르 브존스 베이 5
자콥슨 크리스티안
덴마크 디케이-2830 비룸 비룸가드 37에이
(74) 대리인
장훈

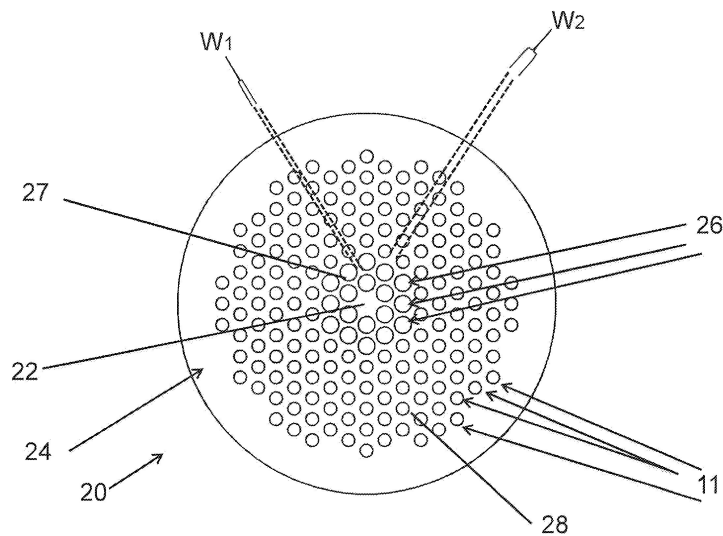
심사관 : 송병준

(54) 발명의 명칭 미세 구조 광파이버 및 초연속 광원

(57) 요약

본 개시는 코어 영역(22) 및 코어 영역을 포위하는 클래드 영역(24)을 포함하는 미세 구조 광파이버(20)에 관한 것이다. 클래드 영역은 클래드 배경 재료 내에 복수의 클래드 특징부들(21, 26)을 포함하고, 클래드 영역은 내측 클래드 특징부들(21)의 적어도 하나의 링을 갖는 내측 클래드 영역(27) 및 외측 클래드 특징부들(26)의 적어도 (뒷면에 계속)

대표도



세 개의 외측 클래드 링들을 갖는 외측 클래드 영역(28)을 포함한다. 내측 클래드 특징부들은 제 1 특성 직경을 갖고, 외측 클래드 영역은 제 2 특성 직경을 갖는 복수의 외측 클래드 특징부들을 포함한다. 내측 클래드 특징부들의 각각의 링은 클래드 특징부들을 분할하는 평균 최소 폭(W_1)을 갖는 클래드 배경 재료의 브릿지들을 포함하고, 외측 클래드 특징부들의 각각의 링은 클래드 특징부들을 분할하는 평균 최소 폭(W_2)을 갖는 클래드 배경 재료의 브릿지들을 포함한다. 평균 최소 폭(W_2)은 평균 최소 폭(W_1)보다 적어도 약 10% 크고 코어 영역은 적어도 약 $2\mu\text{m}$ 의 직경을 갖는다. 본 개시는 또한 광 초연속 생성의 소스뿐만 아니라 본 개시에 따른 적어도 하나의 광 파이버를 갖는 캐스케이드 광파이버에 관한 것이다.

(56) 선행기술조사문헌

JP2006251801 A*

JP2008243953 A*

JP5065008 B2*

KR1020010014256 A*

US20120288247 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

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

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

초연속광 생성의 광원(100)으로서, 상기 광원이 미세 구조 광파이버(20)와, 여기 과장으로 여기 방사를 생성하는 동시에, 상기 미세 구조 광파이버의 입력단에 상기 여기 방사를 입사하도록 구성되어 있는 여기 레이저 광원을 포함하고,

상기 미세 구조 광파이버는, 길이와, 상기 길이를 따른 세로축을 갖고, 코어 영역(22)과, 상기 코어 영역을 포위하고 있는 클래드 영역(24)을 포함하고,

상기 클래드 영역이, 클래드 배경 재료와, 상기 클래드 배경 재료 내의 복수의 클래드 특징부들(21, 26)을 포함하고, 상기 클래드 특징부들이 상기 코어 영역의 주변에 배치되어 있고,

상기 클래드 영역이, 상기 미세 구조 광파이버의 적어도 길이 부분에 있어서, 제 1 특성 직경(d_1)을 갖는 내측 클래드 특징부들의 내측 링을 포함하는 내측 클래드 영역(27)과, 평균 직경(d_2)을 갖는 외측 클래드 특징부들의 3개의 외측 링들을 포함하는 외측 클래드 영역(28)을 포함하고,

상기 내측 클래드 영역은 상기 코어 영역에 인접하고, 상기 외측 클래드 영역은 내측 클래드 영역에 인접하고,

상기 클래드 특징부들의 각 링이, 상기 링의 서로 이웃하는 특징부들을 격리하고 있는 클래드 배경 재료의 브릿지들을 포함하고,

상기 내측 링의 브릿지들이 평균 최소 폭(w_1)을 갖고, 각각의 브릿지의 최소 폭은 링의 2개의 인접하는 특징부들 사이의 가장 짧은 거리이고,

상기 3개의 외측 링들의 브릿지들의 평균 최소 폭(w_2)이 상기 내측 링의 브릿지들의 평균 최소 폭(w_1)보다 적어도 10% 크고, 상기 내측 링이 상기 코어 영역에 가장 가까운 클래드 특징들의 링을 포함하고,

상기 코어 영역이 적어도 $2\mu\text{m}$ 의 직경을 갖고,

상기 미세 구조 광파이버는 상기 미세 구조 광파이버로의 상기 여기 방사의 입사시 500 nm 미만의 짧은 파장의 광을 포함하는 초연속 방사를 제공하도록 구성되는, 초연속광 생성의 광원.

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

제 40 항에 있어서, 상기 코어 영역에 가장 가까운 내측 링의 브릿지들의 평균 최소 폭(w_1)이 $1.2\mu\text{m}$ 이하인, 초연속광 생성의 광원.

청구항 44

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 코어 영역에 가장 가까운 내측 링의 브릿지들이 동일한 최소 폭(w_1)을 갖는, 초연속광 생성의 광원.

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

내시경 검사, 외과적 현미경 검사, 공초점 현미경 검사, 광간섭 단층 촬영(OTC), 멀티 모드 조사, 자기 형광, 형광 수명 이미징 측정(FLIM), 전반사 조명 형광(TIRF) 현미경 검사, 형광 공명 에너지 이동(FRET), 브로드밴드 분광법, 나노 포토닉스, 플로 사이토메트리, 공업 검사, 링 다운 분광법, 분석 분광법, 분자 이미징, 광유전학, 디스플레이들, 확산 성분 특성 평가, 태양 전지 특성 평가, 양자점 특성 평가, 플라즈모닉스, 분산형 푸리에 변환 분광법 및 원자 트랩 용도 중 적어도 하나에 있어서의 사용에 적합한 조사 광원으로서, 상기 조사 광원은 제 40 항 또는 제 43 항에 따른 초연속광 생성의 광원을 포함하는, 조사 광원.

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

제 47 항에 있어서, 상기 조사 광원은, 초연속광 생성의 광원으로부터 생성된 초연속 빔을 필터링하도록 구성된 적어도 하나의 광 필터를 포함하는, 조사 광원.

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 외측 클래드 영역은 적어도 세개의 외측 클래드 링들을 포함하는, 초연속광 생성의 광원.

청구항 57

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 제 1 특성 직경(d_1)은 상기 외측 클래드 특징부들의 평균 직경(d_2)보다 적어도 10% 큰, 초연속광 생성의 광원.

청구항 58

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 코어 영역이 코어 배경 재료를 갖고 있고, 상기 코어 배경 재료에는 도펀트제가 도프되어, 도프되어 있지 않은 코어 배경 재료와 비교하여 상기 코어 영역의 굴절률을 감소시키고, 상기 코어 영역은 상기 미세 구조 광파이버의 전체 길이에 걸쳐 동일한 직경을 갖는, 초연속광 생성의 광원.

청구항 59

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 초연속광은 상기 미세 구조 광파이버의 기본 모드에서만 생성되는, 초연속광 생성의 광원.

청구항 60

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서,

상기 내측 클래드 영역의 상기 내측 클래드 특징부들이 제 1 피치(Λ_1)로 배치되고, 상기 외측 클래드 영역의 상기 외측 클래드 특징부들이 제 2 피치(Λ_2)로 배치되고,

상기 내측 클래드 영역의 상기 클래드 특징부들이 제 1 상대적 클래드 특징부 치수(d_1/Λ_1)를 갖고, 상기 외측 클래드 영역의 상기 외측 클래드 특징부들이 제 2 상대적 클래드 특징부 치수(d_2/Λ_2)를 갖고, 상기 제 1 상대적 클래드 특징부 치수와 제 2 상대적 클래드 특징부 치수 사이의 차($d_1/\Lambda_1 - d_2/\Lambda_2$)가 0.1보다도 큰, 초연속광 생성의 광원.

청구항 61

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 제 1 특성 직경(d_1)이 1.5 μm 보다도 큰, 초연속광 생성의 광원.

청구항 62

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 내측 클래드 영역의 상기 내측 클래드 특징부들은 제 1 피치(Λ_1)로 배치되고, 상기 외측 클래드 영역의 상기 외측 클래드 특징부들은 제 2 피치(Λ_2)로 배치되고, 상기 제 2 피치는 상기 제 1 피치보다도 큰, 초연속광 생성의 광원.

청구항 63

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 클래드 특징부들은 상기 클래드 배경 재료의 굴절률보다도 작은 굴절률을 갖는, 초연속광 생성의 광원.

청구항 64

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 미세 구조 광파이버가 860nm 내지 1400nm의 제로 분산 파장을 갖고, 상기 미세 구조 광파이버는 상기 제로 분산 파장에서 단일 모드인, 초연속광 생성의 광원.

청구항 65

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 여기 방사가 1000nm 내지 1100nm 사이에 있는 여기 파장을 포함하는, 초연속광 생성의 광원.

청구항 66

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 미세 구조 광파이버는 캐스케이드 광파이버이고, 여기 레이저는 제 1 미세 구조 광파이버의 입력에서 상기 캐스케이드 광파이버의 상기 제 1 미세 구조 광파이버로 상기 여기 방사를 입사하도록 구성되고, 상기 캐스케이드 광파이버는,

- a. 상기 길이 부분을 포함하는 상기 미세 구조 광파이버의 형태로 되어 있는 상기 제 1 미세 구조 광파이버와,
- b. 제 2 광파이버의 세로축을 따라 광을 가이드할 수 있는 제 2 코어 영역과, 상기 제 2 코어 영역을 포위하고 있는 제 2 클래드 영역을 갖고 있는 제 2 광파이버를 포함하고,

상기 제 1 미세 구조 광파이버의 모드 필드 직경이 상기 제 2 광파이버의 모드 필드 직경보다도 크고, 상기 제 1 미세 구조 광파이버가 상기 제 2 광파이버에 광학적으로 접속되어 있는, 초연속광 생성의 광원.

청구항 67

제 40 항 또는 제 43 항에 있어서, 상기 미세 구조 광파이버는 제 1 및 제 2 광파이버 세그먼트를 포함하는 캐스케이드 광파이버이고,

- a. 제 1 광파이버 세그먼트는 단일 모드 광파이버를 포함하고, 상기 단일 모드 광파이버는 상기 단일 모드 광파이버의 세로축을 따라 광을 가이드할 수 있는 코어 영역 및 작은 클래드 특징부들을 포함하는 클래드 영역을 포함하고,
- b. 상기 제 2 광파이버 세그먼트는 상기 제 2 광파이버 세그먼트의 세로축을 따라 광을 가이드할 수 있는 코어 영역 및 큰 클래드 특징부들을 포함하는 클래드 영역을 포함하는, 초연속광 생성의 광원.

청구항 68

제 47 항에 있어서, 상기 초연속광 생성의 광원은 생성된 초연속광에 대한 광파이버 출력단을 포함하고, 상기 광파이버 출력단은 조명의 위치로 생성된 초연속광을 전달하기 위한 전달 광파이버에 광학적으로 접속되는, 조사 광원.

청구항 69

제 47 항에 있어서, 상기 초연속광 생성의 광원은 생성된 초연속광에 대한 광파이버 출력단을 포함하고, 상기 광파이버 출력단은 조명의 위치로 생성된 초연속광을 전달하기 위한 전달 광파이버에 광학적으로 접속되고, 상기 전달 광파이버는 프로브 또는 센서에 적어도 부분적으로 통합되고, 상기 조사 광원은 눈 수술에 사용할 수 있도록 구성되고, 상기 전달 광파이버는 수술 전 또는 수술 중 눈 상에 또는 눈 내부에 조명하기 위해 프로브에 적어도 부분적으로 통합되고, 상기 프로브는 상기 전달 광파이버로부터 출력 빔의 적어도 일 부분을 수신하도록 광학적으로 결합된 다중 스팟 발생기(multi-spot generator) 및 광 패턴을 생성하기 위한 회절 광 요소 중 적어도 하나를 포함하는, 조사 광원.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 미세 구조 광파이버 및 광 초연속 방사의 소스에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 미세 구조 광파이버들은 본 기술 분야에서 잘 알려졌고, 일반적으로 규칙적인 어레이에서, 배경 재료에 배열된 복수의 클래드 특징부들을 갖는 클래드에 의해 포위된 코어를 갖는 광파이버들을 포함한다. 특징부들은 공기, 가스, 또는 액체로 채워진 간극들일 수 있거나, 또는 그들은 배경 재료보다 더 낮은 굴절률을 갖는 고체 재료일 수 있다. 미세 구조 광파이버들은 또한 "다공 광파이버들(holey fibers)" 및 "광 결정 광파이버들(photonic crystal fibers)"라고 표시된다. 클래드는 예를 들면, 코어의 굴절률보다 낮은 유효 굴절률을 갖도록 구성될 수 있고 따라서 전반사의 종래 메커니즘의 변동에 의해 코어에서 도광을 허용한다.
- [0003] 미세 구조 광파이버는 석영 유리로 만들어질 수 있다. 그의 굴절률을 변경하기 위해서 또는 광의 증폭, 민감도, 등과 같은 효과들을 제공하기 위해서 다른 재료들이 석영 유리에 추가될 수 있다.
- [0004] 클래드 특징부들/구멍들 사이의 중심 대 중심 공간은 피치(Λ)로서 규정된다. 미세 구조 광파이버들은 코어의 치수 및 그들의 공간 또는 피치(Λ)에 대한 클래드 특징부들의 치수의 비로 특징화된다. 클래드 특징부들의 치수 및 피치를 맞추므로써, 광파이버의 제로 분산 파장(ZDW)이 맞춰질 수 있다. 미세 구조 광파이버들에서, ZDW를 배경 재료, 일반적으로 석영 유리의 ZDW보다 짧은 파장들로 시프트하는 것이 따라서 가능하고; 여기서, ZDW는 미리 결정된 파장의 여기 레이저에 의해 펌핑된 광 펄스들로부터 초연속 생성을 가능하게 하도록 맞추어질 수 있다.
- [0005] 광 펄스들이 크게 비선형인 광파이버를 통해 전파할 때, 그들의 공간적 방출뿐만 아니라 시간적 방출은 광파이버의 분산 특징들에 의해서뿐만 아니라 비선형 효과들의 치수에 의해 영향을 받는다. 충분히 강한 펄스들에 대해, 펄스 스펙트럼은 초연속 광이 되도록 넓어진다.
- [0006] WO2009/098519는 400nm 미만의 파장들까지의 초연속 생성을 제공하기 위해 구성된 광파이버를 기술한다. 7 페이지, 29째 줄 내지 8 페이지 첫째 줄은 WO2009/098519의 미세 구조 광파이버(20)가 실질적으로 4.7 μ m 직경, 실질적으로 3.7 μ m의 피치(Λ)의 코어를 포함하는 것 및 비율 d/Λ 이 실질적으로 0.77인 것을 기술한다. 페이지 8, 14 내지 22째 줄은 광파이버(20)가 다모드 광파이버라는 것, 및 초연속은 2550nm까지의 파장들이 도달한다는 것을 기술한다. 여기 파장은 1064nm이다. 8 페이지, 14째줄에 언급된 바와 같이, 광파이버(20)는 여기 파장에서 멀티모드이다.
- [0007] Jacobsen 외에 의한 논문 "Very low zero-dispersion wavelength predicted for single-mode modified-total-internal-reflection crystal fibre"(Journal of Optics A : Pure Appl. OPT 6 (2004) 605-607)에서, 매우 작은 코어를 갖는 미세 구조 광파이버들에 대해서, 제로 분산 파장은 700nm 미만일 수 있고 동시에 광파이버가 코어에 가깝게 비교적 큰 공기 구멍들 및 코어로부터 떨어져서 더 작은 공기 구멍들을 배열함으로써 제로 분산 파장에서 단일 모드인 것이 발견되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 목적은 적절한 여기 레이저로 펌핑될 때 청색 파장들로 연장하고 동시에 초연속을 생성하기 위해 요구된 고 피크 출력광에 의한 열화에 대해 높은 내성을 갖는 안정된 단일 모드 초연속을 생성하는 데 적절하게 광파이버를 제공하는 것이다.
- [0009] 본 발명의 일 실시예에서, 광이 광파이버의 입력단으로 입사될 때, 안정된 출력을 제공하도록 배열된 미세 구조 광파이버를 제공하는 것이 하나의 목적이다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예에서, 초연속 방사의 소스를 제공하는 것이 하나의 목적이고, 소스로부터의 광 스펙트럼은 청색 파장들로 연장한다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에서, 미세 구조 광파이버를 제공하는 것이 하나의 목적이고, 광파이버는 비교적 큰 코어를 갖지만, 단일 모드 광파이버를 유지한다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에서, 예를 들면, 약 100nm보다 큰, 비교적 넓은 대역폭을 갖는, 예를 들면, 약 400nm 내지 약 1700nm의 스펙트럼에서의, 광을 가이드할 수 있는 미세 구조 광파이버를 제공하는 것이 하나의 목적이다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에서, 초연속 방사의 소스를 제공하는 것이 하나의 목적이고, 소스로부터의 광 스펙트럼은 상기 광파이버의 기본 모드에서 실질적으로 배타적으로 생성된다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에서, 내시경 검사, 수술 현미경, 공초점 현미경, 광간섭 단층 촬영(OTC), 멀티 모드 조사,

자기 형광, 형광 수명 이미징 측정들(FLIM), 분자 이미징, 광유전학, 디스플레이들, 확산 성분 특성 평가, 태양 전지 특징 평가, 양자점 특성 평가, 플라즈모닉스, 분산형 푸리에 변환 분광법 및/또는 원자 트랩 용도들에서 사용에 적절한 초연속 광원을 제공하는 것이 하나의 목적이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 이들 및 다른 목적들은 청구항들에서 규정되고 이하에서 여기에 기술되는 본 발명 또는 그의 실시예들에 의해 해결된다.
- [0016] 본 발명 또는 그의 실시예들은 다음의 상세한 설명으로부터 당업자에게 명백할 다수의 추가의 이익들을 갖는다는 것이 발견되었다.
- [0017] 달리 지시되지 않으면, 용어 "실질적으로"는 여기서 일반적인 제품 변동들 및 허용 오차들이 포함된다는 것을 의미하도록 취해질 것이다.
- [0018] 광파이버의 모든 구조적 상세들, 예컨대 코어 치수, 특징부 직경 브릿지 폭들, 및 유사한 것이 그와 달리 지정되지 않으면 광파이버의 단면도에 관하여 주어진다. 본 발명의 미세 구조 광파이버는 길이 및 그의 길이에 따른 세로축을 갖고, 광파이버의 세로축을 따라 광을 가이드할 수 있는 코어 영역을 포함한다. 미세 구조 광파이버는 코어 영역을 포위하는 클래드 영역을 추가로 포함한다. 클래드 영역은 클래드 배경 재료 및 클래드 배경 재료 내 복수의 클래드 특징부들을 포함한다. 클래드 특징부들은 코어 영역 주변에 배열된다.
- [0019] 적어도 광파이버의 이중 클래드 길이 부분에서, 클래드는 내측 클래드 특징부들의 적어도 하나의 내측의 링을 포함하는 내측 클래드 영역 및 외측 클래드 특징부들의 적어도 세 개의 외측 클래드 링들을 포함하는 외측 클래드 영역을 포함한다. 내측 클래드 영역은 코어 영역에 이웃하고 외측 클래드 영역은 내측 클래드 영역에 인접한다. 내측 클래드 특징부들은 제 1 특성 직경(d_1)을 갖는다. 외측 클래드 영역은 특성 직경(d_2)을 갖는 복수의 외측 클래드 특징부들을 포함한다. 코어 영역은 적어도 약 $2\mu\text{m}$ 의 직경을 갖는 실질적으로 원형이다. 일반적으로 더 큰 코어는 초연속을 생성하기 위해 요구되는 높은 피크 출력 광으로 인해 열화에 대해 더 적은 코어보다 더 큰 내성이 존재할 것이다. $2\mu\text{m}$ 미만의 코어는 임의의 실제 애플리케이션들에서 초연속 생성을 위해 적절하지 않다는 것이 발견되었다.
- [0020] 새로운 및 개선된 기하학적 구조를 갖는 내부 및 외측 클래드 영역들 각각에서 특징부들을 배열함으로써, 광파이버는 심지어 코어가 비교적 크고 비교적 안정된 출력을 갖는 청색 파장들로 연장하는 광학적 초연속을 제공하기에 적합한 경우조차 단일모드인 것을 포함하는 속성들의 바람직한 조합을 획득할 것임이 발견되었다. 또한, 코어가 $2\mu\text{m}$ 이상의 직경이고 그에 의해 광파이버가 높은 피크 출력 광에 대해 바람직한 높은 열화 안정성을 갖는 것 및 따라서 광파이버가 높은 출력 초연속 생성 광원에서 사용하기에 크게 적합한 것을 보장하는 경우조차 획득된 광파이버가 단일 모드로 유지하는 것이 놀랍게도 발견되었다.
- [0021] 클래드 특징부들의 각각의 링은 링의 이웃하는 특징부들을 격리하는 클래드 배경 재료의 브릿지들을 포함한다. 다시 말해서, "링"은 대체 특징부들 및 브릿지들로 구성된다. 각각의 브릿지는 링의 두 개의 이웃하는 특징부들 사이의 가장 짧은 거리로서 결정된 최소 폭을 갖는다.
- [0022] 용어 "내측의 링" 및 내측 클래드 링"은 여기서 내측 클래드 영역에서 특징부들 및 브릿지들의 링을 나타내기 위해 사용되고, 용어들 "외부 링" 및 "외측 클래드 링"은 여기서 외측 클래드 영역에서 특징부들 및 브릿지들의 링을 나타내기 위해 사용된다. 용어 "내부 브릿지"는 내측의 링에서 브릿지를 나타내기 위해 사용되고, 용어 "외부 브릿지"는 외부 링에서 브릿지를 나타내기 위해 사용된다.
- [0023] 본 출원의 내용에서, 어구 "클래드 특징부들의 링"은 일반적으로 코어 영역에 대해 실질적으로 동등한 거리를 갖는 클래드 특징부들을 말한다. 클래드 특징부들의 가장 내측의 링은 코어 영역에 가장 가까운 클래드 특징부들로 구성된다. 코어 영역으로부터 계수된 클래드 특징부들의 다음 링은 가장 내측의 링의 클래드 특징부들에 가장 가까운 클래드 특징부들, 등으로 구성된다. 일반적으로, 링은 원형이 아니고, 오히려 클래드 특징부들의 형상에 따라, 예컨대 6각형으로 성형된다. 본 출원의 내용에서, 어구 "클래드 특징부들의 링"은 상기에 설명된 링의 모든 특징부들을 포함하는 전체 링을 나타내는 것으로 의도된다. 따라서, 내측 클래드 특징부들의 링에서, 링 내 모든 클래드 특징부들은 실질적으로 동일한 치수이다.
- [0024] 본 출원의 내용에서, 어구 "특성 직경"은 클래드 특징부의 치수의 측정치이다. 클래드 특징부가 원형인 경우, 특성 직경은 클래드 특징부의 원의 직경이다. 클래드 특징부가 원형이 아닌 경우, 특성 직경은 클래드 특징부의 최대 및 최소 범위의 평균이거나 클래드 특징부의 계산되거나 측정된 면적에 대응하는 면적을 갖는 원의 직경일

수 있다.

- [0025] 외측 클래드 영역은 d_2 의 평균 직경을 갖는 특성 직경을 갖는 복수의 외측 클래드 특징부들을 포함한다. 일 실시예에서, 실질적으로 모든 외측 클래드 특징부들은 약 평균 직경(d_2)의 특성 직경을 갖는다. 그러나, 외측 클래드 영역은 상이한 특성 직경들의 외측 클래드 특징부들을 포함할 수 있다.
- [0026] 적어도 하나의 내측의 링의 브릿지들은 평균 최소 폭(w_1)을 갖고, 외측 클래드 링들 중 적어도 하나의 브릿지들은 평균 최소 폭(w_2)을 갖고, 적어도 하나의 외부 링 브릿지들의 평균 최소 폭(w_2)은 적어도 하나의 내측의 링 브릿지들의 평균 최소 폭(w_1)보다 적어도 약 10% 크다.
- [0027] 적어도 하나의 외부 링의 브릿지들보다 작은 폭을 갖는 브릿지들을 내측의 링(들)에 제공함으로써, 산란 속성들 및 한정 속성들은 적어도 부분적으로 10배로 되어서 내측 클래드 영역은 주로 산란 속성들을 담당하고, 외측 클래드 영역은 주로 한정 속성들을 담당한다고 생각된다. 그에 의해, 이제 산란 속성들 및 한정 속성들은 훨씬 더 자유롭게 최적화하는 것이 가능하다.
- [0028] 내부 및 외부 링들의 각각의 브릿지 폭을 선택함으로써, 가시적 범위의 파장들을 포함하는 선택된 파장에 대해 적어도 제 1 고차 모드가 드러날 수 있다. 이는 고차 모드(들)가 내측 클래드 영역에 의해 적어도 부분적으로 한정되지만, 동시에 외측 클래드 영역은 원하는 파장들에서 고차 모드(들)를 한정하지 않도록 내부 및 외부 링들을 구성함으로써 제공된다.
- [0029] 이롭게는 실질적으로 동등한 최소 폭(w_1)을 갖는 적어도 하나의 내측의 링의 브릿지들, 바람직하게는 적어도 하나의 외부 링 브릿지들의 평균 최소 폭(w_2)은 적어도 하나의 내측 클래드 링 브릿지들의 최소 폭(w_1)보다 적어도 약 20%, 예컨대 적어도 약 50% 크다.
- [0030] 바람직하게는 적어도 세 개의 외부 링 브릿지들의 평균 최소 폭(w_2)은 적어도 하나의 내측 클래드 링 브릿지들의 최소 폭(w_1)보다 적어도 약 10%, 예컨대 적어도 약 20%, 예컨대 적어도 약 50% 크다.
- [0031] 높은 정도의 고차 모드 스트립 오프를 보장하기 위해, 일반적으로 적어도 세 개의 외부 링 브릿지들의 평균 최소 폭(w_2)이 적어도 하나의 내측 클래드 링 브릿지들의 최소 폭(w_1)보다 약 15% 내지 약 150% 큰 것이 바람직하다.
- [0032] 외부 링들의 브릿지들은 동일하거나 상이한 최소 폭을 가질 수 있지만, 대부분 상황에서, 외측 클래드 영역이 특징부들의 동질의 분포를 가져서 외부 브릿지들은 실질적으로 동등한 최소 폭을 갖는 것이 바람직하다.
- [0033] 일 실시예에서, 적어도 세 개의 외부 링 브릿지들의 각각의 최소 폭(w_2)은 실질적으로 동일하고, 바람직하게는 적어도 세 개의 외부 링 브릿지들 모두의 최소 폭(w_2)은 실질적으로 동일하다.
- [0034] 적어도 하나의 내측 클래드 링 브릿지들의 최소 폭(w_1)은 이론적으로 기계적으로 가능한 한 작을 수 있다. 예를 들면, 약 $0.3\mu\text{m}$ 의 적어도 하나의 내측 클래드 링 브릿지들의 최소 폭(w_1)이 동작 가능하다.
- [0035] 최소 폭(w_1)이 작을수록 공기층 및 외측 클래드 영역에 의해 포위된 이론적으로 대략 한 가닥의 실리카인 광파이버가 더 많이 존재할 것이고, 공기층의 두께는 내측 클래드 영역의 축 방향 두께이다. 그와 달리 지정되지 않으면, 내측 클래드 영역의 축 방향 두께는 코어 영역으로부터 내측 클래드 영역과 외측 클래드 영역 사이의 경계(r)까지로 결정되고, 경계는 적어도 하나의 내측 클래드 링 브릿지들의 최소 폭(w_1)과 동등한 내측 클래드 특징부들까지의 최소 거리를 갖는 내측 클래드를 포위하는 라인이다.
- [0036] 이롭게는 적어도 하나의 내측 클래드 링 브릿지들의 최소 폭(w_1)은 약 $1.2\mu\text{m}$ 이하, 예컨대 약 $1\mu\text{m}$ 이하, 예컨대 약 $0.8\mu\text{m}$ 이하, 예컨대 약 $0.6\mu\text{m}$ 이하, 예컨대 약 $0.4\mu\text{m}$ 내지 약 $1.2\mu\text{m}$ 이다.
- [0037] 일 실시예에서, 적어도 하나의 내측 클래드 링 브릿지들의 최소 폭(w_1)은 기본 코어 모드의 제로 분산 파장(ZDW)보다 작다. 코어가 2 제로 분산 파장(코어 ZDW)을 갖는 경우, 적어도 하나의 내측 클래드 링 브릿지들의 최소 폭(w_1)이 최저의 코어 ZDW의 것보다 작은 것이 바람직하다.

- [0038] 일 실시예에서, 적어도 세 개의 외부 링 브릿지들의 평균 최소 폭(w_2)은 기본 코어 모드의 제로 분산 파장(ZD W)보다 크다.
- [0039] 평균 최소 폭(w_2)의 실제 치수는 이론적으로 적어도 하나의 내측 클래드 링 브릿지들의 최소 폭(w_1)보다 약 10% 큰 것으로부터 클래드가 기본 모드를 더 이상 한정하지 않는 것까지일 수 있다.
- [0040] 이롭게는 적어도 세 개의 외부 링 브릿지들의 평균 최소 폭(w_2)은 약 $1\mu\text{m}$, 예컨대 적어도 약 $1.2\mu\text{m}$, 예컨대 적어도 약 $1.5\mu\text{m}$, 예컨대 적어도 약 $2\mu\text{m}$ 보다 크다.
- [0041] 광파이버의 이중 클래드 길이 부분은 이롭게는 코어로부터 적어도 제 1 고차 모드(LP11)를 결합하기에 충분한 길이를 가져야 한다.
- [0042] 제 1 고차 모드(LP11)는 이롭게는 가시광을 포함하는 적어도 원하는 파장 범위, 예컨대, 적어도 약 100nm를 포함하는 파장 범위, 예컨대 400nm 내지 1700nm 범위 내의 적어도 약 500nm에 대해 코어로부터 결합되어야 한다.
- [0043] 바람직하게는 이중 클래드 길이 부분은 적어도 약 10 cm, 예컨대 적어도 약 25 cm, 예컨대 적어도 약 50 cm이다.
- [0044] 이롭게는 이중 클래드 길이 부분은 실질적으로 광파이버의 전체 길이로 연장한다.
- [0045] 어구 "실질적으로 광파이버의 전체 길이"는 광파이버의 각각의 단부 중 수 mm가 포함될 수 있거나 포함되지 않을 수 있다는 것을 의미하도록 사용될 수 있다. 빈번하게-예를 들면, 특징부들이 고체가 아닌 경우 특징부들에서 오염들을 피하기 위해, 이러한 특징부들은 실리카 재료에 의해 접히거나 "폐쇄된다".
- [0046] 일 실시예에서, 복수의 외측 클래드 특징부들은 제 1 특성 직경(d_1)보다 작은 특성 직경을 갖고, 제 1 특성 직경(d_1)은 외측 클래드 특징부들의 평균 직경(d_2)보다 적어도 약 10% 크다.
- [0047] 용어 "제 1 특성 직경(d_1)이 적어도 10% 크다"는 그의 보통의 수학적 의미, 즉, " $d_1 \geq 1.1 \cdot d_2$ "를 갖는 것이 주의되어야 한다.
- [0048] 미세 구조 광파이버의 클래드가, 내측 클래드 특징부들이 외측 클래드 특징부들의 평균 치수보다 큰 내측 클래드 특징부들을 갖는 내측 클래드 영역 및 외측 클래드 특징부들을 갖는 외측 클래드 영역을 포함할 때, 미세 구조 광파이버는 적절한 여기 광을 미세 구조 광파이버로 입사시킬 시에 안정한 초연속을 제공하기에 적합하다. 비교적 큰 내측 클래드 특징부들이 짧은 파장들, 예를 들면, 450nm에 이르기까지, 400nm 또는 심지어 400nm 미만의 광을 획득하는 것을 돕는 것이 발견되었다. 비교적 작은 외측 클래드 특징부들은 단일 모드 광파이버인 미세 구조 광파이버를 만드는 것을 돕는다. 더욱이, 본 발명의 미세 구조 광파이버로 적절한 여기 광을 입사시킬 때, 광파이버는 증가된 안정성을 갖고 초연속 방사를 제공할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 또한, 미세 구조 광파이버가 광파이버로 충분히 강력한 여기 방사의 입사에 의해 초연속 생성을 위해 사용될 때, 초연속 방사의 결과 스펙트럼은 실질적으로 동일한 치수들의 클래드 특징부들을 갖는 클래드를 구비한 미세 구조 광파이버에 의해 획득된 초연속 스펙트럼들에 비해 파장의 함수로서 더 평탄하다.
- [0049] 제 1 특성 직경(d_1)이 평균 직경(d_2)보다 적어도 10% 큰, 제 1 특성 직경(d_1) 및 평균 직경(d_2)을 선택하는 것은 내측 클래드 영역의 유효 굴절률이 외측 클래드 영역의 유효 굴절률보다 적은 광파이버를 제공한다. 내측 클래드 영역의 유효 굴절률을 결정하기 위해, 하나의 방법은 이를 내측 클래드 영역의 구조가 무한으로 반복되는 클래드 영역의 유효 굴절률과 적어도 실질적으로 동일한 것으로 간주하는 것임이 주의되어야 한다.
- [0050] 외측 클래드 영역은 외측 클래드 특징부들의 적어도 세 개의 외측 클래드 링들을 포함할 때, 미세 구조 광파이버로부터 누설 손실을 최소로 유지된다.
- [0051] 코어 영역이 적어도 약 $2\mu\text{m}$ 의 직경을 가질 때, 언급된 바와 같이 광파이버가 일반적으로 초연속 생성 및/또는 고출력을 위해 필요한 전력들을 견딜 수 있다는 것이 보장된다.
- [0052] 심지어 더 높은 열화 저항성이 바람직한 경우, 광파이버에는 이롭게는, 예를 들면, US 2011/0116283 또는 US 8,145,023에 기술된 바와 같이 또는 공동 계류중인 DK PA 2014 70800에 기술된 바와 같이 수소 및/또는 중수소가 가해질 수 있다.
- [0053] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 외측 클래드 영역의 외부 직경 및 외측 클래드 특징부들

의 평균 직경(d_2)은 미세 구조 광 섬유가 2000 μm 가 넘는 파장들에서 광을 가이드하게 하도록 치수가 정해진다. 그에 의해, 비교적 높은 파장들의 광이 한정의 부족 때문에 광파이버의 밖으로 누설되지 않는 것이 보장된다. 비교적 높은 파장들의 광의 한정에 의해, 이러한 광파이버는 초연속 생성에 매우 적합하고, 스펙트럼은 또한 낮은 파장들, 예컨대 500nm 미만, 450nm, 또는 심지어 400nm 미만의 파장들에 도달한다. 이는 적어도 부분적으로 초연속 스펙트럼의 높은 파장들과 낮은 파장들 사이의 그룹 속도 매칭에 기인한다. 제 1 특성 직경은 이롭게는 비교적 높은 파장들의 광의 한정을 돕기 위해 또한 치수가 정해진다.

- [0054] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 제 1 특성 직경(d_1)은 외측 클래드 특징부들의 평균 직경(d_2)보다 적어도 15% 크고, 예컨대 외측 클래드 특징부들의 평균 직경(d_2)보다 적어도 20% 크고, 예컨대 외측 클래드 특징부들의 평균 직경(d_2)보다 적어도 25% 크고, 예컨대 외측 클래드 특징부들의 평균 직경(d_2)보다 적어도 30% 크고, 예컨대 외측 클래드 특징부들의 평균 직경(d_2)보다 적어도 35% 크다. 내측 클래드 특징부들이 외측 클래드 특징부들보다 비교적 클 때, 미세 구조 광파이버는 더 낮은 파장들에서 단일 모드이다. 더욱이, 여기 광이 입력단으로 입사될 때, 미세 구조 광파이버의 출력단의 안정성이 개선된다. 또한, 여기 광이 입력단으로 입사될 때, 더 큰 내측 클래드 특징부들이 스펙트럼의 짧은 파장들에서 광을 생성하는 것을 도울 것이다.
- [0055] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 미세 구조 광파이버는 비선형 광파이버, 초연속 생성을 위한 광파이버 또는 수동 전달 광파이버이다.
- [0056] 이롭게는-단순한 제작을 위해- 광파이버는 비-테이퍼형이다.
- [0057] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 코어 영역은 실질적으로 원형이고 약 2 μm 와 약 6 μm 사이, 바람직하게는 약 2.5 μm 와 약 5 μm 사이, 바람직하게는 약 3 μm 과 약 4 μm 사이의 직경을 갖는다. 이러한 코어 직경을 갖는 미세 구조 광파이버는 여기 광을 광파이버의 입력단으로 입사시킴으로써 초연속 생성에 적합하다.
- [0058] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 미세 구조 광파이버의 코어 영역은 실질적으로 원형이고, 약 10 μm 보다 크고, 바람직하게는 약 12 μm 보다 크고, 바람직하게는 약 15 μm 보다 크고, 바람직하게는 약 20 μm 보다 크고, 바람직하게는 약 30 μm 보다 큰 직경을 갖는다. 이러한 코어 직경을 갖는 미세 구조 광파이버는 그의 속성들을 상당히 변화시키지 않고 광을 이동하거나 가이드하도록 구성된 전달 광파이버로서 사용될 수 있는 큰 모드 면적 광파이버이다. 더욱이, 상기에 나타난 큰 모드 면적을 갖는 미세 구조 광파이버는 100nm 초과와 상당히 큰 대역폭의 광을 단일 모드로 가이드하도록 구성된다. 예를 들면, 미세 구조 광파이버는 약 400nm 내지 약 1700nm 범위의 파장에서 광을 가이드할 수 있을 것이다. 더욱이, 상기 치수들을 갖는 미세 구조 광파이버는 광의 원자 트랩에 적절할 것이다.
- [0059] 이롭게는 코어 영역은 실질적으로 광파이버의 전체 길이에 따라 실질적으로 동일한 직경을 갖는다.
- [0060] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 코어 영역은 코어 배경 재료를 포함하고, 코어 배경 재료는 도핑되지 않은 코어 배경 재료에 비해 코어 영역의 굴절률을 감소시키는 도펀트재료로 도핑된다. 이러한 도펀트재료의 예들은 플루오르 및 붕소를 포함한다. 코어 영역이 굴절률 저하 요소들을 포함할 때, 미세 구조 광파이버는 낮은 파장들에서 단일 모드 광파이버가 된다. 코어 배경 재료는 클래드 배경 재료, 예를 들면 석영 유리와 실질적으로 동일할 수 있다. 그러나, 본 실시예에 따라, 코어 영역은 도핑되지 않은 코어 배경 재료에 비해 저하된 굴절률을 갖는다.
- [0061] 일 실시예에서, 코어 영역은 예를 들면 DK PA 2014 00545에서 기술된 것과 같이 미세 구조화된다.
- [0062] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 내측 클래드 영역은 내측 클래드 특징부들의 하나, 두 개 또는 세 개의 내측의 링들을 포함한다. 클래드 특징부들의 이러한 수의 내측의 링들은, 적절한 여기 광이 광파이버로 입사될 때, 생성된 초연속 스펙트럼이 예를 들면, 450nm, 400nm, 또는 심지어 400nm 미만까지의 짧은 파장들을 포함하는 효과를 얻기에 충분하다.
- [0063] 하나보다 많은 내측의 링이 존재하는 일 실시예에서, 내측의 링들의 브릿지들의 최소 폭이 실질적으로 동일한 것이 바람직하다.
- [0064] 이롭게는, 내측 클래드 영역은 내측 클래드 특징부들의 단지 하나의 링을 포함한다. 상기에 기술되는 최소 폭(w_1)을 갖는 것과 같이 비교적 좁은 브릿지들을 갖는 단지 하나의 내측의 링이 존재하는 경우, 적절한 여기 광이 광파이버로 입사되고, 동시에 내측 클래드 영역이 코어에 광을 한정하기에 너무 얇을 때(코어로부터 외측 클래드 영역까지의 축 방향에서 결정됨), 내측 클래드 영역은 생성된 초연속 스펙트럼이 예를 들면, 450nm, 400nm,

또는 심지어 400nm 미만까지의 짧은 파장들을 포함하는 효과에 추가한다. 외측 클래드 영역은 코어의 기본 모드를 한정하는 역할을 하면서, 동시에 고차 코어 모드들의 스트립 오프를 허용한다.

[0065] 일 실시예에서, 코어로부터 외측 클래드 영역으로의 축 방향에서 결정된 내측 클래드 영역의 두께는 이롭게는 코어 직경의 약 80%보다 작고, 예컨대 코어 직경의 약 70%보다 작고, 예컨대 코어 직경의 약 60%보다 작고, 예컨대 코어 직경의 약 50%보다 작다. 비교적 얇은 내측 클래드 영역, 예컨대 코어 직경의 80% 이하의 두께를 갖거나 또는 바람직하게 코어 직경의 50% 이하의 두께를 갖는 클래드 영역을 갖는 광파이버는 400nm 미만으로 연장하는 청색 단일 모드 광을 획득하기 위해 초연속 생성에서 사용에 크게 적합하다는 것이 발견되었다. 좁은 내측 클래드 영역은 가시광 범위에서 적어도 제 1 고차 모드의 거의 완전한 스트립 오프를 보장한다.

[0066] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 내측 클래드 영역의 내측 클래드 특징부들은 제 1 피치(Λ_1)로 배열되고, 외측 클래드 영역의 외측 클래드 특징부들은 제 2 피치(Λ_2)로 배열된다. 내측 클래드 영역의 내측 클래드 피치들은 제 1 상대적 클래드 특징부 치수(d_1/Λ_1)를 갖고 외측 클래드 영역의 외측 클래드 특징부들은 제 2 상대적 클래드 특징부 치수(d_2/Λ_2)를 갖고, 제 1 상대적 클래드 특징부 치수와 제 2 상대적 클래드 특징부 치수 사이의 차($d_1/\Lambda_1 - d_2/\Lambda_2$)는 약 0.1보다 크고, 바람직하게는 약 0.15보다 크고, 바람직하게는 약 0.2보다 크고, 바람직하게는 약 0.25보다 크고, 바람직하게는 약 0.3보다 크다. 본 출원의 환경에서, 용어 "피치(Λ)"는 이웃하는 클래드 특징부들 사이의 간격, 예를 들면, 두 개의 인접한 클래드 특징부들의 중심들 사이의 거리를 나타내도록 의도된다. 용어 '상대적 클래드 특징부 치수(d/Λ)'는 또한 클래드 특징부들이 공기 충전된 간극들인 경우 '공기 충전 비율'이라고도 불린다. 제 1 상대적 클래드 특징부 치수와 제 2 상대적 클래드 특징부 치수 사이의 차의 절대 수치 값이 나타낸 바와 같을 때, 적절한 균형이 내측 클래드 영역에서 더 큰 특징부들 및 외측 클래드 영역에서 더 작은 특징부들에 의해 획득된 효과들 사이에서 도달된다. 광파이버에 대한 단일 모드 속성들을 획득하기 위해, 제 1 상대적 클래드 특징부 치수와 제 2 상대적 클래드 특징부 치수 사이의 차($d_1/\Lambda_1 - d_2/\Lambda_2$)가 가능한 한 큰 것이 이롭지만, 차이가 너무 큰 경우, 광은 광파이버 내에 충분히 한정될 수 없고, 그에 의해 광이 손실된다. 상기에 나타난 차의 값들은 적절한 균형이 도달되게 하는 값들이다.

[0067] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 제 1 특성 직경(d_1)과 외측 클래드 특징부들의 평균 직경(d_2) 사이의 차는 약 $0.3\mu\text{m}$ 보다 크고, 바람직하게는 약 $0.4\mu\text{m}$ 보다 크고, 바람직하게는 약 $0.5\mu\text{m}$ 보다 크고, 바람직하게는 약 $0.6\mu\text{m}$ 보다 크다. 그에 의해, 내측 클래드 영역에서 더 큰 특징부들 및 외측 클래드 영역에서 더 작은 특징부들에 의해 획득된 효과들 사이의 적절한 균형에 도달된다.

[0068] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 제 1 특성 직경은 약 $1.5\mu\text{m}$ 보다 크고, 예컨대 약 $1.8\mu\text{m}$ 보다 크고, 예컨대 약 $2.0\mu\text{m}$ 보다 크고, 예컨대 약 $2.2\mu\text{m}$ 보다 크고, 예컨대 약 $2.4\mu\text{m}$ 보다 크고, 예컨대 약 $2.6\mu\text{m}$ 보다 크고, 예컨대 $2.8\mu\text{m}$ 보다 크다. 나타낸 제 1 특성 직경을 갖는 제 1 클래드 특징부들을 갖는 미세 구조 광파이버는, 미세 구조 광파이버가 적어도 스펙트럼의 매우 큰 부분, 예를 들면 800nm 이상으로부터의 단일 모드 광파이버인 사실과 결합하여, 400nm 미만 또는 450nm 미만과 같이 매우 짧은 파장들을 갖는 초연속 스펙트럼을 생성하는 것이 가능한 광파이버이다.

[0069] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 외측 클래드 특징부들의 평균 직경(d_2)은 약 $1.1\mu\text{m}$ 과 $1.8\mu\text{m}$ 사이, 예컨대 약 $1.15\mu\text{m}$ 와 약 $1.7\mu\text{m}$ 사이, 예컨대 약 $1.2\mu\text{m}$ 와 약 $1.5\mu\text{m}$ 사이, 예컨대 약 $1.3\mu\text{m}$ 이다. 그러나, 제 1 특성 직경이 외측 클래드 특징부들의 평균 직경보다 적어도 약 10% 크다는 전체 한정이 물론 여전히 유지된다는 것이 주의되어야 한다. 따라서, 상기 나타난 제 1 특성 직경과 외측 클래드 특징부들의 평균 직경의 조합들 모두가 가능하지는 않다. 상기에 나타난 외측 클래드 특징부들의 평균 직경을 갖는 미세 구조 광파이버는 파장들의 넓은 스펙트럼에서 광의 한정을 획득하기에 적절하다.

[0070] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 제 1 피치(Λ_1) 및 제 2 피치(Λ_2) 각각은 약 $2.5\mu\text{m}$ 와 약 $3.5\mu\text{m}$ 사이에 있다. 제 1 및 제 2 피치의 이들 값은 $2\mu\text{m}$ 이상, 예컨대 $3\mu\text{m}$ 이상의 비교적 작은 코어 영역을 초래하고, 이는 결국 예를 들면, 450nm 미만, 400nm 미만, 또는 심지어 약 350nm에 이르는 매우 짧은 파장들을 포함하는 초연속 스펙트럼을 획득하는 것을 돕는다.

[0071] 일 실시예에서, 내측 클래드 영역의 적어도 하나의 내측의 링의 특징부들은 약 1:1.2 내지 약 1:3, 바람직하게는 약 1:1.5 내지 약 1:2.5의 중형비를 갖는 더 큰 직경 및 수직의 더 작은 직경을 갖는 타원이고, 바람직하게는 내측 클래드 영역의 적어도 하나의 내측의 링의 특징부들은 광파이버의 세로축들에 비해 반경 방향으로 그들

의 더 작은 직경을 갖고 배향된다. 광파이버의 세로축에 비해 반경 방향으로 더 작은 직경을 갖는 내측의 링의 특징부들을 배열함으로써, 결과의 내측 클래드 영역의 두께는 비교적 낮고, 바람직하게는 코어 직경의 80% 이하, 예컨대 코어 직경의 약 50% 이하이다. 동시에, 단지 하나의 내측의 링이 존재하는 것이 바람직하다.

- [0072] 일 실시예에서, 내측 클래드 영역은 외측 클래드 영역보다 더 낮은 유효 굴절률을 갖는다. 이러한 실시예에서, 내측 클래드 영역의 특징부들은 이롭게는 외측 클래드 특징부들의 평균 직경보다 큰 특성 직경을 갖는다.
- [0073] 일 실시예에서, 내측 클래드 영역은 외측 클래드 영역의 유효 굴절률 이상인 유효 굴절률을 갖는다. 이러한 실시예에서, 내측 클래드 영역의 특징부들은 이롭게는 외측 클래드 특징부들의 평균 직경보다 작은 특성 직경을 갖는다. 바람직하게는 적어도 3 개의 외부 링들의 특징부들을 포함하는 외측 클래드 특징부들의 평균 직경은 내측 클래드 특징부들의 특성 직경보다 적어도 약 10% 크고, 예컨대 적어도 약 20% 크고, 예컨대 적어도 약 50% 크다.
- [0074] 일 실시예에서, 내측 클래드 특징부들의 특성 직경은 적어도 3 개의 외부 링들의 특징부들을 포함하는 외측 클래드 특징부들의 평균 직경보다 약 절반 이하이다.
- [0075] 또한, 이러한 또는 다른 실시예에서, 내측 클래드 영역의 특징부들은 제 1 피치(Λ_1)로 배열되고, 외측 클래드 영역의 특징부들은 제 2 피치(Λ_2)로 배열되고, 제 2 피치는 제 1 피치보다 크고, 예컨대 적어도 약 10% 크고, 바람직하게는 적어도 약 25% 크고, 더 바람직하게는 적어도 약 50% 크다.
- [0076] 제 2 피치(Λ_2)는 이롭게는 충분한 고차 모드 스트립 오프를 보장하기 위해 적어도 약 $2.5\mu\text{m}$ 이다.
- [0077] 바람직하게는 내측 클래드 영역은 코어 직경에 비해 약 80% 이하, 예컨대 코어 직경에 비해 약 60% 이하인 반경 두께를 갖는다.
- [0078] 일 실시예에서, 제 2 피치는 제 1 피치의 적어도 약 2배이다.
- [0079] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 내부 및 외측 클래드 영역들의 클래드 특징부들은 클래드 영역의 가장 높은 유효 굴절률이 약 1400nm 이상에서; 바람직하게는 약 1200nm 이상에서, 바람직하게는 약 1100nm 이상에서, 바람직하게는 약 1050nm 이상에서, 바람직하게는 약 1030nm 이상에서 고차 코어 모드들의 유효 굴절률보다 코드로크 치수가 정해진다. 클래드 영역의 가장 높은 유효 굴절률이 주어진 파장 범위에 대해 고차 코어 모드들의 유효 굴절률보다 클 때, 이러한 고차 코어 모드들은 주어진 파장 범위에서 미세 구조 광파이버에서 가이드되지 않는다. 이에 의해, 광파이버가 단지 기본 코어 모드가 가이드된다는 사실 때문에 주어진 파장 범위 내에서 단일 모드인 것이 획득된다.
- [0080] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 클래드 특징부들은 공기 충전되거나, 가스 충전되거나 또는 액체 충전된 간극들이거나, 또는 기본 재료보다 더 낮은 굴절률을 갖는 유리, 예를 들면, 플루오르 도핑된 석영 유리이다.
- [0081] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 광파이버는 광이 광파이버로 입사될 때 약 400nm와 약 2300nm 사이의 파장들에서 광의 기본 모드에 대해 1 dB/m 미만의 전송 손실을 갖는다. 외측 클래드 링들의 수 및 외측 클래드 특징부들의 치수는 이러한 낮은 전송 손실을 제공하기 위해 기본 모드의 광의 충분한 한정을 제공하도록 선택된다.
- [0082] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 미세 구조 광파이버의 코어 영역은 제 1 굴절률을 포함하고, 내측 클래드 영역은 제 2 굴절률을 포함해서 코어 영역과 전체로서 클래드 영역에 대한 최고 굴절률 사이의 Δ -값은 약 0.03보다 작고, 예컨대 약 0.025보다 작다. Δ -값은 광파이버가 단일 모드 광파이버인 정도의 측정치를 제공한다. 작은 Δ -값은 큰 정도의 단일 모드인 광파이버에 대응한다.
- [0083] 숫자 형태로, Δ -값은 $\Delta = (n_c - n_{\text{eff},cl})/n_c$ 로서 주어지고, n_c 는 코어의 굴절률이고 $n_{\text{eff},cl}$ 는 클래드의 유효 굴절률이다.
- [0084] 코어의 굴절률은 기본 재료의 굴절률로 주어지고 일반적으로 측정하기에 간단하다. 클래드의 유효 굴절률은 계산된 양이다. 당업자는 클래드의 유효 굴절률을 계산하기 위해 기본적인 공간 충전 방법을 사용한다. Δ -값은 코어 치수, 클래드에서 공기 구멍들의 직경(d) 및 그들의 간격 또는 피치(Λ)와 조합하여 클래드 및 코어의 기본 재료에 의해 직접 및 분명하게 결정될 수 있다.
- [0085] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 광파이버는 약 350nm보다 큰 임의의 파장에 대해, 예컨대

약 500nm보다 큰 임의의 파장들에 대해, 예컨대 약 600nm보다 큰 임의의 파장에 대해, 예컨대 약 700nm보다 큰 임의의 파장에 대해, 예컨대 약 800nm보다 큰 임의의 파장에 대해, 예컨대 약 900nm보다 큰 임의의 파장에 대해, 예컨대 약 1000nm보다 큰 임의의 파장에 대해, 예컨대 약 1100nm보다 큰 임의의 파장에 대해, 예컨대 약 1200nm보다 큰 임의의 파장에 대해 단일 모드 광파이버이다.

- [0086] 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예에서, 외측 클래드 영역은 외측 클래드 특징부들의 적어도 네 개의 외측 클래드 링들, 예컨대 외측 클래드 특징부들의 적어도 다섯 개의 외측 클래드 링들, 예컨대 외측 클래드 특징부들의 적어도 여섯 개의 외측 클래드 링들, 예컨대 외측 클래드 특징부들의 일곱 개의 외측 클래드 링들을 포함한다. 외측 클래드 특징부들의 증가된 수의 외측 클래드 링들은 누설 손실을 감소시킴으로써 광파이버 내의 광을 한정하는 것을 돕는다.
- [0087] 일 실시예에서, 외측 클래드 영역은 약 400nm 내지 약 2400nm의 파장 범위에서 적어도 약 100nm, 예컨대 적어도 약 500nm의 범위에 있는 파장들에서 적어도 제 1 고차 코어 모드들의 유효 굴절률보다 큰 유효 굴절률을 갖는다.
- [0088] 일 실시예에서, 클래드 특징부들이 클래드 배경 재료의 굴절률보다 낮은 굴절률을 갖고, 바람직하게는 클래드 특징부들은 공기 또는 다른 가스 또는 가스 혼합물로 선택적으로 채워진 고체가 아닌 간극들이다.
- [0089] 적어도 약 400nm 내지 약 1700nm에 걸친 범위에 있는 원하는 초연속 생성을 제공하기 위해, 광파이버가 약 860 nm 내지 약 1400nm의 제로 분산 파장을 갖는 것이 바람직하다. 바람직하게는 광파이버는 약 900nm 내지 약 1200 nm의 제로 분산 파장을 갖고, 광파이버는 적어도 제로 분산 파장에서 및 바람직하게는 적어도 제로 분산 파장에 비해 +200nm 내지 -200nm의 범위의 파장에서, 더 바람직하게는 약 400nm 내지 약 1700nm의 전체 범위에서 단일 모드이다.
- [0090] 일 실시예에서, 본 발명은 캐스케이드 광파이버에 관한 것이고, 상기 캐스케이드 광파이버는
- [0091] a. 상기에 기술되는 본 발명에 따른 제 1 미세 구조 광파이버,
- [0092] b. 제 2 광파이버의 세로축을 따라 광을 가이드할 수 있는 제 2 코어 영역 및 제 2 코어 영역을 포위하는 제 2 클래드 영역을 포함하는 제 2 광파이버를 포함한다.
- [0093] 이러한 실시예에서, 제 1 미세 구조 광파이버의 모드 필드 직경은 제 2 미세 구조 광파이버의 모드 필드 직경보다 크다. 제 1 미세 구조 광파이버는, 바람직하게는 슬라이싱에 의해, 제 2 광파이버에 광학적으로 연결된다. 제 2 광파이버는 또한 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버, 즉, 상이한 치수들의 클래드 특징부들을 갖는 광파이버일 수 있거나, 또는 이는 모두 실질적으로 동일한 치수들인 클래드 특징부들을 갖는 클래드를 구비한 미세 구조 광파이버일 수 있다.
- [0094] 이러한 캐스케이드 광파이버는 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버 및 제 2 광파이버로부터의 효과들의 조합을 제공하기에 이롭다. 일 실시예에서, 제 1 미세 구조 광파이버는 입력 광파이버로서 사용되어서 입력 광파이버로부터 제 2 광파이버로의 광 출력이 단일 모드 광인 것이 보장된다. 이러한 경우에, 심지어 제 2 광파이버가 멀티 모드 광파이버인 경우라도, 제 2 광파이버로부터의 광 출력은, 제 1 광파이버로부터 제 2 광파이버로의 광 입력이 단일 모드 광인 사실 때문에 실질적으로 단일 모드이다.
- [0095] 제 2 광파이버는 견고한 수동형일 수 있다. 대안적으로, 제 2 광파이버는 분산을 정지시키도록 구성된 광파이버일 수 있다. 이러한 경우, 제 2 광파이버는 이롭게는 광을 출력하도록 구성된 광파이버일 수 있다.
- [0096] 본 출원의 환경에서, 용어 "모드 필드 직경"은 광 필드 강도가 그의 최대값의 1/e로 감소되는 기본 모드의 직경을 나타내는 것으로 의도된다. 이는, 광 세기 밀도가 광 필드 강도의 제곱에 비례하기 때문에, 광 세기가 피크 광 세기의 e^{-2} 로 떨어지는 반경 위치의 직경에 대응한다.
- [0097] 모드 필드 직경은 광파이버의 새구수 및 컷-오프 파장에 의해 결정되고, 광파이버 코어의 직경에 관련된다. 일반적으로, 모드 필드 직경의 치수는 광파이버 코어의 물리적 직경의 치수와 동일한 자릿수이다.
- [0098] 일 실시예에서, 제 1 미세 구조 광파이버의 이중 클래드 길이 부분은 실질적으로 광파이버의 전체 길이로 연장하고, 제 2 광파이버는 적어도 단일 클래드 길이 부분을 포함하고, 바람직하게는 제 2 광파이버는 그의 전체 길이에서 단일 클래드 광파이버이다.
- [0099] 일 실시예에 따라, 본 발명은 제 1 및 제 2 광파이버 세그먼트를 포함하는 제 2 캐스케이드 광파이버에 관한 것

이고,

- [0100] a. 제 1 광파이버 세그먼트는 단일 모드 광파이버를 포함하고, 단일 모드 광파이버는 단일 모드 광파이버의 세로축을 따라 광을 가이드할 수 있는 제 3 코어 영역 및 작은 클래드 특징부들을 포함하는 제 3 클래드 영역을 포함하고,
- [0101] b. 제 2 광파이버 세그먼트는 제 2 광파이버 세그먼트의 세로축을 따라 광을 가이드할 수 있는 제 4 코어 영역 및 큰 클래드 특징부들을 포함하는 제 4 클래드 영역을 포함한다.
- [0102] 이러한 제 2 캐스케이드 광파이버에서, 제 1 및 제 2 광파이버 세그먼트들의 모드 필드 직경은 실질적으로 동일하고, 제 1 및 제 2 광파이버 세그먼트들은, 광이 제 1 광파이버 세그먼트로부터 제 2 광파이버 세그먼트로 및/또는 제 2 광파이버 세그먼트로부터 가이드되게 하기 위해, 예를 들면, 함께 슬라이딩됨으로써, 광학적으로 연결된다.
- [0103] 이러한 실시예에서, 제 1 광파이버 세그먼트는 실질적으로 동일한 치수의 클래드 특징부들을 갖는 전체 클래드를 구비한다. 더욱이, 제 2 광파이버 세그먼트는 실질적으로 동일한 치수의 클래드 특징부들을 갖는 전체 클래드를 구비한다. 그러나, 제 2 광파이버 세그먼트의 클래드 특징부들의 치수는 제 1 광파이버 세그먼트의 클래드 특징부들의 치수보다 크다. 제 2 광파이버 세그먼트는 이롭게는 청색 파장들(500nm 미만, 450nm, 또는 심지어 400nm 미만까지)로 연장하는 초연속 스펙트럼을 생성하도록 구성된 소위 청색 광파이버일 수 있다.
- [0104] 일 실시예에 따라, 본 발명은 광학적 초연속 생성의 소스에 관한 것이다. 상기 소스는 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버, 및 여기 파장에서 여기 방사를 생성하고 그의 입력단에서 미세 구조 광파이버로 여기 방사를 입사시키도록 구성된 여기 레이저 소스를 포함한다. 미세 구조 광파이버는 미세 구조 광파이버로의 여기 방사의 입사시에 초연속 방사를 제공하도록 구성된다.
- [0105] 본 발명에 따라 미세 구조 광파이버의 하이브리드 클래드에 의해서, 초연속 방사의 이러한 소스는 그의 세로 방향에 수직인 광파이버를 관통하는 단면의 전체에 걸쳐 실질적으로 동일한 치수의 클래드 특징부들을 갖는 클래드를 구비하는 미세 구조 광파이버를 사용하는 소스와 비교할 때 더 평탄하고 더 안정한 초연속 스펙트럼을 제공하도록 구성된다. 용어 "평탄한 스펙트럼"은 파장의 함수로서 스펙트럼의 출력 변동이 작은 것을 나타내도록 의도된다. 안정한 스펙트럼은 스펙트럼이 실질적으로 변동하지 않는 것 및 스펙트럼이 드리프트하지 않는 것을 나타내도록 의도된다. 대신, 안정한 스펙트럼은 시간의 함수로서 실질적으로 변하지 않고 유지된다.
- [0106] 바람직하게는, 본 발명의 소스에서 사용된 미세 구조 광파이버는, 예를 들면, 450nm, 400nm, 또는 심지어 400nm 미만에 이르는 것과 같은, 광의 청색 파장으로 연장하는 초연속 스펙트럼을 제공하도록 구성된다.
- [0107] 본 발명에 따른 소스의 일 실시예에 따라, 광학적 초연속은 광파이버의 기본 모드에서 실질적으로 독점적으로 생성된다.
- [0108] 이롭게는 미세 구조 광파이버-적어도 그의 입력단에서 및 바람직하게는 광파이버의 주요 부분을 따라서, 예컨대 실질적으로 그의 전체 길이에 따라-는 여기 파장에서 단일 모드이다.
- [0109] 일 실시예에서, 광학적 초연속 생성의 소스의 미세 구조 광파이버는 청구항 제 38 항 또는 제 39 항에 따른 캐스케이드 광파이버이고, 여기 레이저는 그의 입력에서 제 1 미세 구조 광파이버로 여기 방사를 입사시키도록 구성된다.
- [0110] 본 발명에 따른 광학적 초연속 생성의 소스의 일 실시예에서, 여기 파장은 약 1000nm와 약 1100nm 사이, 바람직하게는 약 1030nm와 약 1070nm 사이, 예컨대 약 1030nm 또는 약 1064nm이다. 이는 다양한 여기 소스들이 이들 파장들에서 존재한다는 사실 때문에 실용적이다.
- [0111] 일 실시예에서, 광학적 초연속 생성의 소스는 초연속 소스의 출력을 λ_1 의 중심 파장 및 출력 대역폭(BW1)을 갖는 필터링된 SC 출력으로 필터링하도록 구성된 스펙트럼 필터링 유닛을 추가로 포함하고, λ_1 의 중심 파장 및 출력 대역폭(BW1) 중 적어도 하나는 조정 가능하다. 출력 대역폭(BW1)은 이롭게는 약 5nm보다 적은 단차들을 갖고 계단식으로 조정 가능하다. 스펙트럼 필터링 유닛은 예를 들면 AOTF를 포함한다.
- [0112] 일 실시예에서, 본 발명은 내시경 및 외과적 현미경 애플리케이션들을 위해 본 발명에 따른 광학적 초연속 생성의 소스의 사용에 관한 것이다.
- [0113] 내시경 및 외과적 현미경과 같은 애플리케이션들에서, 특정 형태들의 조직간에 구별하기 위해 밝은 광 및 부드러운 트루-컬러 조명에 대한 필요가 존재한다. 바람직하게는, 이러한 광은 최소 절개 외과 수술 후 더 양호한

상처 치유를 위해 얇은 광 도파로를 통하여 가이드되어야 한다.

- [0114] 본 발명의 환경에서, 어구 "초연속"은 스펙트럼적으로 넓은 신호를 말한다. 초연속은 스펙트럼의 하한을 규정하는 "청색 예지" 및 스펙트럼의 상한을 규정하는 "적색 예지"를 갖는 것이다. 실리카 광파이버에서, 청색 예지는 300nm 내지 600nm의 범위, 예컨대 350nm 내지 550nm의 범위의 파장에 있을 수 있고, 적색 예지는 1300nm 내지 2400nm의 범위, 예컨대 1600nm 내지 2400nm의 범위의 파장에 있을 수 있다. 초연속의 스펙트럼 폭은 적색 및 청색 예지들의 파장 사이의 차이로서 한정될 수 있다. 스펙트럼 폭은 100nm보다 크고, 예컨대 150nm보다 크고, 예컨대 300nm보다 크고, 예컨대 500nm보다 크고, 예컨대 750nm보다 크고, 예컨대 1000nm보다 크고, 예컨대 1500nm보다 크고, 예컨대 2000nm보다 크고, 예컨대 2500nm보다 크고, 예컨대 3000nm보다 클 수 있다.
- [0115] 미세 구조 광파이버에서, 코어 영역은 클래드 특징부들에 의해 직접적으로 포위된 영역으로 한정될 수 있다. 코어는 클래드 특징부들의 구조에서 결함, 예컨대 누락된 클래드 특징부로서 보여질 수 있다.
- [0116] 본 발명은 또한 내시경, 외과적 현미경, 공초점 현미경, 공간섭 단층 촬영(OTC), 멀티 모드 조사, 자기 형광, 형광 수명 이미징 측정들(FSIM), 분자 이미징, 광유전학, 디스플레이들, 확산 성분 특성 평가, 태양 전지 특징 평가, 양자점 특성 평가, 플라즈모닉스, 분산형 푸리에 변환 분광법 및/또는 원자 트랩 용도들로부터 선택된 절차의 수행시 사용을 위해 적합한 조명 방법에 관한 것이다.
- [0117] 방법은, 상기에 기술된 광학적 초연속 생성의 소스를 제공하는 단계, 그의 입력단에서 미세 구조 광파이버로 여기 광을 입사시키는 단계, 미세 구조 광파이버 내 초연속을 생성하는 단계, 및 절차의 대상이 될 타깃으로 초연속의 적어도 일 부분을 방출하는 단계를 포함한다.
- [0118] 본 발명의 광학적 초연속 생성의 소스의 높은 안정성에 의해, 광학적 초연속 생성의 소스는 수 개의 파장들이 동시에 또는 스위칭 순서, 예를 들면 교대로 사용되는 조명 절차들에서 사용하기에 크게 적절하다는 것이 발견되었다. 그에 따른 광학적 초연속 생성의 바람직한 사용은 내시경, 외과적 현미경, 공초점 현미경, 공간섭 단층 촬영(OTC), 멀티 모드 조사, 자기 형광, 형광 수명 이미징 측정들(FSIM), 분자 이미징, 광유전학, 디스플레이들, 확산 성분 특성 평가, 태양 전지 특징 평가, 양자점 특성 평가, 플라즈모닉스, 분산형 푸리에 변환 분광법 및/또는 원자 트랩 용도들을 포함하는 절차들에서 조명 및 센서 목적들을 위한 사용을 포함한다.
- [0119] 일 실시예에서, 본 발명의 광학적 초연속 생성의 소스는, 예를 들면, US 2014/0232988에 기술된 모니터링 절차들 중 하나 이상을 포함하는 하나 이상의 세션들에 걸쳐 환자의 눈의 하나 이상의 파라미터들을 모니터링하기 위해 이롭게 사용된다.
- [0120] 일 실시예에서, 본 발명의 광학적 초연속 생성의 소스는 이롭게는, 예를 들면, US 2014/0333978 또는 US 2014/0288417에 기술된 눈을 스캐닝하기 위해 사용된다.
- [0121] 본 발명은 또한 내시경, 외과적 현미경, 공초점 현미경, 공간섭 단층 촬영(OTC), 멀티 모드 조사, 자기 형광, 형광 수명 이미징 측정들(FSIM), 전반사 조명 형광(TIRF) 분광법; 형광 공명 에너지 이동(FRET), 브로드밴드 분광법, 나노 포토닉스, 플로 사이토메트리, 공업 검사, 링 다운 분광법, 분석 분광법, 분자 이미징, 광유전학, 디스플레이들, 확산 성분 특성 평가, 태양 전지 특징 평가, 양자점 특성 평가, 플라즈모닉스, 분산 푸리에 변환 분광법 및/또는 원자 트랩 용도들 중 적어도 하나에서 사용을 위해 적합한 조사 광원에 관한 것이고, 조사 광원은 상기에 기술된 광학적 초연속 생성의 소스를 포함한다.
- [0122] 본 발명의 조사 광원은 바람직하게는 광학적 초연속 생성의 소스로부터 생성된 초연속 빔을 필터링하도록 구성된 하나 이상의 광 필터들을 포함한다. 광 필터 또는 광 필터들은 하나 이상의 파장들로의 조사 광원의 출력 및/또는 파장들의 범위들을 조정하기 위해 바람직하게 조정 가능하다. 일 실시예에서, 조사 광원의 출력은 두 개의 구별되는 파장들 또는 파장 범위(들), 예를 들면, 그리드 패턴을 생성하거나 또는 파라미터를 모니터링/감지하기 위한 제 1 파장(예컨대 단일 파장 또는 선택적으로 파장들의 범위) 및 수술을 위한 조명을 생성하기 위한 제 2 파장 범위를 포함한다.
- [0123] 일 실시예에서, 조사 광원은, 예를 들면, US 2014/0066723에 기술되는 광 펄스들의 시간적 스트레칭을 위한 분산 펄스 스트레칭 요소를 포함한다. 분산 펄스 스트레칭 요소는 바람직하게는 전달 광파이버와 같은 광파이버이거나 또는 그의 부분을 형성한다. 일 실시예에서, 분산 펄스 스트레칭 요소는 초연속 생성의 소스로 통합된다.
- [0124] 이롭게는 광 초연속 생성의 소스는 생성된 초연속 광에 대한 광파이버 출력단을 포함한다. 광파이버 출력단은 조명의 위치로 생성된 초연속 광을 전달하기 위한 전달 광파이버에 광학적으로 연결된다. 전달 광파이버는 이롭게는 분리할 수 있는 커넥터를 사용하여 광학적 초연속 생성의 소스의 광파이버 출력단에 결합되어서, 전달 광

파이버는 원하는 경우 변경될 수 있다. 전달 광파이버는, 바람직하게는, 예를 들면, 프로브 및/또는 센서로 적어도 부분적으로 통합됨으로써, 프로브 및/또는 센서에 광학적으로 결합된다.

- [0125] 일 실시예에서, 조사 광원은 외과적 현미경과 같은 현미경, 형광 수명 이미징 측정들(FSIM), 전반사 조명 형광(TIRF) 분광법에 기초한 광학적 형광 현미경과 같은 광학적 형광 현미경의 일부를 형성한다.
- [0126] 이롭게는, 조사 광원은, 예를 들면, US 2014/0066723에 기술된, 눈 수술과 같은 눈 조명 절차에서 사용을 위해 구성된다. 전달 광파이버는, 이롭게는 수술 전 및/또는 수술 동안 눈 상에 또는 눈 내부에 조명을 위한 프로브로 적어도 부분적으로 통합됨으로써, 프로브로 광학적으로 결합된다. 바람직하게는, 프로브는 약 125 μ m까지의 외부 직경을 갖는다. 일 실시예에서, 조사 광원은, 예를 들면, US 2014/0293225 또는 US 2015/0080718에 기술된 바와 같이, 눈의 OTC에 사용을 위해 구성된다.
- [0127] 일 실시예에서, 프로브는 전달 광파이버로부터 출력 빔의 적어도 일 부분을 수신하도록 광학적으로 결합된 US 2014/0200566 또는 US 2014/0180264에 기술된 것과 같은 다중 스팟 발생기를 포함한다. 일 실시예에서, 다중 스팟 발생기는 다중 코어 광파이버를 포함한다.
- [0128] 일 실시예에서, 프로브는, 예를 들면, US 8,496,331에 기술되는 광 패턴을 생성하기 위한 회절 광 요소를 포함한다.
- [0129] 이롭게는, 조사 광원의 광학적 초연속 생성의 소스는 450nm보다 작은 파장들을 포함하는 초연속을 생성하도록 구성된다.
- [0130] 일 실시예에서, 조사 광원은 유도 방출 결핍에 대해 적응된다.
- [0131] 본 발명은 또한, 예를 들면, 도량형을 위한 공업 검사 장치를 포함하고, 상기 장치는 상기에 기술된 조사 광원을 포함한다.
- [0132] 본 발명은 또한 상기에 기술되는 조사 광원을 포함하는 분광기를 포함한다. 바람직하게는, 분광기는 링 다운 분광법(예를 들면, 가스 감지에서 사용을 위해), 분석 분광기(예를 들면, 초분광 분광법 또는 예를 들면, 과일류의 크립 분석에서 사용을 위해), 전파 시간 분광기 및/또는 분산 푸리에 변환 분광기이다.
- [0133] 범위들 및 바람직한 범위들을 포함하는 상기에 기술된 본 발명의 모든 특징들 및 실시예들은, 이러한 특징들을 조합하지 않을 특별한 이유들이 존재하지 않는다면, 본 발명의 범위 내에서 다양한 방식으로 조합될 수 있다.

발명의 효과

- [0134] 본 발명은 적절한 여기 레이저로 펌핑될 때 청색 파장들로 연장하고 동시에 초연속을 생성하기 위해 요구된 고 피크 출력광에 의한 열화에 대해 높은 내성을 갖는 안정된 단일 모드 초연속을 생성하는 데 적절하게 광파이버를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0135] 도 1a는 알려진 미세 구조 광파이버의 단면의 마이크로그래프 이미지를 도시하는 도면.
- 도 1b는 도 1에 도시된 광파이버의 단면의 개략도.
- 도 1c 내지 도 1e는 각각 나타낸 클래드 특징부들의 제 1, 제 2, 및 제 3 링을 갖는, 도 1a의 미세 구조 광파이버의 단면들의 개략도들.
- 도 2a는 본 발명에 따라 미세 구조 광파이버의 일 실시예의 단면의 마이크로그래프 이미지를 도시하는 도면.
- 도 2b는 도 2a에 도시된 미세 구조 광파이버의 단면의 개략도.
- 도 3a는 본 발명에 따라 미세 구조 광파이버의 일 실시예의 단면의 마이크로그래프 이미지를 도시하는 도면.
- 도 3b는 도 2a에 도시된 미세 구조 광파이버의 단면의 개략도.
- 도 3c는 미세 구조 광파이버의 일 실시예의 단면의 개략도.
- 도 4는 여기 파장에서 여기 광을 상이한 전력 레벨들에서 동등한 치수의 클래드 특징부들을 갖는 클래드를 구비하는 표준 미세 구조 광파이버로 입사시킴으로써 획득된 초연속 스펙트럼에 대한 전력 스펙트럼 밀도의 그래프들.

도 5는 상이한 전력 레벨들에서 본 발명에 따라 여기 과정에서 여기 광을 미세 구조 광파이버로 입사시킴으로써 획득된 초연속 스펙트럼에 대해 출력 스펙트럼 밀도의 그래프들을 도시하는 도면.

도 6a 및 도 6b는 두 개의 상이한 여기 전력 레벨들에 대하여, 본 발명에 따라 표준 미세 구조 광파이버에 대하여 및 미세 구조 광파이버에 대해 출력 스펙트럼 밀도의 그래프들을 도시하는 도면들.

도 7은 본 발명에 따라 초연속 방사의 소스의 개략도.

도 8은 본 발명에 따라 캐스케이드 광파이버(50)의 일 실시예를 도시하는 도면.

도 9는 타원형 내측 클래드 특징부들을 갖는 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예의 개략도.

도 10은 외측 클래드 피치보다 작은 내측 클래드 피치를 갖는 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버의 일 실시예의 개략도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0136] 본 발명은 바람직한 실시예와 관련하여 및 도면들을 참조하여 이하에 더 완전히 설명될 것이다.
- [0137] 도면들은 개략적이고 명확성을 위해 간략화될 수 있다. 전체적으로, 동일한 참조 번호들은 동일하거나 대응하는 부분들에 대해 사용된다.
- [0138] 도 1a는 광파이버의 세로축에 수직인 알려진 미세 구조 광파이버의 단면(10)의 현미경 사진 이미지이다. 광파이버는 코어 영역(12) 및 클래드 영역(14)을 포함하는 미세 구조 광파이버이고, 클래드 영역은 코어 영역(12)을 포위한다. 코어 면적 또는 코어 영역(12)은 코어(12)를 직접 감싸도록 구성된 클래드 특징부들(11)로 내접되는 면적으로서 보여진다.
- [0139] 클래드 영역(14)은 클래드 특징부들(11)을 포함하고, 여기서 특징부들은 클래드 배경 또는 기본 재료 내에 분포된, 광파이버의 세로 방향으로 연장하는 실질적으로 원형의 구멍들 또는 간극들의 형태이다. 클래드 특징부들(11)은 규칙적인 어레이로 배열되는 것으로 보여진다. 도 1a 내지 도 1e에 보여지는 미세 구조 광파이버(10)는 각각이 실질적으로 동일한 치수를 갖는 클래드 특징부들을 포함하는 단일 클래드를 갖는다.
- [0140] 도 1b는 도 1a에 도시된 광파이버의 단면의 개략도이다. 도 1b는 알려진 미세 구조 광파이버의 단면(10)이 규칙적인 어레이에서 클래드 특징부들(11)을 갖는 클래드(14)으로 포위된 코어 영역(12)을 포함한다는 것을 또한 보여준다.
- [0141] 도 1c 내지 도 1e는 각각 표시된 클래드 특징부들의 제 1, 제 2, 및 제 3 링을 갖는, 도 1a의 미세 구조 광파이버의 단면들의 개략도들이다. 도 1c에서, 점선으로 된 육각형(14-I)은 "W"로 나타낸 브릿지들로 배열된 그 사이의 특징부들을 갖는 클래드 특징부들의 가장 내측의 링을 나타낸다. 클래드 특징부들의 이러한 가장 내측 또는 제 1 링은 여섯 개의 클래드 특징부들이다. 도 1d에서, 점선으로 된 육각형(14-II)은 클래드 특징부들의 다음의 또는 제 2 링을 나타낸다. 클래드 특징부들의 이러한 다음 또는 제 2 링은 열두 개의 클래드 특징부들을 포함한다. 도 1e에서, 점선으로 된 육각형(14-III)은 클래드 특징부들의 다음의 또는 제 3 링을 나타낸다. 클래드 특징부들의 이러한 제 3 링은 열여덟 개의 클래드 특징부들을 포함한다.
- [0142] 도 1c는 클래드 특징부들의 제 1 또는 가장 내측의 링(14-I)이 코어 영역에 가장 가까운 그들 클래드 특징부들로 구성되는 것을 보여준다. 코어 영역으로부터 세어서, 클래드 특징부들의 다음의 또는 제 2 링(14-II)은 가장 내측의 링(14-I), 등의 클래드 특징부들에 가장 가까운 이들 클래드 특징부들로 구성된다. 일반적으로, 링은 원형이 아니고, 오히려 육각형 형상과 같은 클래드 특징부들의 성형에 따라 성형된다. 도 1a 내지 도 1e에 도시된 미세 구조 광파이버(10)의 단면은 클래드 특징부들의 일곱 개의 전체 링들뿐만 아니라 클래드 특징부들의 일곱 개의 링들에 인접한 3 × 6 개의 추가의 클래드 특징부들을 갖는다.
- [0143] 본 출원의 환경에서, 어구 "클래드 특징부들의 링"은 일반적으로 코어 영역에 실질적으로 동일한 거리를 갖는 클래드 특징부들을 말한다.
- [0144] 도 2a는 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버(20)의 일 실시예의 단면의 현미경 사진 이미지이고, 도 2b는 도 2a에 도시된 미세 구조 광파이버(20)의 단면의 개략도이다.
- [0145] 도 2a 및 도 2b에서, 광파이버(20)는 코어 영역 또는 코어(22) 및 코어 영역을 감싸는 클래드 영역(24)을 포함하는 것이 보여질 수 있다. 더욱이, 클래드 영역(24)이 클래드 배경 재료 및 클래드 배경 재료 내에 복수의 클

클래드 특징부들(21, 26)을 포함하는 것이 도 2a 및 도 2b로부터 명확하다.

- [0146] 클래드 영역은 내측 클래드 특징부들(26)의 두 개의 내측의 링들을 갖는 내측 클래드 영역(27) 및 외측 클래드 특징부들(21)의 다섯 개의 전체 외측 클래드 링들에 더하여 외측 클래드 특징부들의 가장 바깥쪽의 링과 인접한 링을 구성하지 않는 추가의 외측 클래드 특징부들을 포함하는 외측 클래드 영역(28)을 포함한다. 내측 클래드 영역(27)의 특징부들(26) 사이의 배경 재료의 브릿지들은 폭(w_1)을 갖고 외측 클래드 영역(28)의 특징부들(21) 사이의 배경 재료의 브릿지들은 폭(w_2)을 갖는다. 상기에 기술된 바와 같이 이롭게는 w_2 가 w_1 보다 훨씬 크다는 것이 보여질 수 있다.
- [0147] 내측 클래드 영역(27)은 코어 영역(22)에 이웃하고 외측 클래드 영역(28)은 내측 클래드 영역에 인접한 것으로 보여질 수 있다. 내측 클래드 특징부들은 제 1 특성 직경(d_1)을 갖고, 외측 클래드 영역(28)은 제 1 특성 직경(d_1)보다 작은 특성 직경을 갖는 복수의 외측 클래드 특징부들(21)을 포함한다. 제 1 특성 직경(d_1)은 외측 클래드 특징부들(21)의 평균 직경(d_2)보다 적어도 약 10%크다.
- [0148] 단지 클래드 특징부들(21, 26) 중 수 개만이 도 2a 및 도 2b에 참조 번호들로 마킹되었고, 두 개의 가장 내측 링들의 모든 18 개의 특징부들은 내측 클래드 영역 내 내측 클래드 특징부들이고, 도 2a 및 도 2b에 도시된 나머지 클래드 특징부들은 외측 클래드 특징부들이나 것이 주의되어야 한다.
- [0149] 도 3a는 본 발명에 따라 미세 구조 광파이버(30)의 일 실시예의 단면의 현미경 사진 이미지이고, 도 3b는 도 3a에 도시된 미세 구조 광파이버(30)의 단면의 개략도이다.
- [0150] 도 3a 및 도 3b에서, 광파이버(30)는 코어 영역 또는 코어(32) 및 코어 영역을 포위하는 클래드 영역(34)을 포함한다는 것이 보여질 수 있다. 더욱이, 클래드 영역(34)이 클래드 배경 재료 및 클래드 배경 재료 내 복수의 클래드 특징부들(31, 36)을 포함한다는 것이 도 3a 및 도 3b로부터 명백하다.
- [0151] 클래드 영역은 내측 클래드 특징부들(36)의 단일 내측의 링을 갖는 내측 클래드 영역(37) 및 외측 클래드 특징부들(31)의 여섯 개의 전체 외측 클래드 링들에 더하여 외측 클래드 특징부들의 가장 바깥쪽의 링에 인접한 링을 구성하지 않는 추가의 외측 클래드 특징부들을 포함하는 외측 클래드 영역(38)을 포함한다.
- [0152] 내측 클래드 영역(37)의 특징부들(36) 사이의 배경 재료의 브릿지들은 폭(w_1)을 갖고 외측 클래드 영역(38)의 특징부들(31) 사이의 배경 재료의 브릿지들은 폭(w_2)을 갖는다. 상기에 기술된 바와 같이 이롭게는 w_2 는 w_1 보다 크다는 것이 보여질 수 있다.
- [0153] 내측 클래드 영역(37)이 코어 영역(32)에 이웃하고 외측 클래드 영역(38)이 내측 클래드 영역(37)에 인접한 것이 보여질 수 있다. 내측 클래드 특징부들(36)은 제 1 특성 직경(d_1)을 갖고 외측 클래드 영역(38)은 제 1 특성 직경(d_1)보다 작은 특성 직경을 갖는 복수의 외측 클래드 특징부들(31)을 포함한다. 제 1 특성 직경(d_1)은 외측 클래드 특징부들(31)의 평균 직경(d_2)보다 적어도 약 10% 크다.
- [0154] 단지 클래드 특징부들(31, 36) 중 수 개가 도 3a 및 도 3b에 참조 번호들로 마킹되었고, 가장 내측의 링의 모든 여섯 개의 특징부들은 내측 클래드 영역 내 내측 클래드 특징부들이고, 도 3a 및 도 3b에 도시된 나머지 클래드 특징부들은 외측 클래드 특징부들이나 것이 주의되어야 한다.
- [0155] 도 3c는 미세 구조 광파이버(40)의 일 실시예의 단면의 개략도이다. 도 3c에서, 광파이버(40)는 코어 영역 또는 코어(42) 및 코어 영역을 감싸는 클래드 영역(44)을 포함한다는 것이 보여질 수 있다. 더욱이, 클래드 영역(44)은 클래드 배경 재료 및 클래드 배경 재료 내의 복수의 클래드 특징부들(41, 46)을 포함한다는 것이 도 3c로부터 명확하다.
- [0156] 클래드 영역은 내측 클래드 특징부들(46)의 세 개의 내측의 링들을 갖는 내측 클래드 영역(47) 및 외측 클래드 특징부들(41)의 다섯 개의 전체 외측 클래드 링들에 더하여 외측 클래드 특징부들의 가장 바깥쪽 링에 인접한 링을 구성하지 않는 추가의 외측 클래드 특징부들을 포함하는 외측 클래드 영역(48)을 포함한다.
- [0157] 내측 클래드 영역(47)은 코어 영역(42)에 이웃하고 외측 클래드 영역(48)은 내측 클래드 영역에 인접한 것이 보여질 수 있다. 내측 클래드 특징부들은 제 1 특성 직경(d_1)을 갖고 외측 클래드 영역(48)은 제 1 특성 직경(d_1)보다 작은 특성 직경을 갖는 복수의 외측 클래드 특징부들(41)을 포함한다. 제 1 특성 직경(d_1)은 외측 클래드

특징부들(41)의 평균 직경(d_2)보다 적어도 약 10% 크다.

- [0158] 단지 클래드 특징부들(41, 46) 중 몇몇만이 도 3c에서 참조 번호들로 마킹되었고, 세 개의 가장 내측의 링들의 모든 36 개의 특징부들은 내측 클래드 영역(47) 내의 내측 클래드 특징부들이고, 도 3c에 도시된 나머지 클래드 특징부들은 외측 클래드 특징부들이라는 것이 주의되어야 한다.
- [0159] 도 4는 여기 파장에서 여기 광을 동일한 치수의 클래드 특징부들을 갖는 클래드를 구비하는 표준 미세 구조 광 파이버, 예를 들면, 도 1a 및 도 1b에 도시된 광파이버(10)로 입사시킴으로써 획득된 초연속 스펙트럼에 대한 출력 스펙트럼 밀도의 네 개의 그래프들을 도시한다. 도 4의 상부의 오른쪽 코너의 삽화는 도 4의 그래프들을 생성하기 위해 사용된 광파이버의 단면을 도시한다. 도 4의 그래프들은 증가된 여기 출력이 생성된 초연속의 증가된 출력 스펙트럼 밀도를 초래한다는 것을 보여준다. 도 4에 도시된 여기 출력 값들은 여기 광원으로부터 추정된 여기 효과에 관한 것이고, 여기 효과는 임의의 조합기 손실 없이 광원으로부터의 실제 여기 효과이다.
- [0160] 도 5는 네 개의 상이한 출력 레벨들에서 본 발명에 따라 미세 구조 광파이버(30)로 1064nm의 여기 파장에서 여기 광을 입사시킴으로써 획득된 초연속 스펙트럼에 대한 출력 스펙트럼 밀도의 그래프들을 도시한다. 도 5의 상부 오른쪽 코너의 삽화는 도 5의 그래프들을 생성하기 위해 사용된 광파이버, 즉 미세 구조 광파이버(30)의 단면을 도시한다. 도 5로부터, 증가된 여기 출력은 생성된 초연속의 증가된 출력 스펙트럼 밀도를 초래하는 것, 및 모든 네 개의 여기 출력 레벨들에 대해 초연속은 1750nm까지 연장한다는 것이 명확하다. 그러나, 이러한 상한은 측정들을 위해 사용된 광 스펙트럼 분석기(OSA)의 측정 한도이고, 스펙트럼들 모두는 1750nm보다 큰 파장들로 연장한다. 도시된 더 높은 출력들에 대하여, 스펙트럼들은 또한 2000nm보다 큰 파장들로 연장한다. 더욱이, 모든 여기 출력에 대해, 그러나 가장 낮은 것, 즉, 3.5 W에 대해, 스펙트럼은 400nm 미만의 파장들로 연장한다; 이는 여기 출력들 16.5 W 및 23 W에 대해 특히 명확하다.
- [0161] 도 4 및 도 5에서 여기 출력 레벨들이 동일하지 않지만, 그들은 비교가능하다는 것이 주의되어야 한다. 도 4 및 도 5에서 도시된 출력된 출력 스펙트럼 밀도들을 비교할 때, 그들은 비교 가능한 여기 출력들에 대해 비교 가능한 치수들인 것이 명확하다. 더욱이, 출력 스펙트럼 밀도가 특히 약 400nm와 약 750nm 사이의 파장 범위 내 및 특히 더 높은 여기 출력들에 대해, 표준 광파이버에 대해서보다 본 발명에 따른 광파이버(30)에 대해 더 안정적이라는 것이 명확하다.
- [0162] 도 6a 및 도 6b는, 두 개의 상이한 여기 출력 레벨에 대하여, 표준 미세 구조 광파이버(10)에 대한 및 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버(30)에 대한 출력 스펙트럼 밀도의 그래프들을 도시한다. 도 6a 및 도 6b는 초연속 스펙트럼의 일 부분에 대해서만, 즉 350nm 내지 750nm의 범위에 대한 출력 스펙트럼 밀도를 도시한다. 도 6a에서, 그래프들은 여기 출력 레벨 18.6 W에 대하여 도시되고, 도 6b에서, 그래프들은 표준 미세 구조 광파이버(10)에 대해 여기 출력 레벨 21.3 W 및 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버(30)에 대해 여기 출력 레벨 20.8 W에 대해 도시된다.
- [0163] 도 6a에서, 주어진 파장에 대한 출력 스펙트럼 밀도는, 410nm와 750nm 사이의 파장에 대하여, 미세 구조 광 표준 광파이버(10)보다 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버(30)에 대해 더 크다는 것이 보여진다. 더욱이, 도 6a는 적어도 약 450nm와 약 650nm 사이의 파장 범위의 스펙트럼이 표준 미세 구조 광파이버(10)보다 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버(30)에 대해 더 평탄하다는 것을 보여준다. 이러한 효과는 더 높은 여기 출력에 대응하는 도 6b의 출력 스펙트럼 밀도 그래프들에서 더 확연하다. 표준 미세 구조 광파이버(10) 및 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버(30)에 대해 사용된 여기 출력들이 동일하지 않을지라도, 그들은 적어도 비교 가능하다. 도 6b에서, 특히 475nm와 575nm 사이의 파장 범위에서, 표준 미세 구조 광파이버(10)로부터의 출력 스펙트럼 밀도는 파장의 함수로서 상당한 변동을 갖는다는 것이 보여진다. 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버(30)는 475nm와 575nm 사이의 이러한 파장 범위에서 훨씬 더 평탄한 스펙트럼을 갖는다. 더욱이, 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버(30)의 여기 출력 레벨이 표준 미세 구조 광파이버(10)의 여기 출력 레벨보다 낮을지라도, 출력 스펙트럼 밀도는 표준 미세 구조 광파이버(10)에 대한 것보다 표준 미세 구조 광파이버(30)에 대해서 더 크다(즉, 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버(30)에 대해서 20.8W 및 표준 미세 구조 광파이버에 대해서 21.3W).
- [0164] 도 7은 본 발명에 따라 초연속 방사의 소스(100)의 개략도이다. 초연속 광원(100)은 미세 구조 광파이버(4) 및 여기 광원(2)을 포함한다. 미세 구조 광파이버는 2 개의 단부들을 갖는다: 입력단 및 출력단. 도 7에서, 광파이버의 입력단은 단부 캡(8)을 갖고, 광파이버의 출력단은 광파이버(4)의 다른 단부이다. 즉, 광파이버의 단부는 단부 캡을 갖는 것으로 보여지지 않는다. 도 7에서, 단부 캡(8)은 광파이버(4)보다 큰 것처럼 보여진다; 그러나, 단부 캡이 광파이버(4)의 치수들과 유사한 치수들을 갖는 점에서 이는 반드시 상기 경우는 아니다. 비록 광파이버(4)의 출력단이 그것이 자유단인 것처럼 도시되지만, 출력단은 단부 캡을 가질 수 있거나, 또는 다

른 장비로 슬라이스될 수 있다.

- [0165] 여기 광원(2)은 미세 구조 광파이버(4)의 단부 캡(8)으로 광을 공급하도록 구성된 출력(3)을 갖는다. 광은 단부 캡(8)을 통해 미세 구조 광파이버로 공급되고, 초연속 스펙트럼이 생성되고 화살표로 나타내는 미세 구조 광파이버의 반대 단부로부터의 출력된다.
- [0166] 도 8은 본 발명에 따라 캐스케이드 광파이버(50)의 일 실시예를 도시한다.
- [0167] 캐스케이드 광파이버(50)는 다른 수단에 의해 함께 슬라이스되거나 서로 광학적으로 연결된 두 개의 광파이버들(30, 20)을 포함한다. 광파이버들 중 적어도 하나는 본 발명에 따른 미세 구조 광파이버이다. 다른 광파이버 또는 제 2 광파이버는 제 2 광파이버의 세로축을 따라 광을 가이드할 수 있는 제 2 코어 영역 및 제 2 코어 영역을 포위하는 제 2 클래드 영역을 포함하는 광파이버이다.
- [0168] 광파이버들(30, 20)의 치수는 미세 구조 광파이버(30)의 모드 필드 직경이 미세 구조 광파이버(20)의 모드 필드 직경보다 크도록 선택된다.
- [0169] 도 8에 도시된 예에서, 두 개의 광파이버들 모두는 본 발명에 따른 광파이버들, 예를 들면, 도 3a 및 도 3b 및 도 2a 및 도 2b, 각각에 도시된 광파이버들(30, 20) 또는 도 9 또는 도 10에 각각 도시된 광파이버들이다. 그러나, 캐스케이드 광파이버의 광파이버들 중 하나는, 예를 들면, 멀티 모드 광파이버 및/또는 미세 구조 광파이버일 수 있고, 클래드는 각각 실질적으로 동일한 치수의 클래드 특징부들을 갖는다. 화살표(51)는 광파이버(50)로 입력된 광을 나타내고, 반면에 화살표(52)는 광파이버(50)로부터 출력된 광을 나타낸다.
- [0170] 도 9에 도시된 미세 구조 광파이버는 코어 영역(또는 간단하게 코어라고 불림)(62) 및 코어를 포위하는 클래드 영역을 포함한다. 클래드 영역은 클래드 배경 재료 및 클래드 배경 재료 내 복수의 클래드 특징부들(61, 66)을 포함한다.
- [0171] 클래드 영역은 내측 클래드 특징부들(66)의 단일 내측의 링을 갖는 내측 클래드 영역(67) 및 외측 클래드 특징부들(61)의 3 개 이상의 외측 클래드 링들을 포함하는 외측 클래드 영역(68)을 포함한다. 도시를 간략화하기 위해 외측 클래드 특징부들(62)의 단지 2 개의 링들만이 도시되었다는 것을 주의하라.
- [0172] 내측 클래드 영역(67)의 특징부들(66) 사이의 배경 재료의 브릿지들은 폭(w_1)을 갖고 외측 클래드 영역(68)의 특징부들(61) 사이의 배경 재료의 브릿지들은 폭(w_2)을 갖는다. 상기에 기술된 바와 같이 이 둘은 w_2 는 w_1 보다 훨씬 크다는 것이 보여질 수 있다.
- [0173] 내측 클래드 영역의 내측의 링의 특징부들(66)은 큰 직경(d_L) 및 수직의 더 작은 직경(d_S)를 갖고, 이 둘은 상기에 기술되는 약 1:1.2 내지 약 1:3의 중형비($d_S:d_L$)를 갖는 타원형이다.
- [0174] 내측 클래드 영역(67)의 타원형 특징부들(66)은 광파이버의 세로축에 비해 반경 방향으로 그들의 더 작은 직경(d_S)을 갖고 배향된다. 보이는 바와 같이 내측 클래드 영역(67)의 결과의 두께는 도시된 실시예에서 코어 직경의 약 30% 비교적 낮다.
- [0175] 도 10에 도시된 미세 구조 광파이버는 코어 영역(또는 간단하게 코어라고 불림)(72) 및 코어를 포위하는 클래드 영역을 포함한다. 클래드 영역은 클래드 배경 재료 및 클래드 배경 재료 내 복수의 클래드 특징부들(71, 76)을 포함한다.
- [0176] 클래드 영역은 내측 클래드 특징부들(76)의 단일 내측의 링을 갖는 내측 클래드 영역(77) 및 외측 클래드 특징부들(71)의 3 개 이상의 외측 클래드 링들을 포함하는 외측 클래드 영역(78)을 포함한다. 도시를 간략화하기 위해 외측 클래드 특징부들(72)의 단지 2 개의 링들이 도시된다는 것을 주의하라.
- [0177] 내측 클래드 영역(77)의 내측 클래드 특징부들(76)은 제 1 피치(Λ_1)에 배열되고, 외측 클래드(78)의 외측 클래드 특징부들(71)은 제 2 피치(Λ_2)에 배열되고, 제 2 피치는 제 1 피치보다 훨씬 크다. 도시된 실시예에서, 제 2 피치(Λ_2)는 제 1 피치(Λ_1)의 약 2배이다.
- [0178] 내측 클래드 영역(67)의 특징부들(66) 사이의 배경 재료의 브릿지들은 폭(w_1)을 갖고, 외측 클래드(68) 영역의 특징부들(61) 사이의 배경 재료의 브릿지들은 폭(w_2)을 갖는다. 상기에 기술된 바와 같이 이 둘은 w_2 는 w_1 보다 훨씬 큰 것이 보여질 수 있다.

[0179] 내측 클래드 영역(77)의 단일 내측의 링의 특징부들(76)은 외측 클래드 영역(78)의 특징부들(71)의 평균 직경보다 훨씬 작은 특성 직경을 갖는다. 도시된 실시예에서, 단일 내측의 링의 특징부들(76)의 특성 직경은 외측 클래드 영역(78)의 특징부들(71)의 평균 직경의 약 절반이다. 이해될 수 있는 바와 같이, 내측 클래드 영역의 축 두께는 매우 좁아서, 그에 의해 유효 고차 모드가 스트립 오프하게 한다.

[0180] 또한, 본 발명의 적용 가능성의 범위는 여기에 주어진 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 그러나, 본 발명의 정신 및 범위 내에 다양한 변경들 및 변동들이 본 상세한 설명으로부터 당업자들에게 명백하게 될 것이기 때문에, 본 발명의 바람직한 실시예를 나타내는 상세한 설명 및 특정예들이 단지 예시를 위해 제공되는 것이 이해되어야 한다.

[0181] 본 발명은 독립항(들)의 특징들로 규정된다. 바람직한 실시예들은 종속항들에서 규정된다. 청구항들의 임의의 참조 번호들은 그들의 범위에 대해 제한하지 않는 것으로 의도된다.

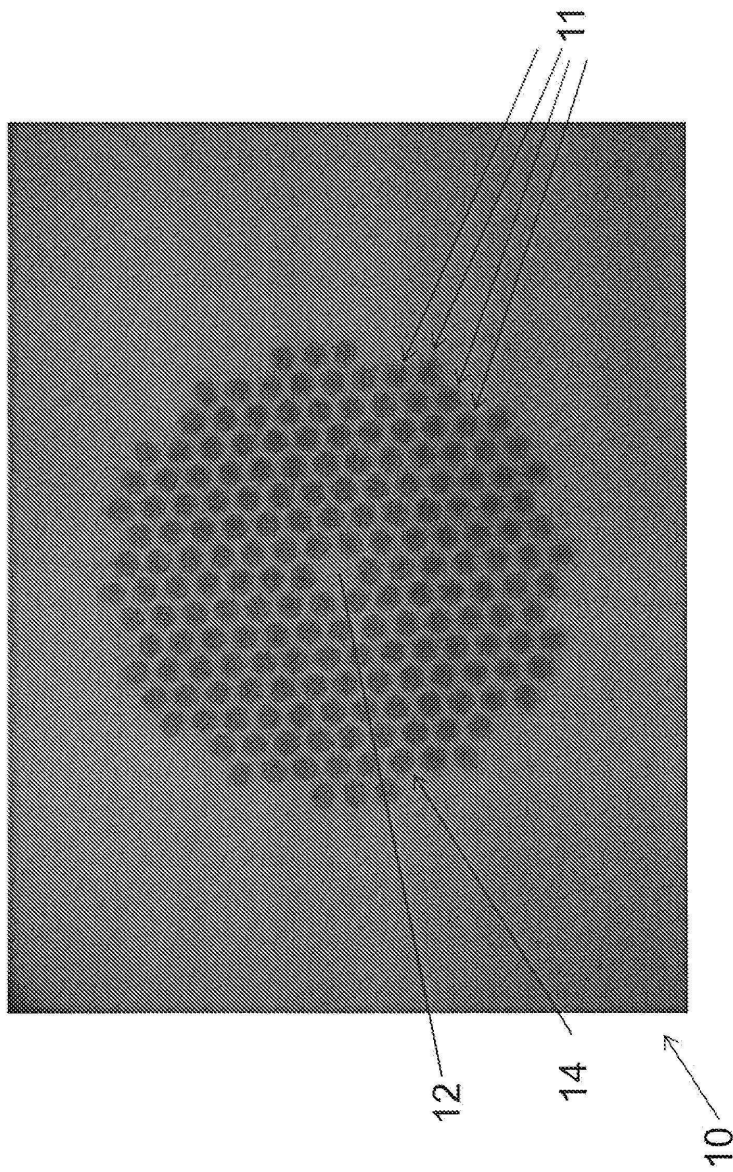
[0182] 몇몇 바람직한 실시예들이 전술한 것에서 보여지지만, 본 발명이 이들로 제한되지 않고, 다음의 청구항들에서 규정된 요지 내에서 다른 방식들로 구현될 수 있다는 것이 강조되어야 한다.

부호의 설명

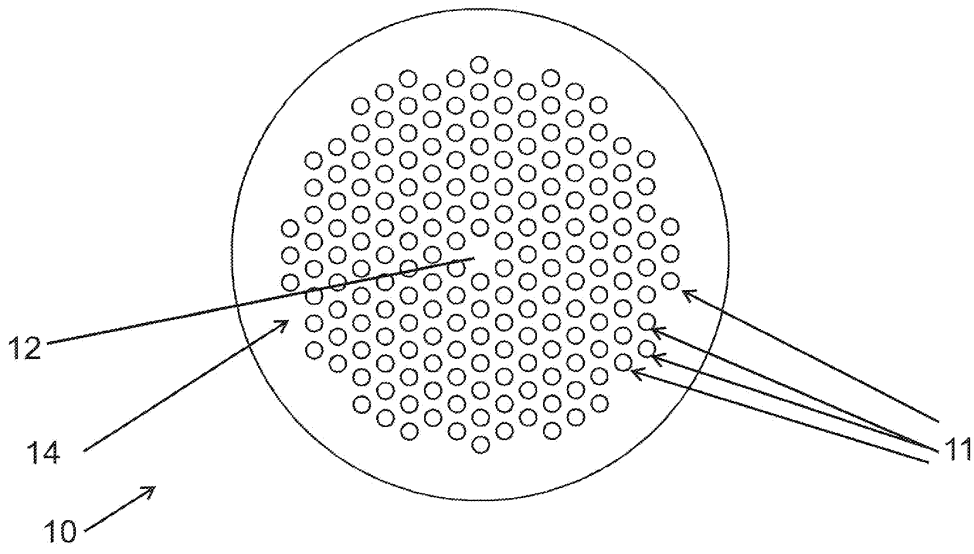
- | | | |
|--------|-------------------|----------------|
| [0183] | 2: 여기 광원 | 4 : 미세 구조 광파이버 |
| | 8 : 단부 캡 | 20 : 광파이버 |
| | 21, 26 : 클래드 특징부들 | 22 : 코어 |
| | 24 : 클래드 영역 | 27 : 내측 클래드 영역 |
| | 28 : 외측 클래드 영역 | 100 : 초연속 광원 |

도면

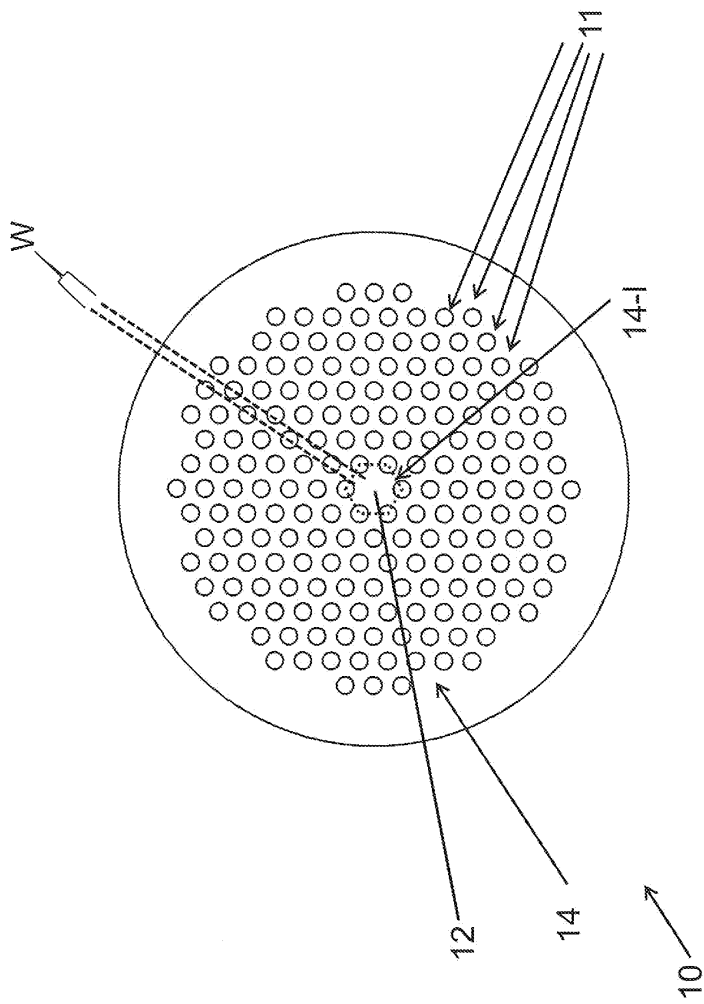
도면1a



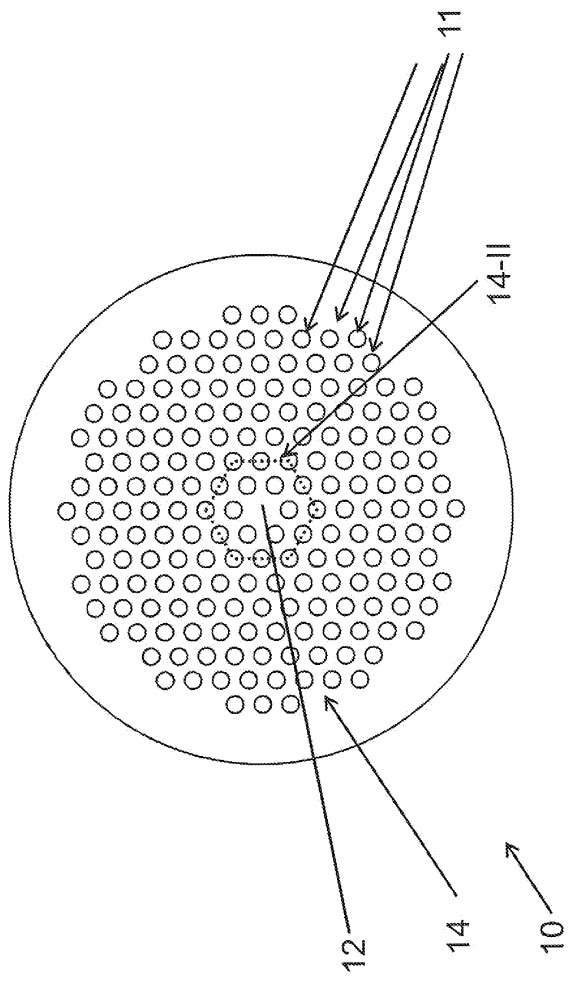
도면1b



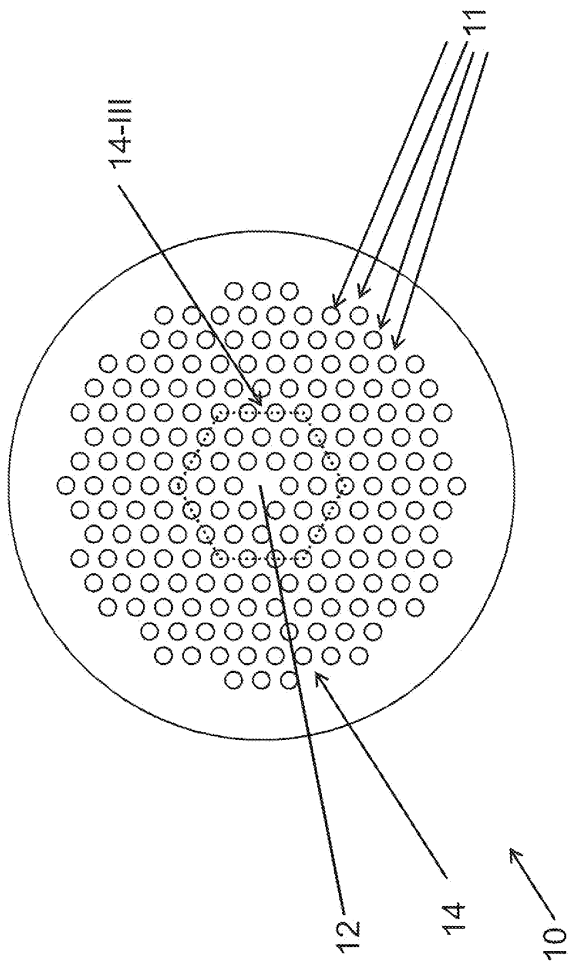
도면1c



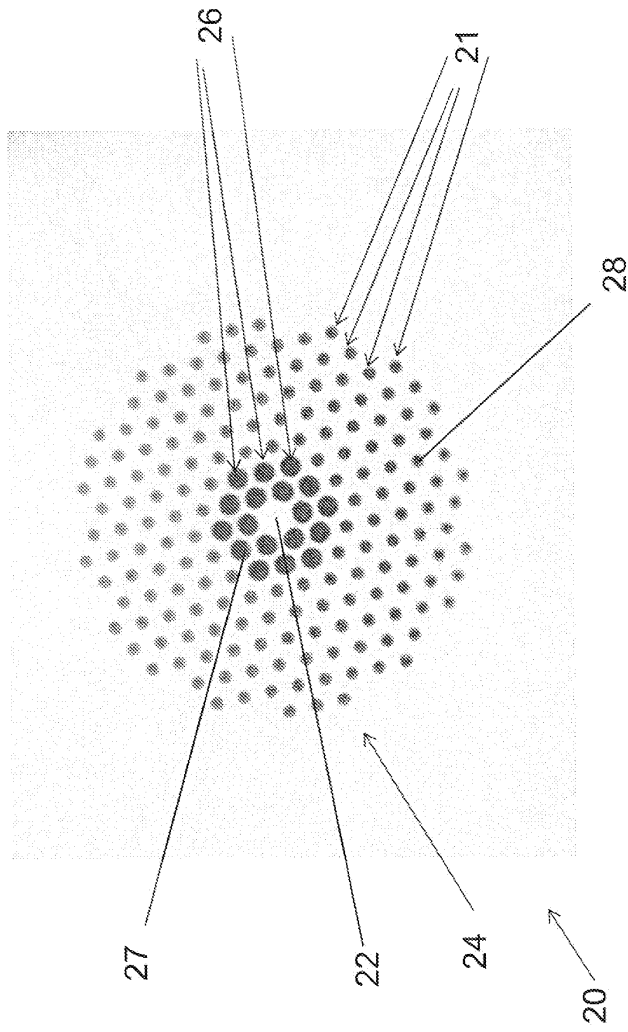
도면1d



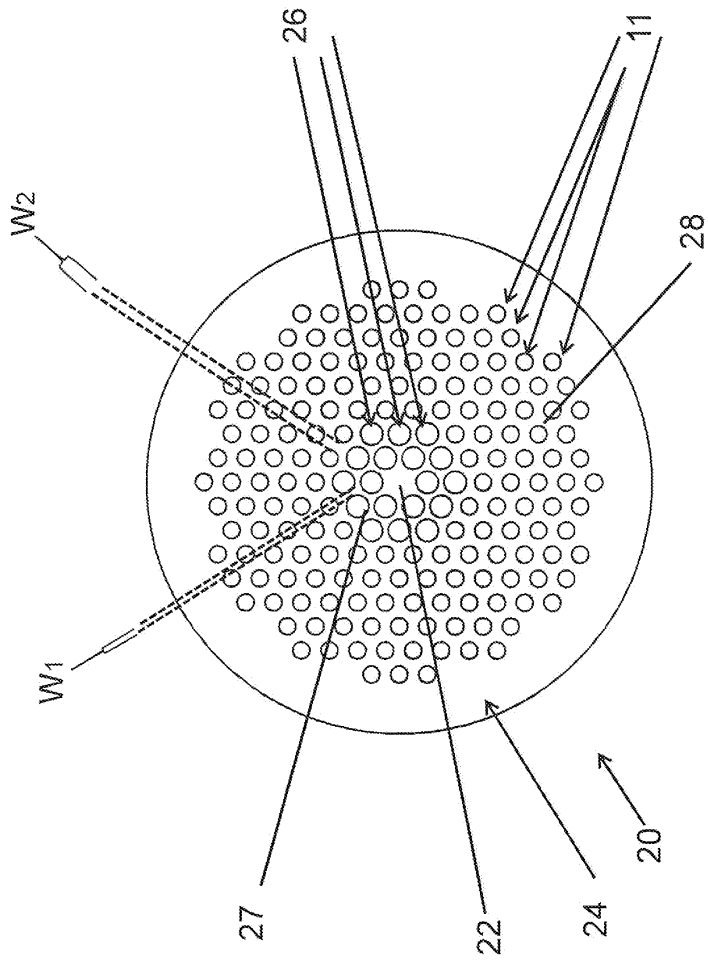
도면1e



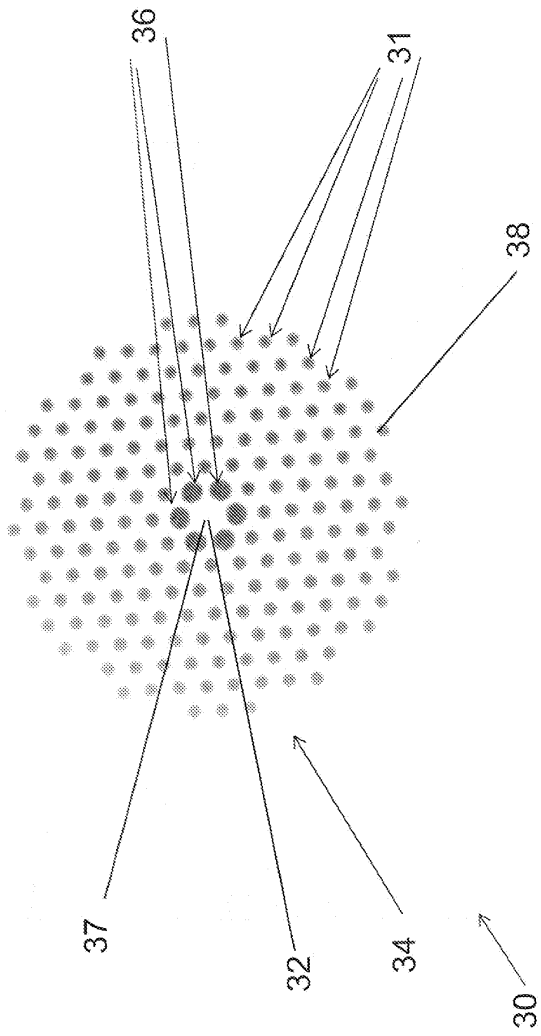
도면2a



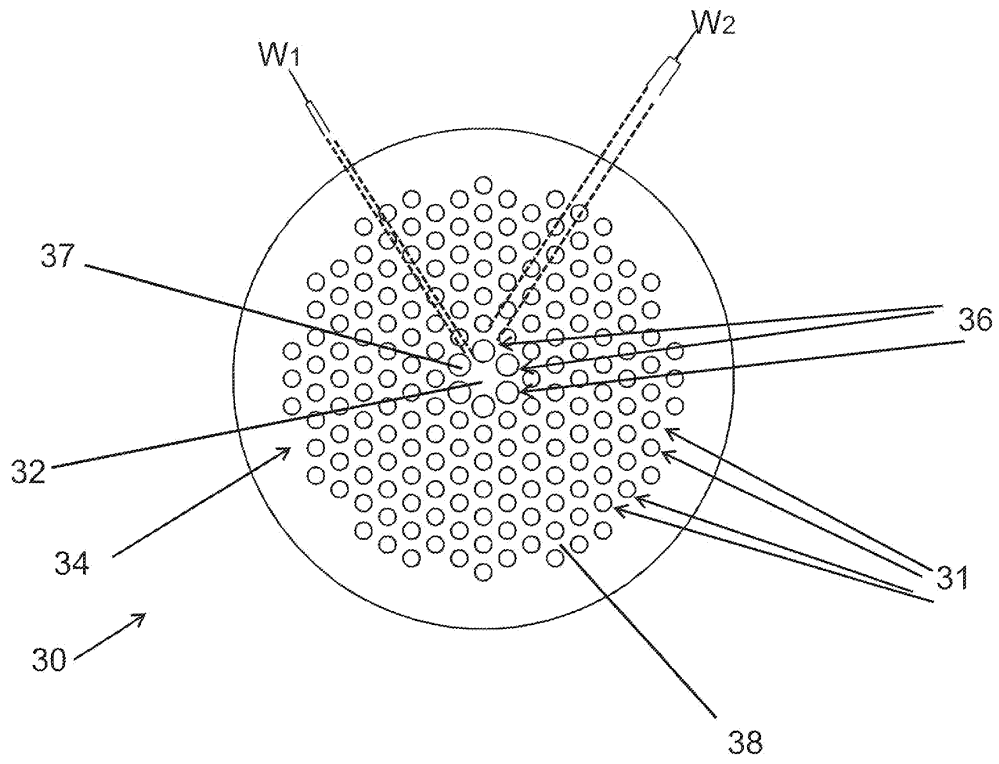
도면2b



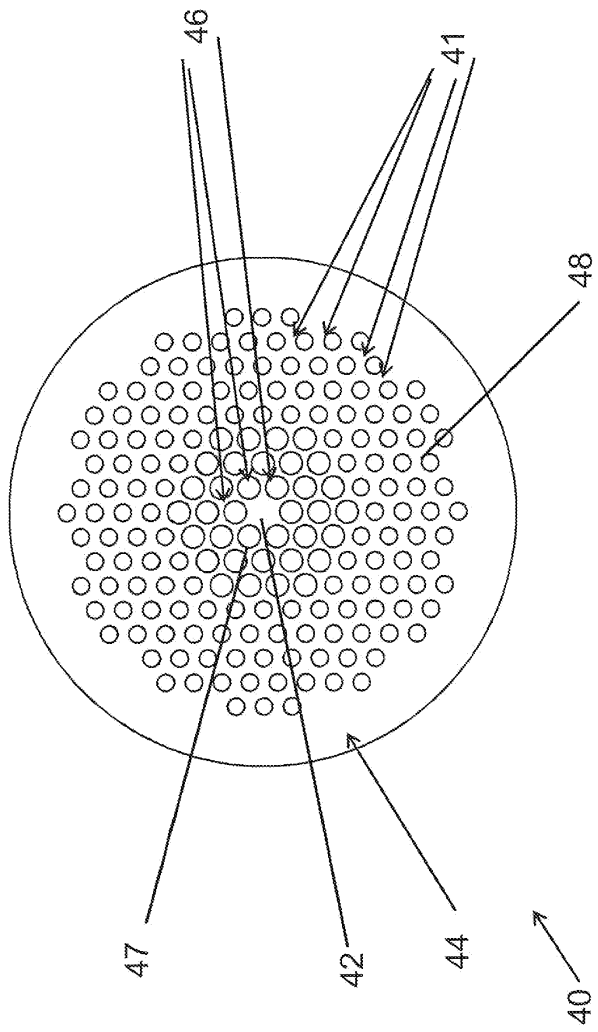
도면3a



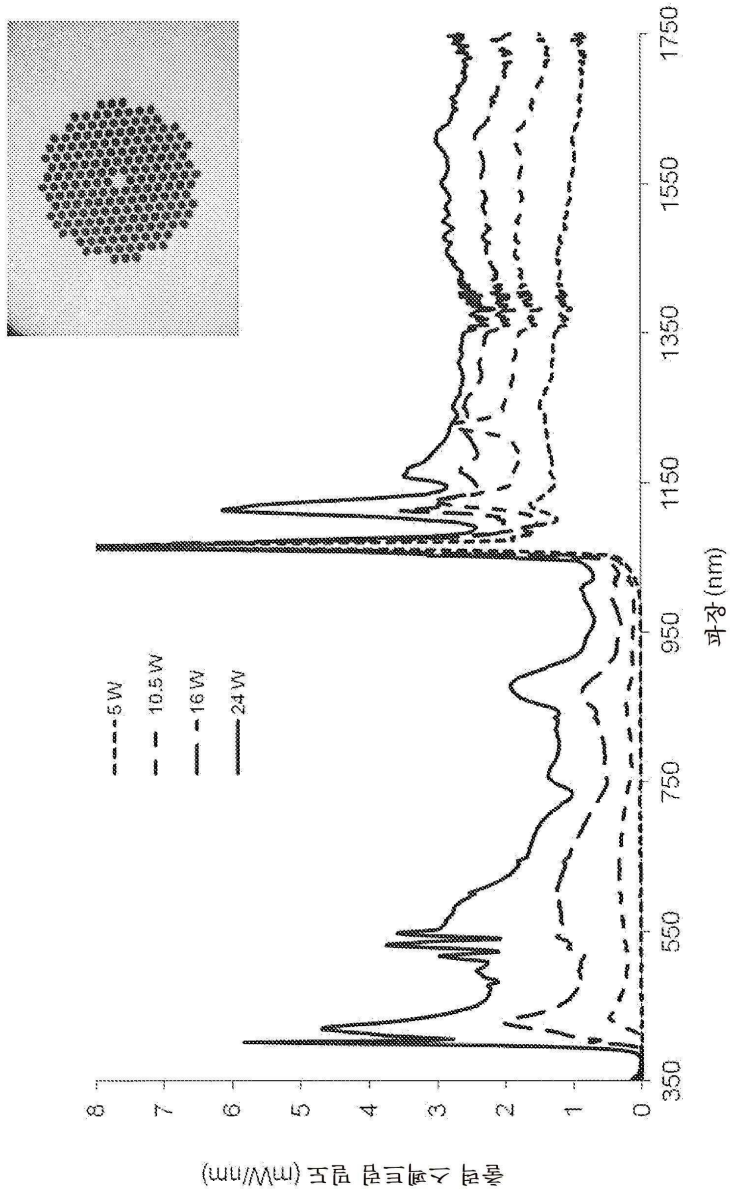
도면3b



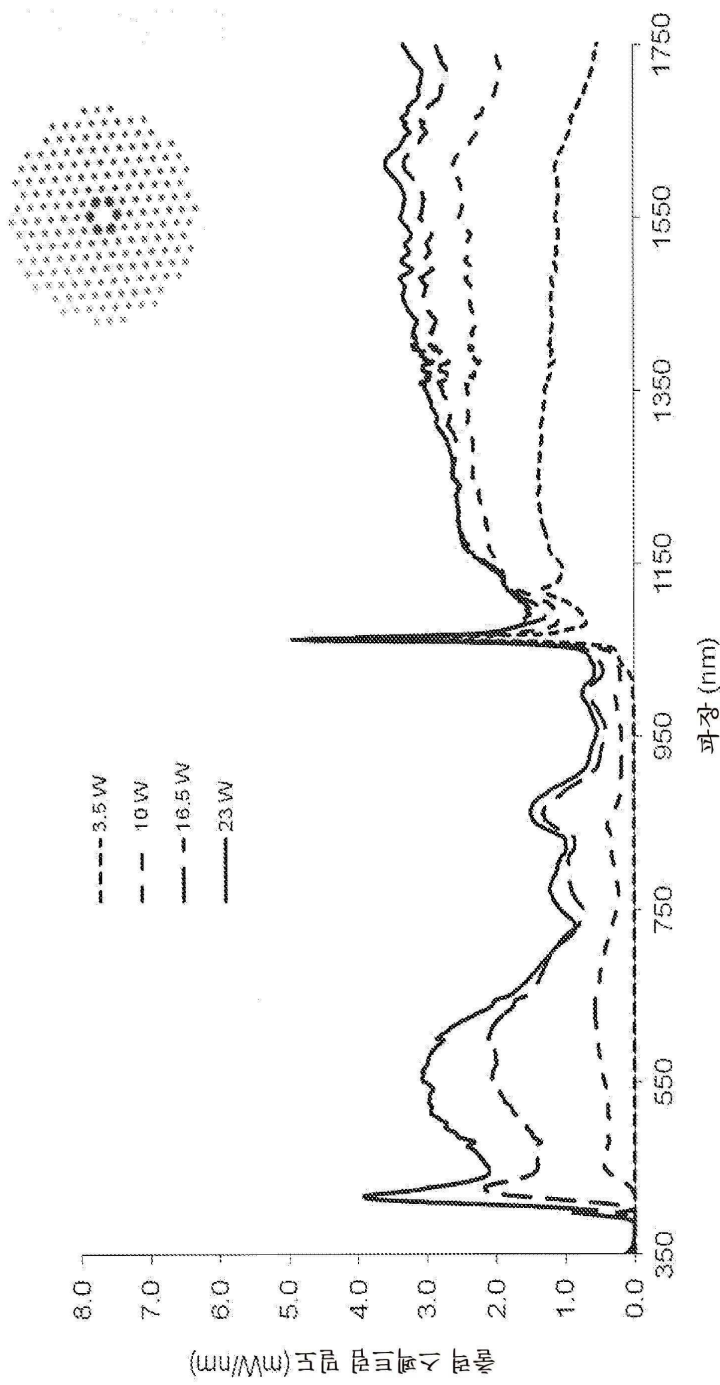
도면3c



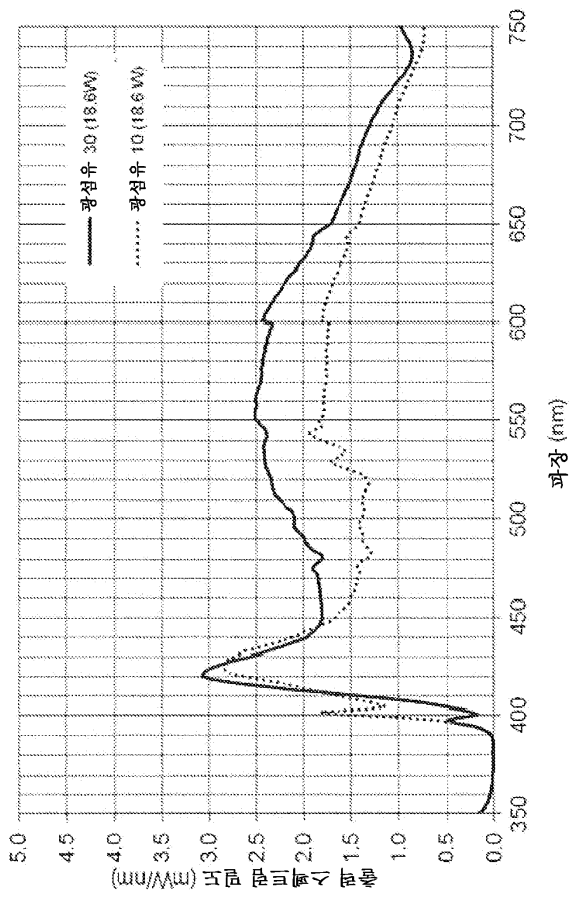
도면4



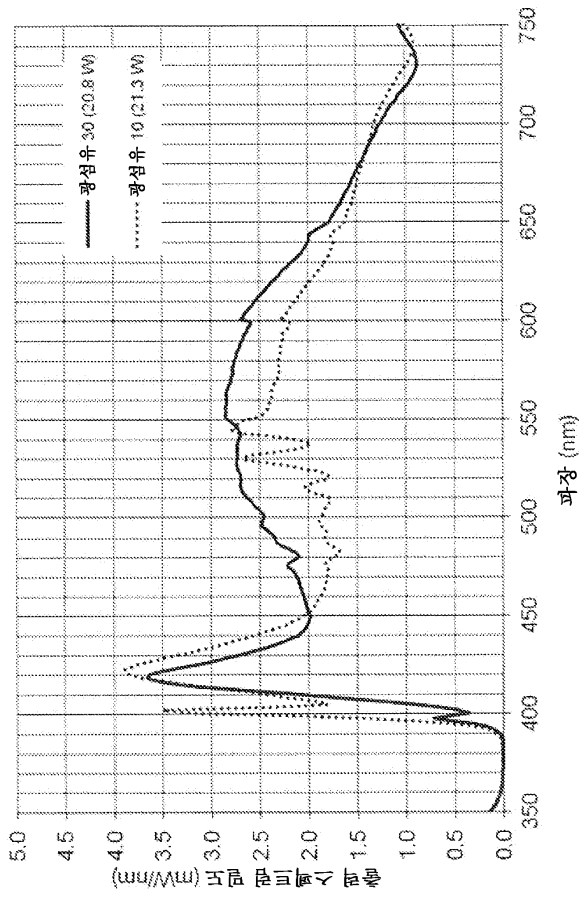
도면5



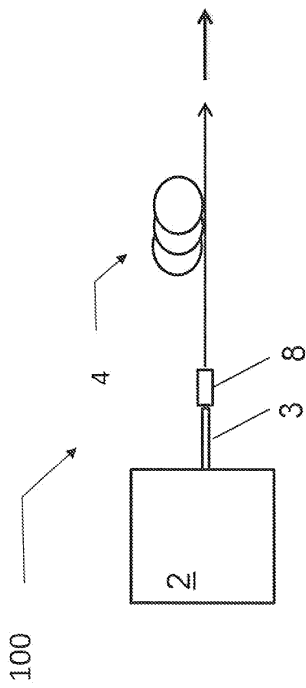
도면6a



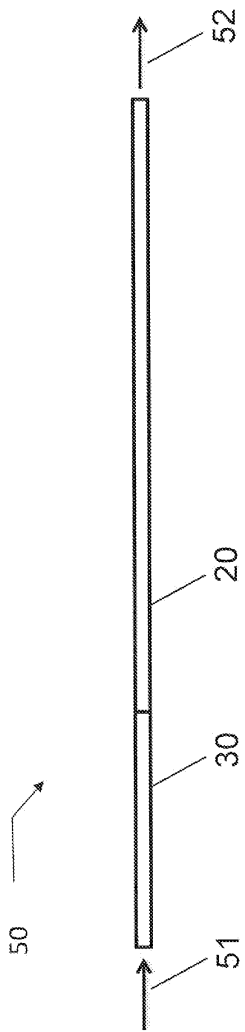
도면6b



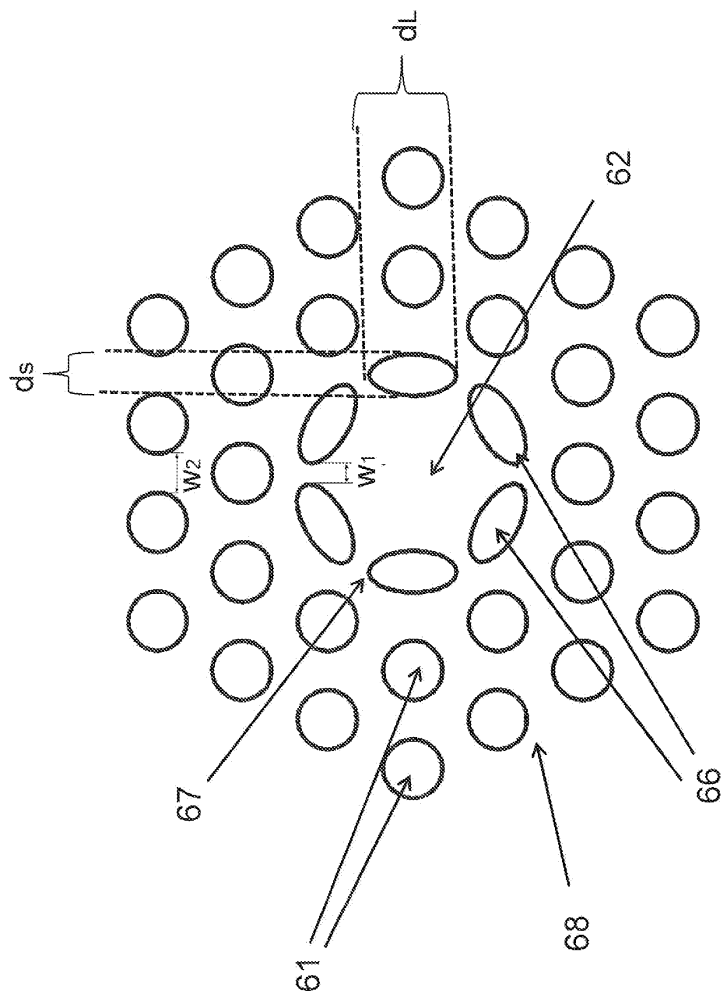
도면7



도면8



도면9



도면10

