



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년11월13일

(11) 등록번호 10-2730390

(24) 등록일자 2024년11월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61F 9/008 (2006.01) A61B 18/00 (2022.01)
A61B 18/22 (2006.01) G02B 6/02 (2022.01)
G02B 6/42 (2006.01)

(52) CPC특허분류
A61F 9/00821 (2013.01)
A61B 18/22 (2020.05)

(21) 출원번호 10-2020-7018478

(22) 출원일자(국제) 2018년12월12일

심사청구일자 2021년11월05일

(85) 번역문제출일자 2020년06월25일

(65) 공개번호 10-2020-0098549

(43) 공개일자 2020년08월20일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2018/059979

(87) 국제공개번호 WO 2019/116285

국제공개일자 2019년06월20일

(30) 우선권주장
62/597,550 2017년12월12일 미국(US)
(뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문헌
US20110144627 A1
WO2010143402 A1
US6572609 B1
JP2017170171 A

(73) 특허권자
알콘 인코포레이티드
스위스 프리부르 뤼 루이-다프리 6 (우편번호:
1701)

(72) 발명자
디아오, 첵우양
미국 92630 캘리포니아 레이크 포레스트 레이크
포레스트 드라이브 20511 알콘 리서치 리미티드
(내)
밀세파시, 알리레자
미국 92630 캘리포니아 레이크 포레스트 레이크
포레스트 드라이브 20511 알콘 리서치 리미티드
(내)
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹, 특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 유재영

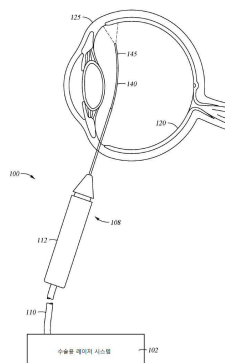
(54) 발명의 명칭 멀티-스팟 레이저 프로브를 위한 멀티-코어 섬유

(57) 요약

본 개시물은 멀티-코어 광섬유 케이블(MCF)에 관한 것이다. 일부 실시형태에서, MCF는, 클래딩에 의해 둘러싸이는 복수의 코어, 및 클래딩을 둘러싸는 코팅을 포함하며, 복수의 코어 중 하나 이상의 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 더 크다. MCF는, MCF의 원위 단부와 결합된 프로브 팁, 및 프로브 팁의 원위 단부에 위치한 렌즈를 포함하

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



는 프로브를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 렌즈는 표적 표면 상에 멀티-스팟 패턴의 레이저 빔을 생성하기 위해, MCF의 원위 단부로부터 레이저 광을 병진 이동시키도록 구성되며, MCF의 원위 단부는 렌즈와의 계면에서 종결된다.

(52) CPC특허분류

A61F 9/00823 (2013.01)
G02B 6/02042 (2013.01)
G02B 6/4206 (2013.01)
A61B 2018/00589 (2013.01)
A61B 2018/2205 (2013.01)
A61B 2018/2255 (2020.05)
A61B 2018/2266 (2013.01)
A61F 2009/00863 (2013.01)

(30) 우선권주장

62/598,653 2017년12월14일 미국(US)
62/622,299 2018년01월26일 미국(US)
62/630,865 2018년02월15일 미국(US)

(72) 발명자

스미스, 로날드 티.

미국 92630 캘리포니아 레이크 포레스트 레이크 포
레스트 드라이브 20511 알콘 리서치 리미티드 (내)

팔리, 마크 해리슨

미국 92630 캘리포니아 레이크 포레스트 레이크 포
레스트 드라이브 20511 알콘 리서치 리미티드 (내)

리차드슨, 던

미국 92630 캘리포니아 레이크 포레스트 레이크 포
레스트 드라이브 20511 알콘 리서치 리미티드 (내)

명세서

청구범위

청구항 1

멀티-스팟 레이저 프로브로서,

사용자에 의해 파지되기 위한 형상 및 크기의 프로브 본체;

안구 내에 삽입되도록 구성된 캐놀라를 포함하는 프로브 팁;

상기 캐놀라의 원위 단부 부분에서 상기 캐놀라에 배치된 그레이디드 인덱스(GRIN) 렌즈;

부분적으로 상기 캐놀라를 통하여 연장되는 멀티-코어 광섬유 케이블(MCF)을 포함하며,

상기 MCF는,

복수의 코어;

용융 실리카로 형성된 클래딩으로서, 상기 클래딩은 상기 복수의 코어를 둘러싸고, 상기 복수의 코어 중 하나 이상의 굴절률은 상기 클래딩의 굴절률보다 더 큰, 클래딩;

상기 클래딩을 둘러싸는 코팅; 및

상기 GRIN 렌즈와의 계면에 배치된 원위 단부를 포함하고,

상기 GRIN 렌즈는 표적 표면 상에 멀티-스팟 패턴의 레이저 빔을 생성하기 위해, 상기 MCF의 상기 원위 단부로부터 레이저 광을 병진 이동시키도록 구성되는,

멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 코어는 레이저 시스템의 회절 광학 소자(DOE)로부터의 2X2 멀티-스팟 패턴과 매칭되도록 구성된 2X2 어레이를 형성하는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 MCF의 상기 원위 단부는 상기 계면에서 정압으로 상기 GRIN 렌즈와 인접하는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 MCF의 상기 원위 단부는 에어 갭에 의해 상기 GRIN 렌즈와 분리되는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 MCF로부터 제거되는 상기 코팅의 일부분의 길이는 상기 MCF의 상기 원위 단부로부터 근위 방향으로 연장되는 0.5 mm 내지 5.0 mm의 범위에 있는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 MCF로부터 제거되는 상기 코팅의 일부분의 길이는 상기 MCF의 상기 원위 단부로부터 근위 방향으로 연장되

는 0.1 mm 내지 3.0 mm의 범위에 있는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 클래딩을 둘러싸는 제2 클래딩을 더 포함하며,

상기 제2 클래딩은 폴리머를 포함하고, 상기 코팅은 상기 제2 클래딩을 둘러싸며, 상기 코팅은 폴리머를 포함하는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 8

멀티-스팟 레이저 프로브로서,

클래딩에 의해 둘러싸이는 복수의 코어, 및 상기 클래딩을 둘러싸는 코팅을 포함하는 멀티-코어 광섬유 케이블(MCF)로서, 상기 복수의 코어 중 하나 이상의 굴절률은 상기 클래딩의 굴절률보다 더 큰, 멀티-코어 광섬유 케이블(MCF);

상기 MCF의 원위 단부와 결합된 프로브 팁을 포함하는 프로브; 및

상기 프로브 팁의 원위 단부에 위치한 렌즈를 포함하며,

상기 렌즈는 표적 표면 상에 멀티-스팟 패턴의 레이저 빔을 생성하기 위해, 상기 MCF의 상기 원위 단부로부터 레이저 광을 병진 이동시키도록 구성되고,

상기 MCF의 상기 원위 단부는 상기 렌즈와의 계면에서 종결되는,

멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 코팅은 폴리이미드 코팅을 포함하며,

상기 클래딩은 용융 실리카를 포함하는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 코팅의 일부분은 1.0 mm 내지 3.0 mm의 범위로 상기 MCF의 상기 원위 단부의 길이에서 제외되는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 복수의 코어는 레이저 시스템의 회절 광학 소자(DOE)로부터의 2X2 멀티-스팟 패턴과 매칭되도록 구성된 2X2 어레이를 형성하는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 프로브 팁은 안구 내에 삽입되도록 구성된 캐놀라를 포함하며,

상기 렌즈 및 상기 MCF의 상기 원위 단부는 상기 캐놀라에 배치되는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 렌즈는 그레이디드 인덱스(GRIN) 렌즈를 포함하며,

상기 MCF의 상기 원위 단부는 정압으로 상기 GRIN 렌즈와 인접하는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 렌즈는 그레이디드 인덱스(GRIN) 렌즈를 포함하며,

상기 MCF의 상기 원위 단부는 겹에 의해 상기 GRIN 렌즈와 분리되는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

청구항 15

제8항에 있어서,

상기 클래딩을 둘러싸는 제2 클래딩을 더 포함하며,

상기 제2 클래딩은 폴리머를 포함하고, 상기 코팅은 상기 제2 클래딩을 둘러싸며, 상기 코팅은 폴리머를 포함하는, 멀티-스팟 레이저 프로브.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시물은 멀티-스팟 레이저 프로브(multi-spot laser probe)에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는, 멀티-코어(multi-core) 광섬유 케이블을 갖는 수술용 프로브를 통해 멀티-스팟 레이저 광 빔을 전달하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 광범위한 의료 수술에서, 레이저 광은 수술을 보조하고 환자의 인체를 치료하기 위해 사용된다. 예를 들어, 레이저 광응고법(photocoagulation)에서, 레이저 프로브는 망막에 걸친 레이저 연소 스팟에서 혈관을 소작하기 위해 사용된다. 특정한 유형의 레이저 프로브는 한 번에 다수의 스팟을 연소시켜서, 더 신속하고 더 효율적인 광응고를 유발할 수 있다. 이러한 멀티-스팟 레이저 프로브 중 일부는 단일 레이저 빔을 레이저 스팟 패턴을 나타내는 다수의 레이저 빔으로 분할하고, 해당 섬유 패턴을 나타내는 광섬유 어레이에 빔을 전달한다. 전형적으로, 섬유 패턴이 레이저 스팟 패턴과 매칭되도록, 섬유가 꼭 채워져야 한다. 또한, 레이저 스팟 패턴은 섬유 패턴과 정확하게 정렬되어야 한다.

[0003] 레이저 연소 스팟에서의 혈관 소작과 더불어, 레이저는, 시력을 제공하는 망막에 존재하여 시력에 영향을 주는 간상체 및 추상체의 일부를 손상시킬 수도 있다. 시력은 망막의 중앙 황반에서 가장 예민하기 때문에, 외과 의사는 망막의 주변 영역에 레이저 연소 스팟을 생성하도록 레이저 프로브를 배치한다. 이러한 방식으로, 중앙 시력을 보존하기 위해 일부 주변 시력이 희생될 수 있다. 수술 동안, 외과 의사는 비연소(non-burning) 조준 빔을 갖는 프로브를 구동함으로써, 광응고될 망막 영역이 조명된다. 저출력 적색 레이저 다이오드의 가용성으로 인해, 조준 빔은 일반적으로 저출력 적색 레이저 광이다. 외과 의사가 원하는 망막 스팟을 조명하도록 레이저 프로브를 배치하면, 외과 의사는 풋 페달 또는 다른 수단을 통해 레이저를 활성화시킨 다음, 조명된 영역을 광응고시킨다. 망막 스팟을 연소시킨 후에, 원하는 수의 연소된 레이저 스팟이 망막에 걸쳐서 분포될 때까지, 외과 의사가 조준 광으로 새로운 스팟을 조명하도록 프로브를 재배치하고, 레이저를 활성화시키며, 프로브를 재배치하는 등의 식이다.

[0004] 당뇨병성 망막증의 경우, 범망막성 광응고법(PRP) 수술이 수행될 수 있으며, PRP를 위한 필요한 레이저 광응고의 수는 전형적으로 많다. 예를 들어, 1,000개 내지 1,500개 스팟이 통상적으로 연소된다. 따라서, 레이저 프로브가 한 번에 다수의 스팟을 연소시킬 수 있게 하는 멀티-스팟 프로브인 경우, (레이저 소스 출력이 충분하다고 가정하면) 광응고법 수술이 더 신속해질 것임을 쉽게 이해할 수 있다. 따라서, 멀티-스팟/멀티-섬유 레이저 프로브가 미국 특허 제8,951,244호 및 제8,561,280호에서 전개되어 기술되었으며, 이들은 그 전체가 본원에 참조로 포함된다.

[0005] 또한, 유리체망막 수술은 안구 내로 그리고 망막 조직 상으로 지향되는 조명 광으로 인해 유리하다. 유리체망막 외과 의사는 흔히 레이저 조준 빔 및 레이저 치료 빔을 전달하기 위해 레이저 프로브를 사용하며, 환자의 인체를 보기 위해 조명 광 빔을 망막 표면 상으로 지향시키기 위한 추가적인 기구를 또한 사용한다.

발명의 내용

- [0006] 일 실시형태에 따라, 본 개시물은 멀티-스팟 레이저 프로브에 관한 것으로서, 멀티-스팟 레이저 프로브는, 사용자에게 의해 파지되기 위한 형상 및 크기의 프로브 본체; 안구 내에 삽입되도록 구성된 캐놀라(cannula)를 포함하는 프로브 팁; 이의 원위 단부 부분에서 캐놀라에 배치된 그레이디드 인덱스(graded-index: GRIN) 렌즈; 및 적어도 부분적으로 캐놀라를 통하여 연장되는 멀티-코어 광섬유 케이블(MCF)을 포함한다. MCF는, 게르마늄 도핑된 실리카로 형성된 복수의 코어; 용융 실리카로 형성된 클래딩(cladding); 클래딩을 둘러싸는 코팅; 및 GRIN 렌즈와의 계면에 배치된 원위 단부를 포함할 수 있다. 클래딩은 복수의 코어를 둘러쌀 수 있다. 복수의 코어 중 하나 이상의 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 더 클 수 있다. 코팅의 일부분은 MCF의 원위 단부의 길이에서 제외될 수 있으며, GRIN 렌즈는 표적 표면 상에 멀티-스팟 패턴의 레이저 빔을 생성하기 위해, MCF의 원위 단부로부터 레이저 광을 병진 이동시키도록 구성될 수 있다.
- [0007] 다른 실시형태는, 클래딩에 의해 둘러싸이는 복수의 코어 및 클래딩을 둘러싸는 코팅을 포함하는 MCF, 및 프로브를 포함하는 멀티-스팟 레이저 프로브에 관한 것이다. 프로브는 MCF의 원위 단부와 결합된 프로브 팁을 포함할 수 있다. 멀티-스팟 레이저 프로브는 프로브 팁의 원위 단부에 위치된 렌즈를 더 포함할 수 있다. 렌즈는 표적 표면 상에 멀티-스팟 패턴의 레이저 빔을 생성하기 위해, MCF의 원위 단부로부터 레이저 광을 병진 이동시키도록 구성될 수 있다. MCF의 원위 단부는 렌즈와의 계면에서 종결될 수 있다. 복수의 코어 중 하나 이상의 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 더 클 수 있다.
- [0008] 추가적인 실시형태는 멀티-스팟 레이저 빔 패턴을 인가하는 방법에 관한 것이다. 방법은, 레이저 소스에 의해 레이저 광 빔을 생성하는 단계; 레이저 광 빔을 시준하는 단계; 시준된 레이저 광 빔을 멀티-스팟 레이저 패턴의 레이저 광 빔을 생성하도록 구성된 회절 광학 소자(DOE)로 지향시키는 단계; 및 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 MCF의 근위 단부의 계면 평면으로 집속하는 단계를 포함할 수 있다. 멀티-스팟 레이저 패턴의 레이저 광 빔의 각각의 레이저 광 빔은 MCF의 복수의 코어 중 하나에 전송될 수 있다. 레이저 광 빔은 MCF의 코어를 따라 전파될 수 있다. 복수의 코어는 클래딩에 의해 둘러싸일 수 있고, 클래딩은 코팅에 의해 둘러싸일 수 있다. 복수의 코어 각각의 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 더 클 수 있으며, 코팅의 일부분은 MCF의 원위 단부의 길이에서 제외될 수 있다. 방법은 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 MCF의 원위 단부에 전송하는 단계, 및 수술용 프로브의 원위 팁에서 렌즈를 통하여 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 지향시키는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0009] 본 개시물의 다양한 실시형태는 이하의 특징 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 복수의 코어는, 레이저 시스템의 회절 광학 소자(DOE)로부터의 2X2 멀티-스팟 패턴과 매칭되도록 구성될 수 있는 2X2 어레이를 형성할 수 있다. MCF의 원위 단부는 계면에서 정압으로 GRIN 렌즈와 인접할 수 있다. MCF의 원위 단부는 에어 갭에 의해 GRIN 렌즈와 분리될 수 있다. 코팅의 일부분의 길이는 MCF로부터 제거될 수 있고, 그 길이는 MCF의 원위 단부로부터 근위 방향으로 연장되는 0.5 mm 내지 5.0 mm의 범위에 있을 수 있다. MCF로부터 제거된 코팅의 일부분의 길이는 MCF의 원위 단부로부터 근위 방향으로 연장되는 1.0 mm 내지 3.0 mm의 범위에 있을 수 있다.
- [0010] 본 개시물의 다양한 실시형태는 이하의 특징 중 하나 이상을 더 포함할 수 있다. 코팅의 일부분은 MCF의 원위 단부의 길이에서 제외될 수 있다. MCF의 원위 단부의 길이에서 제외된 코팅의 길이는 1.0 mm 내지 3.0 mm의 범위에 있을 수 있다. 복수의 코어는, 레이저 시스템의 회절 광학 소자(DOE)로부터의 2X2 멀티-스팟 패턴과 매칭되도록 구성된 2X2 어레이를 형성할 수 있다. 렌즈는 GRIN 렌즈를 포함할 수 있으며, MCF의 원위 단부는 정압으로 GRIN 렌즈와 인접할 수 있다. 렌즈는 GRIN 렌즈를 포함할 수 있으며, MCF의 원위 단부는 갭에 의해 GRIN 렌즈와 분리될 수 있다. 프로브 팁은 안구 내에 삽입되도록 구성된 캐놀라를 포함할 수 있다. 렌즈 및 MCF의 원위 단부는 캐놀라에 배치될 수 있다. MCF에서 코팅의 일부분은 제외될 수 있으므로, 멀티-스팟 레이저 프로브의 출력 처리 특성을 개선할 수 있다. 렌즈는 프로브 팁의 원위 단부에 위치될 수 있으며, GRIN 렌즈를 포함할 수 있다. MCF의 원위 단부는 정압으로 GRIN 렌즈와 인접할 수 있다. MCF의 원위 단부는 에어 갭에 의해 GRIN 렌즈와 분리될 수 있다. 코팅은 폴리이미드 코팅을 포함할 수 있다. 복수의 코어는 게르마늄 도핑된 실리카를 포함할 수 있다. 클래딩은 용융 실리카를 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 본 기술, 이의 특징, 및 이의 장점에 대한 더 완전한 이해를 위해, 첨부된 도면과 함께 고려되는 이하의 설명을 참조하며, 첨부된 도면으로서:

도 1은 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 수술 대상에게 전달하기 위한 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 생성

하기 위한 예시적인 시스템을 도시한다.

도 2는 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 예시적인 멀티-스팟 레이저 프로브를 도시한다.

도 3 및 도 4는 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 비-조명 멀티-스팟 레이저 프로브와 함께 사용하기 위한 예시적인 멀티-코어 광섬유 케이블(MCF)의 단부를 도시한다.

도 5는 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 조명 멀티-스팟 레이저 프로브와 함께 사용하기 위한 예시적인 MCF의 단부를 도시한다.

도 6은 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 예시적인 멀티-스팟 레이저 프로브 팁의 원위 단부 부분의 부분 단면 상세도이다.

도 7a 내지 도 7fb는 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 멀티-코어 섬유 케이블 레이저 프로브의 다양한 장점 및 이점을 강조하기 위해, MCF 레이저 프로브의 양태와 비교하여 멀티-스팟/멀티-섬유 레이저 프로브의 다양한 양태를 도시한다.

도 8은 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 수술용 레이저 시스템에 의해 수행되는 예시적인 작업을 도시한다.

도 9는 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 생성하도록 작동 가능한 예시적인 멀티-스팟 레이저 프로브의 원위 단부 부분을 도시한다.

도 10은 본 발명의 특정 실시형태에 따라, MCF의 원위 단부와 보호용 윈도우 사이에 볼록 단부를 갖는 렌즈가 배치되는 다른 예시적인 멀티-스팟 레이저 프로브의 원위 단부 부분을 도시한다.

도 11은 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 렌즈와 정렬된 MCF의 노출된 단부를 도시하는 예시적인 멀티-스팟 레이저 프로브의 노출된 단부의 측면도이다.

도 12는 캐논라의 내벽과 MCF 사이에 형성된 환형 갭의 결과로서 렌즈와 오정렬된 MCF의 노출된 단부를 도시한다.

도 13은 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 이의 노출된 단부에서 MCF의 내측 클래딩의 둘레에 형성된 환형 갭 내에 배치되는 링을 도시한다.

도 14는 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 카운터보어(counterbore)를 포함하는 다른 예시적인 멀티-스팟 레이저 프로브의 캐논라를 도시한다.

도 15는 본 발명의 특정 실시형태에 따라, MCF의 노출된 단부의 정렬이 캐논라의 감소된 내경에 의해 제공되는 예시적인 멀티-스팟 레이저 프로브를 도시한다.

도 16은 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 조립 동안 MCF의 원위 단부에 대한 잠재적인 손상 위험을 도시한다.

도 17 및 도 18은 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 렌즈 및 MCF의 원위 단부의 정렬을 유지시키기 위해, 예시적인 멀티-스팟 레이저 프로브의 캐논라의 넥다운(necked down) 부분의 구조를 도시한다.

도 19는 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 멀티-스팟 레이저 프로브를 제조하기 위한 예시적인 작업을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하의 설명에서, 개시된 청구 대상의 이해를 원활하게 하기 위해, 세부 사항이 실시예를 통해 상술된다. 그러나, 개시된 구현예가 예시적인 것이며 모든 가능한 구현예를 총망라한 것이 아님은 본 기술 분야의 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 설명된 실시예에 대한 언급은 본 개시물의 범위를 제한하려는 의도가 아님을 이해해야 한다. 본 개시물의 원리에 대해 설명되는 장치, 기구, 방법, 및 임의의 추가적인 적용예에 대한 임의의 변경 및 추가적인 변형은 본 개시물에 관련된 당업자에게 통상적으로 이루어질 수 있는 것으로서 충분히 고려된다. 특히, 일 구현예와 관련하여 설명된 특징, 구성 요소, 및/또는 단계가 본 개시물의 다른 구현예와 관련하여 설명된 특징, 구성 요소, 및/또는 단계와 조합될 수 있음이 충분히 고려된다.

[0013] 본 개시물은 조명 및 비-조명 멀티-코어 레이저 프로브, 그리고 이와 연관된 시스템 및 방법을 설명한다. 도 1은 특정 실시형태에 따라, 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 생성하기 위한 예시적인 시스템(100)을 도시한다.

[0014] 시스템(100)은 안구 수술 동안 사용될 수 있는 레이저 빔을 생성하기 위한 하나 이상의 레이저 소스를 포함하는

수술용 레이저 시스템(102)을 포함한다. 예를 들어, 안구 수술용 레이저 시스템(102)은, 제1 파장(예를 들어, ~532 나노미터(nm))을 갖는 수술용 치료 빔, 및 제2 파장(예를 들어, ~635 nm)을 갖는 레이저 조준 빔을 선택적으로 생성할 수 있다. 외과 의사 또는 외과 직원과 같은 사용자는, 선택적으로 레이저 조준 빔을 방출하고 치료 빔을 발사하여 환자 인체를 치료하기 위해, 예를 들어, 광응고를 수행하기 위해, (예를 들어, 풋 스위치, 음성 명령 등을 통해) 수술용 레이저 시스템(102)을 제어할 수 있다. 경우에 따라, 수술용 레이저 시스템(102)은 포트를 포함할 수 있고, 레이저 빔은 수술용 레이저 시스템(102)의 포트를 통해 방출될 수 있다. 수술용 레이저 시스템(102)은, 레이저 소스의 레이저 광 빔으로부터 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 생성하기 위해, 광학 소자(도시되지 않음)를 포함하는 레이저 시스템 포트 어댑터를 포함할 수 있다.

[0015] 시스템(100)은 멀티-코어 광섬유 케이블(MCF)(110)을 통해 포트로부터 수술용 프로브(108)로 다중화 광 빔을 전달할 수 있다. 프로브(108)는 환자의 안구(125)의 망막(120)에 전달될 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 생성할 수 있다. 프로브(108)는 MCF(110)를 수용 및 보호하는, 프로브 본체(112) 및 프로브 팁(140)을 포함한다. 또한, 프로브 팁(140)의 원위 단부 부분(145)은, MCF(110)의 원위 단부로부터 망막(120) 상으로 다중화 광 빔을 병진 이동시키는 렌즈(도시되지 않음, 아래에 더 상세히 설명됨)를 포함한다.

[0016] 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 생성하고, 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 조명 광 빔과 다중화하기 위해, 다양한 시스템 및 방법이 사용될 수 있다. 경우에 따라, 포트 어댑터는 멀티-스팟 패턴 및/또는 다중화 광 빔을 생성하도록 작동 가능한 광학 소자를 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, 수술용 레이저 시스템(102)은 암 연통 포트(female chimney port)(도시되지 않음)를 더 포함할 수 있으며, 포트 어댑터는 암 연통 포트를 위한 수 커플링(male coupling)으로 기능하는 페룰(ferrule)을 포함할 수 있다. 페룰은, 수술용 레이저 시스템(102)으로부터의 레이저 광이 진입할 수 있게 하는 개구부, 및 레이저 소스로부터 수신된 레이저 광을 시준하기 위한 하나 이상의 광학 소자를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 페룰의 광학 소자는, 광학 소자가 페룰의 개구부에 수신된 레이저 광을 회절 광학 소자(DOE)에 인접하는 선택된 거리로 시준하도록 선택된 길이 및 피치를 갖는 그레이디드 인덱스(GRIN) 렌즈일 수 있다. 다른 실시예에서, 광학 소자는 몇몇 다른 유형의 렌즈(예를 들어, 구면, 비구면, 양볼록 유리 렌즈 등) 중 하나일 수 있다. DOE는 멀티-스팟 패턴의 레이저 광 빔을 MCF의 근위 단부의 계면 평면으로 집속할 수 있으므로, 멀티-스팟 레이저 패턴의 레이저 광 빔의 각각의 레이저 광 빔은, MCF 내에 수용된 복수의 코어 중 선택된 코어의 전체 길이를 따라, 수술용 프로브의 원위 단부로 전파된다.

[0017] 작동 시에, 수술용 레이저 시스템(102)의 레이저 소스는 레이저 광 빔을 생성한다. 수술용 레이저 시스템(102)의 시준 광학기는 레이저 광을 시준하며, 레이저 광은 멀티-스팟 레이저 패턴의 레이저 광 빔을 생성하도록 구성된 회절 광학 소자로 지향된다. 그 다음, 멀티-스팟 레이저 패턴은 수술용 레이저 시스템(102)의 집광 렌즈 및 집속 광학기로 지향되어, MCF의 근위 단부의 계면 평면 상에 멀티-스팟 패턴을 집속함으로써, 멀티-스팟 레이저 패턴의 레이저 광 빔의 각각의 레이저 광 빔은 MCF(110) 내에 수용된 복수의 코어 중 선택된 코어의 전체 길이를 따라 전파된다. 레이저 광 빔의 멀티-스팟 패턴은 MCF(110)에 의해, MCF(110)의 원위 단부에 배치된 프로브(108)에 전송된다. 레이저 광 빔의 멀티-스팟 패턴은 MCF(110)에서 나와서 프로브(108)의 원위 단부 부분(145)에서 렌즈를 통하여 전송된다. 프로브(108)에서 나오는 레이저 광 빔의 멀티-스팟 패턴은 안구(125)의 망막(120) 상에 투영될 수 있다.

[0018] 도 2는 도 1의 프로브 팁(140)의 실시형태를 보다 상세히 도시한다. 전술한 바와 같이, 프로브(108)는 사용자에게 의해 파지되기 위한 형상 및 크기의 프로브 본체(112)를 포함한다. 프로브 본체(112)로부터 연장되는 프로브 팁(140)은 슬리브(251) 및 캐놀라(250)를 포함한다. 도시된 바와 같이, 캐놀라(250)는 슬리브(251)의 원위 단부에 의해 부분적으로 수용되고, 슬리브(251)의 원위 단부를 지나서 연장된다. 도시된 실시예에서, 프로브 팁(140)은, 직선형 부분(216)(예를 들어, 슬리브(251), 및 캐놀라(250)의 직선형 부분), 및 곡선형 부분(218)(예를 들어, 캐놀라(250)의 곡선형 부분)을 포함한다. 다른 구현예에서, 프로브 팁(140)은 다른 형상을 가질 수 있다. 예를 들어, 경우에 따라, 프로브 팁(140)은 완전히 직선형일 수 있거나, 하나보다 많은 곡선형 부분을 포함할 수 있거나, 완전히 곡선형일 수 있거나, 또는 임의의 원하는 방식으로 형상화될 수 있다.

[0019] 프로브 팁(140)은 예를 들어, 스테인리스 강, 티타늄, 니티놀, 및 백금을 포함하는 하나 이상의 재료로 형성될 수 있다. 일부 실시예에서, 프로브 팁(140)의 제1 부분(예를 들어, 직선형 부분(216))은 제1 재료를 포함할 수 있고, 프로브 팁(140)의 제2 부분(예를 들어, 곡선형 부분(218))은 제2 재료를 포함할 수 있다. 경우에 따라, 제1 재료는 제2 재료와 상이할 수 있다. 예를 들어, 경우에 따라, 제1 재료는 스테인리스 강, 예를 들어 관형 스테인리스 강을 포함할 수 있고, 제2 재료는 니티놀, 예를 들어 관형 니티놀을 포함할 수 있다. 프로브 팁(140)의 원위 단부 부분(145)은 수술 절차를 수행하기 위해 안구 내에 삽입될 수 있다.

- [0020] 도 3 및 도 4는 예시적인 MCF(300)(예를 들어, MCF(110)와 유사함)의 원위 단부를 상이한 각도로 도시한다. MCF(300)는, 용융 실리카로 형성될 수 있는 클래딩(304)에 배치된 복수의 코어(302)를 포함한다. 전술한 수술용 레이저 시스템(102)과 같은, 레이저 광원에 의해 제공되는 레이저 광은 복수의 빔으로 분할될 수 있다. 각각의 빔은 MCF(300)의 코어(302) 중 하나로 지향된다. 따라서, 각각의 코어(302)는 MCF(300)의 길이를 따라 광 빔 중 하나를 전도한다. 일부 구현예에서, 코어(302)는 예를 들어, 게르마늄 도핑된 실리카로 구성될 수 있으며, 클래딩(304)은 용융 실리카로 구성될 수 있으므로, 코어(302)를 따라 이동하는 레이저 광은 코어(302) 내에 수용되어 코어(302)로부터 클래딩(304)으로 빠져나가지 못한다. 예를 들어, 하나 이상의 코어(302)의 굴절률은 클래딩(304)의 굴절률보다 더 클 수 있다.
- [0021] 도시된 실시예에서 4개의 코어(302)가 도시되지만, 본 개시물의 범위는 그렇게 제한되지 않는다. 오히려, 다른 구현예에서, MCF(300)는 더 적은 코어(302)를 포함할 수 있는 반면에, 다른 구현예는 4개보다 더 많은 코어(302)를 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, MCF(300)는 2개, 4개, 또는 그보다 많은 내측 코어(302)를 포함할 수 있으며, 일부 실시예에서, 코어(302)는, 수술용 레이저 시스템(102)과 같은 수술용 레이저 시스템에 배치될 수 있는 회절 광학 소자에 의해 생성된 2x2 멀티-스팟 패턴과 매칭되는 2x2 어레이를 형성할 수 있다. 클래딩(304) 위에 코팅(306)이 형성된다. 경우에 따라, 코팅(306)은 폴리이미드 코팅일 수 있다. 다른 경우에, 코팅(306)은 아크릴레이트와 같은 다른 재료로 형성될 수 있다. 일부 구현예에서, 코팅(306)의 굴절률은 클래딩(304)의 굴절률보다 더 크거나, 더 작거나, 클래딩(304)의 굴절률과 동일할 수 있다.
- [0022] 특정 실시형태에서, 각각의 코어(302)의 직경은 약 $75 \pm 2 \mu\text{m}$ 일 수 있으며, 클래딩(304)의 외경은 약 $295 \pm 5 \mu\text{m}$ 일 수 있고, 코팅(306)의 외경은 약 $325 \pm 5 \mu\text{m}$ 일 수 있다. 특정 실시형태에서, 2개의 인접한 코어(302)의 중심들은 서로 간에 약 $126 \pm 5 \mu\text{m}$ 일 수 있는 반면에, 서로에 대해 비스듬한 2개의 코어(302)의 중심들 사이의 거리는 약 $178 \pm 5 \mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [0023] 도 3 및 도 4의 실시예에서, MCF(300)는 비-조명 MCF이다. 즉, 각각의 코어(302)는 광(예를 들어, 레이저 광)을 전도하도록 적응되지만, 클래딩(304) 자체는 치료 부위에서의 전반적인 조명을 위해 사용되는 광을 전도하도록 사용되지 않는다.
- [0024] 도 5는 MCF(500)로 도시된 조명 MCF의 일 실시예를 도시한다. MCF(500)는, 용융 실리카로 형성될 수 있는 내측 클래딩(504)에 배치된 복수의 코어(502)를 포함한다. 코어(502)는 전술한 코어(302)와 유사하게 작동한다. 도시된 실시예에서 4개의 코어(502)가 도시되지만, 본 개시물의 범위는 그렇게 제한되지 않는다. 오히려, 다른 구현예에서, MCF(500)는 더 적은 코어(502)를 포함할 수 있는 반면에, 다른 구현예는 4개보다 더 많은 코어(502)를 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, MCF(500)는 2개, 4개, 또는 그보다 많은 내측 코어(502)를 포함할 수 있으며, 일부 실시예에서, 코어(502)는, 수술용 레이저 시스템(102)과 같은 수술용 레이저 시스템에 배치될 수 있는 회절 광학 소자에 의해 생성된 2x2 멀티-스팟 패턴과 매칭되는 2x2 어레이를 형성할 수 있다. 내측 클래딩(504) 위에 외측 클래딩(506)이 형성된다. MCF(500)는 외측 클래딩(506) 위에 형성된 코팅(508)을 더 포함한다. 코팅(508)은 재킷(jacket)을 지칭할 수 있다. 경우에 따라, 외측 클래딩(504) 및 코팅(508)은 폴리머 재료로 형성될 수 있다.
- [0025] 조명 MCF는, 치료 부위에 전반적인 조명을 제공하기 위해, 치료를 위한 표적화된 레이저 광과 대조적으로, 전반적인 조명을 위한 광이 MCF의 클래딩을 통하여 전송되는 것이다. 따라서, 내측 클래딩(504)은, 치료를 위한 레이저 광과 대조적으로, 치료 부위에 전반적인 조명을 제공하도록 이를 따라 광을 전송하기 위해 사용될 수 있다. 조명 MCF(500)에서, 외측 클래딩(506)의 굴절률은 내측 클래딩(504)의 굴절률 미만일 수 있다. 경질 실리카 클래딩일 수 있는 외측 클래딩(506)은, 고온에서 안정적이지 않을 수 있는 폴리머 재료로 형성될 수 있다. 따라서, MCF(500)가 포함된 프로브의 출력 처리 기능을 개선하기 위해, 아래에 설명하는 바와 같이, 렌즈와의 계면 근처에서 외측 클래딩(506)의 일부분이 MCF(500)로부터 박리되거나 달리 제거될 수 있다(예를 들어, 약 0.5 내지 5 mm). 특정 실시형태에서, 코팅(508)은 MCF(500)의 원위 단부로부터 측정된 약 50 밀리미터(mm)의 길이에서 걸쳐서 제거된다. 이러한 길이는 캐놀라(예를 들어, 캐놀라(250))의 길이와 일치할 수 있다. 위에 코팅(508)이 있는 MCF(500)는 캐놀라의 내경보다 더 큰 외경을 가질 수 있기 때문에, MCF(500)가 캐놀라 내에 끼워 맞춰질 수 있도록 코팅(508)이 제거될 수 있다.
- [0026] 특정 실시형태에서, 각각의 코어(502)의 직경은 약 $75 \pm 2 \mu\text{m}$ 일 수 있으며, 내측 클래딩(504)의 외경은 $295 \pm 5 \mu\text{m}$ 일 수 있고, 외측 클래딩(506)의 외경은 $325 \pm 5 \mu\text{m}$ 일 수 있으며, 코팅(508)의 외경은 $425 \pm 30 \mu\text{m}$ 일 수 있다. 특정 실시형태에서, 2개의 인접한 코어(502)의 중심들은 서로 간에 약 $126 \pm 5 \mu\text{m}$ 일 수 있는 반면에, 서로에 대해 비스듬한 2개의 코어(502)의 중심들 사이의 거리는 약 $178 \pm 5 \mu\text{m}$ 일 수 있다.

- [0027] 도 6은 도 2에 도시된 프로브 팁(140)의 원위 단부 부분(145)의 부분 단면 상세도이다. 프로브 팁(140)의 원위 단부 부분(145)은 캐놀라(250)의 원위 단부 부분일 수도 있음을 유의한다. 전술한 바와 같이, 캐놀라(250)를 포함하는 프로브 팁(140)은 예를 들어, 스테인리스 강, 티타늄, 니티놀, 또는 백금과 같은 하나 이상의 재료로 형성될 수 있다. 조명 MCF(예를 들어, 전술한 MCF(500)) 또는 비-조명 MCF(예를 들어, 전술한 MCF(300))일 수 있는 MCF(600)는 프로브 팁(140)의 캐놀라(250)를 통하여 연장되며, 도 3 및 도 5의 코어(302 및 502)와 유사하게 각각 작동할 수 있는 복수의 코어(602)를 포함한다. 도시된 실시예에서, MCF(600)는 4개의 코어(602)를 포함하지만, 위에 설명된 바와 같이, MCF(600)는 예를 들어, 원하는 수의 레이저 빔을 제공하기 위해, 더 적은 코어 또는 추가적인 코어를 포함할 수 있다. 예시의 목적을 위해, MCF(600)는 비-조명 MCF로서 설명된다. 그러나, 본 개시물의 범위는 조명 MCF도 포함한다.
- [0028] MCF(600)의 원위 단부 부분(604)은 프로브 팁(140)의 원위 단부 부분(145)에 배치되며, 아래에 더 상세히 설명된다. 원위 단부 부분(604)은 렌즈(608)와의 계면(606)에서 종결된다. 계면(606)은, MCF(600)의 원위 단부로부터 렌즈(608)를 통하여, 그리고 표적 표면(예를 들어, 치료 부위의 조직) 상으로, 다중화 멀티-스팟 레이저 패턴의 형상을 병진 이동시키도록 구성될 수 있다.
- [0029] MCF(600)의 외측 클래딩(610)의 일부분은 이의 원위 단부(616)에서 (예를 들어, 박리에 의해) 제거됨으로써, 클래딩(612)을 노출시킨다. 결과적으로, 계면(606)에서, MCF(600)의 클래딩(612)이 노출된다. 경우에 따라, 열 문제(예를 들어, MCF(600) 및 렌즈(608) 계면에서의 온도 증가)를 완화하거나 제거하기 위해, 외측 클래딩(610)은 MCF(600)의 원위 단부(616)로부터 측정된 길이(L)에 걸쳐서 제거되거나 제외될 수 있으므로, 레이저 프로브의 성능을 개선할 수 있다. 예를 들어, MCF(600)와 렌즈(608) 사이의 계면(606)에서 외측 클래딩(610)의 제거는 프로브(108)의 출력 처리 특성을 개선한다. 즉, 외측 클래딩(610)을 제거함으로써, 프로브(108)를 통과하는 레이저 광의 출력 레벨은, 외측 클래딩(610)이 계면(606)에서 MCF(600)로부터 제거되지 않은 경우 프로브(108)를 통과할 수 있는 레이저 광의 출력 레벨보다 더 클 수 있다. 결과적으로, 설명된 바와 같이 외측 클래딩(610)이 제거됨으로써, 특히 계면(606)에서, 프로브(108)의 더 높은 열 부하가 가능하다.
- [0030] 경우에 따라, 길이(L)는 0.5 mm 내지 5.0 mm의 범위 내에 있을 수 있다. 경우에 따라, 길이(L)는 1.0 mm 내지 3.0 mm의 범위 내에 있을 수 있고, 그 내의 임의의 길이일 수 있다. 특히, 경우에 따라, 길이(L)는 1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, 2.5 mm, 또는 3.0 mm일 수 있다. 또한, 길이(L)는 이러한 값들 사이에 있는 임의의 길이일 수 있다. 계면(606)에서, MCF(600)의 원위 단부면(618)은 렌즈(608)의 근위 단부면(614)과 인접할 수 있다. 다른 경우에, MCF(600)의 원위 단부면(618)은 렌즈(608)의 근위면(614)으로부터 오프셋될 수 있다.
- [0031] 특정 구현예에서, MCF(600)의 원위 단부(616)에 형성된 원위 단부면(618)은 정압으로 렌즈(608)의 근위 단부면(614)과 인접할 수 있다. 다른 구현예에서, MCF(600)의 원위 단부면(618)은 에어 갭에 의해 렌즈(608)의 근위 단부면(614)과 분리될 수 있다. 또 다른 구현예에서, 광학적으로 전송 가능한 하나 이상의 요소 또는 재료가 MCF(600)와 렌즈(608) 사이의 계면(606)에 위치될 수 있다. 일부 구현예에서, 렌즈(608)는 GRIN 렌즈, 구면 렌즈, 또는 비구면 렌즈일 수 있다. 또 다른 구현예에서, 렌즈(608)는 광학적으로 투명한 재료로 형성된 렌즈들의 그룹일 수 있다.
- [0032] 렌즈(608)는 눈에 보이게 투명한 유리 또는 세라믹으로 형성된 하나 이상의 렌즈를 포함할 수 있다. 예를 들어, 렌즈(608)의 하나 이상의 렌즈를 형성하기 위해 사용되는 재료는 용융 실리카, 붕규산염, 또는 사파이어를 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, 렌즈(608)는, MCF(600)의 원위 단부(616)로부터 하나 이상의 레이저 빔을 수신하여 수신된 레이저 빔을 프로브 팁(140)의 원위 팁(620)을 향해 중계하도록 작동 가능한 일체식 원통형 GRIN 로드(rod) 렌즈를 포함할 수 있다. 경우에 따라, 프로브 팁(140)의 원위 팁(620)은 렌즈(608)의 원위 단부에 해당할 수도 있다. 다른 경우에, 렌즈(608)의 원위 단부와 프로브 팁(140)의 원위 팁(620) 사이에 보호용 윈도우가 배치될 수 있다. 또 다른 구현예에서, 윈도우는 프로브 팁(140)의 원위 팁(620)으로부터 연장될 수 있다.
- [0033] MCF(600)가 비-조명 유형인 맥락에서 설명되지만, 본 개시물의 범위는 그렇게 제한되지 않는다. 오히려, 본원에 설명된 개념은 조명 MCF에 동일하게 적용 가능하다. 따라서, MCF(600)는 도 5의 MCF(500)와 유사한 조명 MCF일 수 있다.
- [0034] 도 7a 내지 도 7d, 도 7ea, 도 7eb, 및 도 7fa, 도 7fb는 MCF 레이저 프로브의 다양한 장점 및 이점을 강조하기 위해, 본원에 개시된 바와 같은 MCF 레이저 프로브와 멀티-스팟/멀티-섬유 레이저 프로브의 실시형태를 비교한다. 도 7a 및 도 7b는 멀티-스팟/멀티-섬유 레이저 프로브(도시되지 않음)에 사용될 수 있는 다수의 섬유(710)를 도시하며, 각각의 섬유(710)는 단일 레이저 빔을 전도하기 위해 사용된다. 보다 구체적으로, 도 7a는 멀티-내강(multi-lumen) 튜브(760)(예를 들어, 마이크로 스페이서) 내에 수용된 섬유(710)의 정면도를 도시한다. 도

시된 바와 같이, 멀티-내강 튜브(760)는 4개의 터널 형상의 통로 또는 홀(716)을 포함하며, 이들 각각은 섬유(710)를 수용한다. 각각의 섬유(710)를 이의 해당 홀(716)에 접촉하기 위해 접촉제(715)가 사용된다. 도 7b는 캐놀라(750)로부터 연장되는 섬유(710)의 측면도를 도시한다. 도 7a의 멀티-내강 튜브는 도 7b에 도시되지 않음을 유의한다.

[0035] 일반적으로, 멀티-스폿/멀티-섬유 레이저 프로브의 제조 동안 다수의 개별 섬유(710)를 정밀하게 제어하는 것은 어렵다. 멀티-스폿/멀티-섬유 레이저 프로브 설계는 요구되는 높은 결합 효율로 다수의 레이저 빔을 수신하기 위해, 폐루의 내경(ID)에서 다수의 개별 섬유(710)의 정밀한 정렬이 필요할 수 있다. 예를 들어, 다수의 개별 섬유(710)를 관리하기 위해 폴리이미드 튜브가 사용되며, 각각의 섬유(710)가 개별적으로 박리되어, 시간 소모적일 수 있다. 박리 후에, 다수의 섬유(710)는 멀티-내강 튜브(760)의 해당 홀 내로 삽입되며, 이는 어렵고 느릴 수 있다. 또한, 섬유(710)가 개별적으로 절개되고, 폴리이미드 튜브 및 멀티-내강 튜브(760)로 다시 집어 넣어지며, 스톱퍼(stopper)에 의해 동일 평면으로 되어, UV 경화 접착제에 의해 함께 접촉된다. 그 다음, 조립체는 고온에서의 접착 안정성을 개선하기 위해 2차 열 경화를 거친다. 멀티-스폿/멀티-섬유 설계와 연관된 이러한 제조 공정은 복잡하고 느리다. 또한, 멀티-내강 튜브(760)에서 개별 섬유와 이들의 해당 홀 또는 하우징(716) 사이에 사용되는 접착제(715)는 열 손상되기 쉽고 프로브 고장을 유발할 수 있다.

[0036] 도 7a 및 도 7b와 대조적으로, 도 7c 및 도 7d는 도 4 내지 도 6에 도시된 MCF(300, 500, 및 600)와 유사한 MCF(720)를 도시한다. 보다 구체적으로, 도 7c는 코팅(724)에 의해 코팅된 클래딩(704)에 내장된 복수의 코어(702)를 포함하는 MCF(720)의 정면도를 도시한다. 도 7d는 캐놀라(752)로부터 연장되는 MCF(720)의 측면도를 도시한다. 도시된 바와 같이, 멀티-스폿/멀티-섬유 레이저 프로브의 다수의 섬유(710)와 대조적으로, MCF(720)는 레이저 빔을 각각 전송하는 복수의 코어(702)를 갖는 단일 섬유이다.

[0037] 코어(702)가 클래딩(704)에 내장되어 단일 광섬유 내에 수용되기 때문에, MCF(720)와 같은 MCF를 포함하는 레이저 프로브는 코어들(702) 사이에 접착제의 사용이 필요하지 않다. 결과적으로, MCF를 포함하는 레이저 프로브는 크게 개선된 출력 처리 기능을 가질 수 있다. 또한, 제조 동안 단일 섬유만이 정렬되고 조작되면 되기 때문에, MCF 레이저 프로브의 조립은 비교적 간단하다. 따라서, 조립 동안 다수의 개별 섬유를 관리하기 위해 폴리이미드 튜브 및 멀티-내강 튜브를 사용할 필요가 없으며, 단일 MCF(720)를 박리함으로써, 멀티-스폿/멀티-섬유 프로브의 다수의 개별 섬유(710)를 박리하는 것보다 상당히 더 적은 시간이 걸린다.

[0038] 또한, 레이저 프로브에서 MCF를 사용함으로써, 전파되는 빔의 방향을 긴밀하게 제어할 수 있다. 보다 구체적으로는, MCF를 사용함으로써, 레이저 프로브에 의해 전파되는 빔이 긴밀하게 제어되어 캐놀라의 내측 표면을 향해 지향되지 않도록 보장할 수 있다. 멀티-스폿/멀티-섬유 레이저 프로브의 다수의 섬유와 연관된 레이저 빔 패턴과 MCF의 코어와 연관된 레이저 빔 패턴 간의 비교가 도 7ea 및 도 7eb 그리고 도 7fa 및 도 7fb에 도시된다.

[0039] 도 7ea는 멀티-내강 튜브(760) 내에 다수의 섬유(710)를 포함하는 섬유 조립체의 원위 단부에서의 섬유 패턴을 도시한다. 도 7eb는 도 7ea의 섬유 패턴에 대응하는 레이저 빔 스폿(772)을 포함하는 레이저 빔 패턴(770)을 도시한다. 도시된 바와 같이, 섬유(710) 중 일부(예를 들어, 우측 상단 및 하단 코어)는 멀티-내강 튜브(760)의 통로(716) 내에서 센터링되지 않으며, 이로 인해 그러한 섬유(710)는 도 7eb에 도시된 바와 같이, 외향하게 비스듬할 수 있는 빔을 전파한다. 경우에 따라, 섬유(710)의 외경과 멀티-내강 튜브(760)의 통로(716)의 내경 사이의 느슨한 공차로 인해, 섬유(710) 중 일부가 이들의 해당 통로(716) 내에서 센터링되지 않을 수 있으므로, 섬유(710)가 대신에 캐놀라(도시되지 않음)의 내측 표면을 향해 지향되게 한다. 결과적으로, 섬유(710)에 의해 전파되는 빔도 직선 방향으로 그리고 환자의 안구를 향해 지향되는 대신에, 캐놀라의 내측 표면을 향해 지향된다. 이는 빔이 레이저 프로브의 렌즈(예를 들어, 렌즈(608))에서 빠져나가서 캐놀라의 내측 표면에 의해 흡수되게 하여, 캐놀라가 과열되게 할 수 있다. 또한, 섬유(710)가 이들의 해당 통로(716) 내에서 센터링되지 않으므로, 대응하는 4개의 빔 스폿 간의 바람직하지 않은 균일성을 야기한다.

[0040] 도 7ea 및 도 7eb와 대조적으로, 도 7fa 및 도 7fb는 MCF와 연관된 섬유 패턴 및 빔 패턴을 각각 도시한다. 도 7fa는, 직선 방향으로 지향되어 외향하게 비스듬하지 않은 MCF의 코어(702)를 도시한다. 이는 코어(702)가 함께 밀착되게 클래딩에 내장되기 때문이다. 결과적으로, 코어(702)는, MCF가 그 내에 수용되는 캐놀라(도시되지 않음)의 내측 표면을 향하지 않고 직선 방향으로 또한 지향되는, 도 7fb의 빔 패턴(782)으로 도시된 빔 스폿(782)을 전파할 수 있다. 이와 같이, MCF를 사용함으로써, 레이저 프로브의 레이저 빔 패턴의 제어를 개선하고(예를 들어, 4개의 빔 스폿 간의 바람직한 균일성), 빔이 캐놀라의 내측 표면을 향해 지향되는 결과로 캐놀라가 과열되는 것을 방지함으로써 출력 처리를 증가시킨다.

[0041] 따라서, 개시된 MCF 레이저 프로브 설계는, 복잡하고 비용이 많이 드는 제조 요건을 없앴으로써 제조를 단순화

할 수 있으며, 다수의 섬유유 원위 단부의 접촉 동안, 멀티-섬유 프로브의 원위 섬유 조립체 내로의 오염물의 유입 또는 접촉제 결핍을 없앴으로써 출력 처리를 개선할 수 있고, 정밀하게 정렬된 MCF를 사용하여, 멀티-섬유 조립체에서 개별 섬유유를 다수의 입력 레이저 빔과 정렬하는 것과 연관된 어려움을 방지함으로써, 결합 효율을 증대시킬 수 있으며, 레이저 빔 패턴의 제어를 개선할 수 있다(이는 또한 출력 처리를 추가로 개선한다). 이러한 장점 및 다른 장점은 본 개시물을 고려하여 당업자에게 명백해질 것이다.

- [0042] 도 8은 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 멀티-스폿 레이저 빔 패턴을 인가하기 위한 방법의 단계를 예시하는 예시적인 흐름도(800)를 도시한다. 특정 실시형태에서, 작업(800)은 도 1의 MCF 레이저 프로브(108)와 같은 MCF 레이저 프로브에 결합된 도 1의 수술용 레이저 시스템(102)과 같은 시스템에 의해 수행된다.
- [0043] 블록(802)에서, 시스템은 레이저 소스에 의해 레이저 광 빔을 생성한다. 전술한 바와 같이, 레이저 소스는 수술용 레이저 시스템(102)의 일부일 수 있거나, 수술용 레이저 시스템(102)에 결합될 수 있다.
- [0044] 블록(804)에서, 시스템은 레이저 광 빔을 시준한다. 시준된 레이저 광 빔은 평행 광선을 갖는 레이저 광 빔을 지칭한다.
- [0045] 블록(806)에서, 시스템은 시준된 레이저 광 빔을 멀티-스폿 레이저 패턴의 레이저 광 빔을 생성하도록 구성된 회절 광학 소자(DOE)로 지향시킨다. 당업자가 인식하고 있는 바와 같이, DOE는 레이저 광 빔을 성형 및 분할하기 위해 사용된다.
- [0046] 블록(808)에서, 시스템은 멀티-스폿 패턴의 레이저 광 빔을 집광 렌즈로 지향시킨다.
- [0047] 블록(810)에서, 시스템은 멀티-스폿 패턴의 레이저 광 빔을 MCF의 근위 단부의 계면 평면으로 집속함으로써, 멀티-스폿 레이저 패턴의 레이저 광 빔의 각각의 레이저 광 빔은 MCF의 복수의 코어 중 하나로 전송되어 이를 따라 전파되며, 복수의 코어는 클래딩에 의해 둘러싸이고, 클래딩은 코팅에 의해 둘러싸이며, 복수의 코어 각각의 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 더 크고, 코팅의 일부분은 MCF의 원위 단부의 길이에서 제외된다.
- [0048] 예를 들어, 수술용 레이저 시스템(102)은 멀티-스폿 패턴의 레이저 광 빔을 MCF(예를 들어, MCF(110), MCF(300), MCF(500), MCF(600) 등)의 근위 단부의 계면 평면으로 집속함으로써, 멀티-스폿 레이저 패턴의 레이저 광 빔의 각각의 레이저 광 빔은 MCF의 복수의 코어(예를 들어, 코어(302, 502, 602 등)) 중 하나로 전송되어 이를 따라 전파되며, 복수의 코어는 클래딩(예를 들어, 클래딩(304, 504, 506, 612 등))에 의해 둘러싸이고, 클래딩은 코팅(예를 들어, 306, 508 등)에 의해 둘러싸이며, 복수의 코어 각각의 굴절률은 클래딩의 굴절률보다 더 크고, 코팅의 일부분은 MCF의 원위 단부의 길이(예를 들어, 도 6에서 길이(L)로 도시됨)에서 제외된다.
- [0049] 블록(812)에서, 시스템은 멀티-스폿 패턴의 레이저 광 빔을 MCF의 원위 단부에 전송한다. 예를 들어, 시스템은 멀티-스폿 패턴의 레이저 광 빔을 MCF의 원위 단부(예를 들어, 원위 단부(616))에 전송한다.
- [0050] 블록(814)에서, 시스템은 수술용 프로브(예를 들어, 프로브(108))의 원위 팁(예를 들어, 원위 팁(620))에서 렌즈(예를 들어, 렌즈(608))를 통하여 멀티-스폿 패턴의 레이저 광 빔을 지향시킨다.
- [0051] 도 9는 멀티-스폿 패턴의 레이저 광 빔을 생성하도록 작동 가능한 다른 예시적인 프로브(901)의 원위 단부 부분을 도시한다. 도시된 예시적인 프로브(901)는 전술한 MCF(500)와 유사할 수 있는 조명 MCF(900)를 포함한다. 결과적으로, 프로브(901)는 수술 영역을 조명하기 위한 전반적인 조명뿐만 아니라, 치료 부위(예를 들어, 망막)를 치료하기 위한 복수의 레이저 빔을 모두 방출하도록 작동 가능하다. 프로브(901)는 많은 점에서 프로브(108)와 유사할 수 있다. 도시된 바와 같이, 프로브(901)는 캐플라(902)를 포함한다. 캐플라(902)는 내측 통로(942)를 한정하는 내측 표면(936)을 포함한다. MCF(900)는 렌즈(908)와의 제1 계면(906)까지 캐플라(902)의 적어도 일부분을 통하여 연장된다. MCF(900)는 렌즈(908)와 인접할 수 있거나, MCF(900)의 원위 단부(916)와 렌즈(908)의 근위 단부(914) 사이에 갭, 예를 들어 공기-충전된 갭이 배치될 수 있다. 경우에 따라, MCF(900)의 원위 단부(916)는 정압으로 렌즈(908)의 근위 단부(914)와 인접할 수 있다. 경우에 따라, 렌즈(908)는 용융 실리카, 붕규 산염, 또는 사파이어로 형성될 수 있다. 경우에 따라, 렌즈(908)는 구면 렌즈일 수 있다. 렌즈(908)는, MCF(900)의 원위 단부로부터 하나 이상의 레이저 빔을 수신하여 수신된 레이저 빔을 프로브(901)의 원위 팁(920)을 향해 중계하도록 작동 가능한 일체식 원통형 GRIN 로드 렌즈와 같은 GRIN 렌즈일 수 있다.
- [0052] 프로브(901)는 렌즈(908)와의 제2 계면(922)으로부터 연장되는 보호용 윈도우(918)를 더 포함한다. 도 9에 도시된 바와 같이, 보호용 윈도우(918)는 렌즈(908)와 인접한다. 다른 구현예에서, 보호용 윈도우(918)와 렌즈(908) 사이에 갭, 예를 들어 공기-충전된 갭이 존재할 수 있다. 도시된 실시예에서, 보호용 윈도우(918)는 캐플라(902)의 원위 단부(924)를 지나서 원위 방향으로 연장되며, 보호용 윈도우(918)의 원위 단부(926)는 프로브

(901)의 원위 팁(920)을 한정한다. 다른 구현예에서, 캐플라(902)의 원위 단부(924) 및 보호용 윈도우(918)의 원위 단부(926)가 실질적으로 동일 평면에 있도록, 보호용 윈도우(918)의 원위 단부(926)가 캐플라(902)의 원위 단부(924)인 원위 단부와 정렬될 수 있다. 당업자는 캐플라(902)의 원위 단부(924)의 단부 표면과 보호용 윈도우(918)의 원위 단부(926)의 단부 표면의 상대 위치가 제조 공차로 인해 약간 달라질 수 있음을 인식한다.

[0053] 보호용 윈도우(918)는 광학적으로 안정적이고 고온에 내성인 재료로 형성될 수 있다. 경우에 따라, 보호용 윈도우(918)는 사파이어 또는 석영으로 형성될 수 있다. 경우에 따라, 보호용 윈도우(918)는 도 9에 도시된 바와 같이, 평탄한 근위 단부 표면을 가질 수 있다. 다른 경우에, 보호용 윈도우(918)는 볼록한 근위 단부 표면(928)을 가질 수 있다. 이러한 렌즈의 일 실시예가 도 10에 도시된다.

[0054] 도 10에서, 렌즈(1008)는 볼록한 근위 및 원위 단부를 갖는다. 렌즈(1008)는 종방향으로 신장되지만, 다른 실시예에서, 이는 그 대신에 구면 또는 구형 렌즈일 수 있다. 일부 구현예에서, 도 9에 도시된 렌즈(908)와 같은, 평탄한 근위 단부 및/또는 평탄한 원위 단부를 갖는 렌즈가 도 10에 도시된 것과 유사한 볼록한 근위 단부를 갖는 보호용 윈도우(1018)와 조합하여 사용될 수 있다. 또 다른 구현예에서, 프로브는 도 9에 도시된 보호용 윈도우(918)와 같은, 평탄한 근위 단부를 갖는 보호용 윈도우와 조합하여, 볼록한 근위 단부 및/또는 볼록한 원위 단부를 포함하는 렌즈를 포함할 수 있으며, 예를 들어, 구면 렌즈 또는 도 9에 도시된 것과 같은 렌즈를 포함할 수 있다.

[0055] 도 9를 다시 참조하면, MCF(900)는 도 5에 도시된 외측 클래딩(506)과 유사할 수 있는 외측 클래딩(930)을 포함한다. 외측 클래딩(930)은 측정된 길이(L)에 걸쳐서 그리고 MCF(900)의 원위 단부(916)로부터 근위 방향으로 연장되는 내측 클래딩(932)으로부터 제거(예를 들어, 박리)됨으로써, 하부의 내측 클래딩(932)을 노출시킨다.

[0056] 경우에 따라, 길이(L)는 0.5 mm 내지 5.0 mm의 범위 내에 있을 수 있다. 경우에 따라, 길이(L)는 1.0 mm 내지 3.0 mm의 범위 내에 있을 수 있고, 그 내의 임의의 길이일 수 있다. 특히, 경우에 따라, 길이(L)는 1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, 2.5 mm, 또는 3.0 mm일 수 있다. 또한, 길이(L)는 이러한 값들 사이에 있는 임의의 길이일 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 외측 클래딩의 일부분의 제거는 프로브의 열 처리 특성을 개선할 수 있으므로, 프로브를 통하여 전송되는 레이저 에너지의 출력 레벨이 증가될 수 있다. 내측 클래딩(932)을 통하여 연장되는 코어(933)의 일부분이 도시된다.

[0057] 그러나, 외측 클래딩(930)의 일부분이 제거됨으로써, 내측 클래딩(932)과 캐플라(902)의 내측 표면(936) 사이에 환형 갭(934)이 존재한다. 환형 갭(934)은 MCF(900)와 렌즈(908) 사이의 오정렬의 위험을 유발한다(즉, MCF(900)는 렌즈(908)와 편심이 될 수 있다). 도 11은 프로브(901)의 노출된 단부(938)의 측면도로서, MCF(900)의 노출된 단부(938)는 렌즈(908)와 정렬된다. MCF(900)의 노출된 단부(938)는 외측 클래딩(930)이 제거된 MCF(900)의 부분이다.

[0058] 그러나, 도 12는 환형 갭(934)의 결과로서 렌즈(908)와 오정렬된 MCF(900)의 노출된 단부(938)를 도시한다. 도 12에 도시된 바와 같이, MCF(900)의 노출된 단부(938)는 렌즈(908)와 동심이 아니다. MCF(900)의 노출된 단부(938)가 렌즈(908)와 오정렬됨으로써, 결과적인 레이저 스폿 및 조명 빔 패턴은 더 이상 캐플라(902)와 동심이 아니다. 또한, MCF(900)와 렌즈(908) 사이의 이러한 오정렬로 인해, 광의 일부분이 전반적인 조명 목적을 위해 전파되어 내측 클래딩(932)을 통과함으로써, 캐플라(902)의 내벽(936)과 부딪힐 수 있다. 이는 프로브(901)의 조명 효율을 감소시키고, 바람직하지 않은 조명 패턴을 초래한다.

[0059] 특정 실시형태에서, MCF(900)와 렌즈(908) 사이의 정렬을 유지시키기 위해, 열적으로 안정한 재료로 형성된 링이 환형 갭(934)에 배치되어, 렌즈 및 캐플라의 내측 통로와 MCF(900)의 동심도를 유지시킬 수 있다. 특정 실시형태에서, 재료는 예를 들어, 폴리이미드, 금속, 스테인리스 강, 니켈, 은, 구리, 황동 등을 포함할 수 있다. 폴리이미드 및 금속은 링을 제조할 수 있는 가능한 재료이지만, 다른 재료가 사용될 수도 있다. MCF(900)와 렌즈(908) 사이의 정렬을 유지시키기 위해 사용되는 링의 일 실시예가 도 13에 도시된다.

[0060] 도 13은 MCF(900)의 노출된 단부(938)에서 내측 클래딩(932)의 둘레에 형성된 환형 갭(934) 내에 배치된 링(940)을 도시한다. 링(940)은 예를 들어, MCF(900)의 노출된 단부(938)의 측방향 이동을 제한함으로써, MCF(900) 및 렌즈(908)의 동심도를 유지시킨다. 경우에 따라, 링(940)의 내경은 MCF(900)의 노출된 단부(938)의 외경과 일치한다. 경우에 따라, 링(940)의 외경은 내측 통로(942)의 내경과 일치한다. 링(940)은 노출된 단부(938)의 전체 길이(L)에 걸쳐 있을 수 있거나, 전체 길이(L) 미만일 수 있다.

[0061] 도 14는 MCF(900) 및 렌즈(900)의 정렬을 유지시키기 위한 다른 예시적인 구현예를 도시한다. 도 14에 도시된 실시예에서, 캐플라(1402)는, MCF(900)의 외경에 더 근접하게 일치하는 제1 내경(1444)을 갖는 내측 통로(942)

를 포함한다. 또한, 캐플라(1402)는 제1 내경(1444)보다 더 큰 제2 내경(1448)을 갖는 카운터보어(946)를 포함한다. 카운터보어(946)는, MCF(900)의 횡단면 크기와 비교하여 이들 구성 요소의 더 큰 횡단면 크기로 인해, 렌즈(908) 및 보호용 윈도우(918)(포함된 경우)를 캐플라(1402) 내에 수용하기 위해 제공된다. 따라서, 노출된 단부(938)를 따라, 카운터보어(946)에 비해 감소된 단면 크기를 갖는 통로(942)는, 통로(942)의 내경(1444)이 카운터보어(946)의 내경(1448)의 크기인 경우보다, 렌즈(908)와 MCF(900)의 노출된 단부(938)의 정렬을 더 알맞은 정도로 유지시킬 수 있다. 결과적으로, MCF(900)와 렌즈(908) 사이의 정렬이 개선된다. 경우에 따라, 카운터보어(946)는 캐플라(1402)의 원위 단부로부터 근위 방향으로 연장된다.

[0062] 도 15는 MCF(900)의 노출된 단부(938)의 정렬이 캐플라(1502)의 감소된 내경(1550)에 의해 제공되는 일 실시예를 도시한다. 감소된 직경(1550)은 압착(crimp)의 결과일 수 있는, 캐플라(1502)의 넥다운 부분(1552)에 의해 제공된다. 감소된 내경(1550)은 MCF(900)의 노출된 단부(938)의 외경과 일치하도록 제조될 수 있다. 감소된 내경(1550)은 렌즈(908)와 노출된 단부(938)의 정렬을 유지시킴으로써, 개선된 전반적인 조명 성능, 및 캐플라(1502)의 종축과 레이저 스폿 패턴의 정렬을 달성한다.

[0063] 도 16은 도 15에 도시된 설계와 관련하여, 멀티-스폿 레이저 프로브의 조립 동안 MCF(900)에 손상을 유발하는 잠재적 위험을 도시한다. MCF(900)가 넥다운 부분(1652) 내로 도입되기 전에, 예를 들어 캐플라(1602)에 가해진 압착에 의해 생성되는, 캐플라(1602)의 넥다운 부분(1652)이 형성되는 경우, 넥다운 부분(1652)을 통하여 원위 단부(1654)의 삽입이 시도될 때, MCF(900)의 원위 단부(1654)(그리고 특히, 원위 단부(1654)의 에지(1656))에 대한 손상의 위험이 있다. 조립 동안 넥다운 부분(1652)과 원위 단부(1654)의 오정렬은 MCF(900)의 원위 단부(1654)를 깎아내서 손상시킬 수 있는 작용력을 생성할 수 있다. 원위 단부(1654), 그리고 특히 이의 에지(1656)에 가해지는 작은 하중조차도 원위 단부(1654) 및 에지(1656)의 깎임(chipping)과 같은 손상을 유발할 수 있으며, 이는 열악한 전반적인 조명이든, 또는 부정확하거나 왜곡된 레이저 스폿 패턴이든, 또는 둘 다이든, 저하된 성능을 초래한다. 이러한 손상으로 인해 결과적으로 레이저 프로브가 사용할 수 없게 될 수 있다. 결과적으로, 도 17 및 도 18에 도시된 바와 같이, 캐플라 내로 MCF를 도입한 후에, 캐플라에 넥다운 부분이 형성될 수 있다.

[0064] 도 17 및 도 18은 제1 계면(906)에서 렌즈(908)와 인접하는 MCF(800)의 원위 단부(1654)를 도시한다. 그러나, 전술한 바와 같이, MCF(800)의 원위 단부(1654)와 렌즈(908) 사이에 갭이 배치될 수 있다. 일부 구현예에서, 렌즈(908) 및 윈도우(918) 중 하나 또는 둘 모두는 MCF(900)의 조립 전에 캐플라(1702)에 설치될 수 있다. 일부 구현예에서, MCF(900)는 렌즈(908) 및 윈도우(918) 중 하나 또는 둘 모두 이전에 설치될 수 있다.

[0065] MCF(900)가 캐플라(1702) 내에서 원하는 위치에 위치됨으로써, 예를 들어 압착에 의해, 넥다운 부분(1752)이 캐플라(1702)에 형성될 수 있다. 넥다운 부분(1752)은 MCF(900)의 노출된 단부(938)를 렌즈(908)와 동심으로 유지시킨다. 결과적으로, 넥다운 부분(1752)에 의해 MCF(900)의 원위 단부(1654)가 손상될 위험이 없어진다.

[0066] 경우에 따라, 넥다운 부분(1752)은 MCF(900)의 노출된 단부(938)를 완전히 둘러싸는 감소된 환형이다. 결과적으로, 넥다운 부분(1752)은 노출된 단부(938)의 외경과 일치하는 내측 통로(942)의 감소된 직경(1858)을 한정한다. 경우에 따라, 넥다운 부분(1752)의 감소된 직경(1858)은 노출된 단부(938)의 외경과 동일하거나, 노출된 단부(938)의 외경보다 약간 더 크다. 일 실시예로서, 넥다운 부분(1752)에서의 캐플라(1702)의 내측 표면과 노출된 단부(938)의 외측 표면 사이에 5 μ m의 환형 갭이 형성될 수 있다. 일부 실시형태에서, 노출된 단부(938)는 하나 이상의 위치에서 넥다운 부분(1752)의 내측 표면과 접촉될 수 있다.

[0067] 특정 실시형태에서, 넥다운 부분(1752)은 캐플라(1702)의 둘레 주위의 하나 이상의 위치에서 정반대 돌출부들을 형성할 수 있으므로, 렌즈(908)와 MCF(900)의 노출된 단부(938)를 센터링할 수 있다. 예를 들어, 경우에 따라, 넥다운 부분(1752)은 서로 90° 오프셋된 두 세트의 정반대 돌출부들을 포함할 수 있다. 다른 특정 구현예에서, MCF(900)의 노출된 단부(938)를 센터링하기 위해, 3개 이상의 비-정반대 돌출부가 캐플라에 형성될 수 있다. 경우에 따라, 돌출부는 캐플라(1702)의 공통 둘레를 따라 형성될 수 있다. 다른 구현예에서, 하나 이상의 돌출부는 하나 이상의 다른 돌출부로부터 종방향으로 오프셋될 수 있다.

[0068] 또한, MCF(900)가 조명 MCF로 설명되지만, 일부 구현예에서, MCF(900)는 비-조명 MCF일 수 있으며, 여전히 본 개시물의 범위 내에 있을 수 있다.

[0069] 도 19는 본 발명의 특정 실시형태에 따라, 멀티-스폿 레이저 프로브를 제조하기 위한 방법의 단계를 예시하는 예시적인 흐름도(1900)를 도시한다.

[0070] 블록(1902)에서, 안구 내에 삽입되도록 구성된 캐플라를 포함하는 프로브 팁이 제공된다. 예를 들어, 기술자 또

는 기계는 도 18에 도시된 바와 같은 캐플라(1702)를 갖는 프로브 팁(901)을 제공할 수 있다.

[0071] 블록(1904)에서, 렌즈가 캐플라 내에 삽입된다. 예를 들어, 렌즈(908)가 캐플라(1702) 내에 삽입된다.

[0072] 블록(1906)에서, MCF가 렌즈 근위의 캐플라 내에 삽입된다. 예를 들어, MCF(900)가 렌즈(908) 근위의 캐플라(1702) 내에 삽입되고, MCF(900)는 복수의 코어(933)를 포함한다. 도시된 바와 같이, MCF(900)는 MCF(900)의 노출된 단부(938)에 도시된 클래딩(932)을 포함한다.

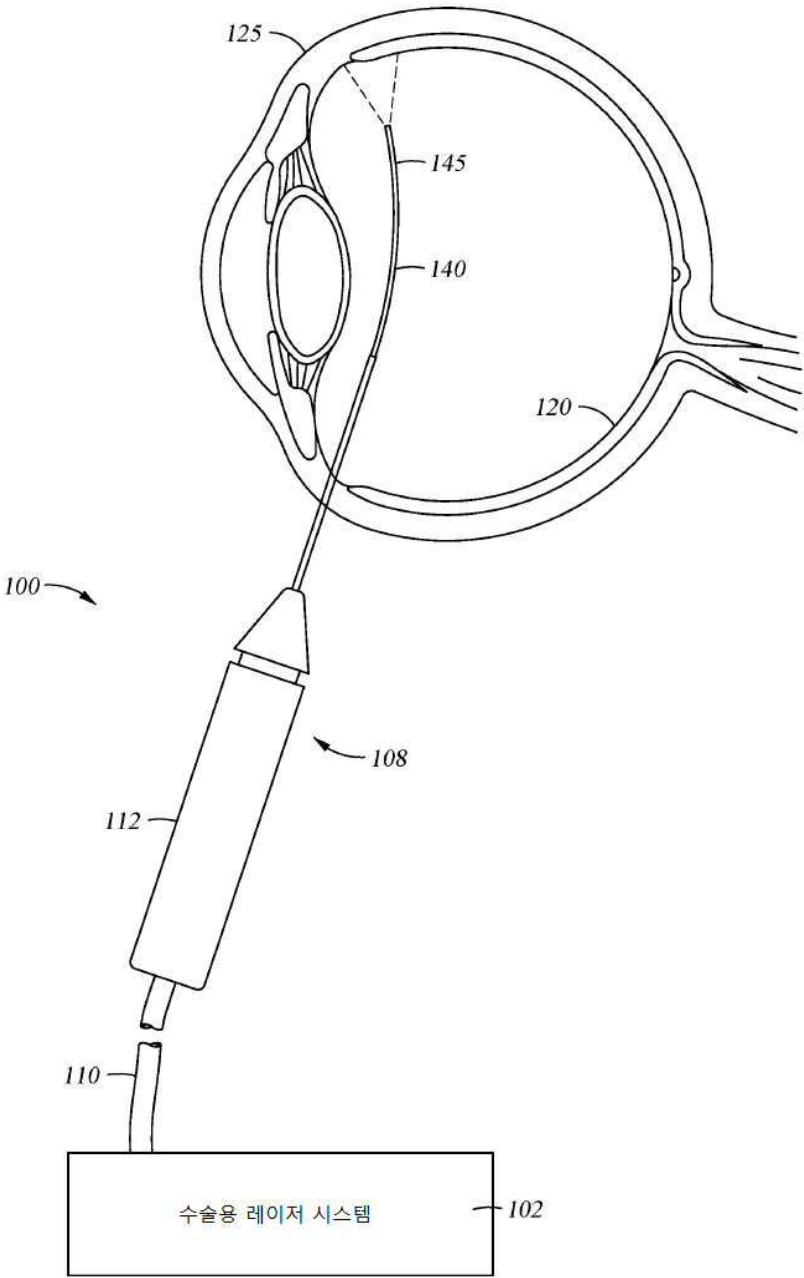
[0073] 블록(1908)에서, 넥다운 부분이 캐플라에 형성되며, 넥다운 부분은 캐플라 내에 센터링되게 MCF의 노출된 부분을 유지시키는 감소된 단면 크기를 형성한다. 예를 들어, 넥다운 부분(1752)이 캐플라(1702)에 형성된다.

[0074] 본원에 설명된 몇몇 도면은 보호용 윈도우를 갖는 프로브를 도시하지만, 보호용 윈도우는 제외될 수 있음을 이해한다. 또한, 보호용 윈도우 및/또는 렌즈의 단부가 평탄하지 않은 형상일 수 있음은 본 개시물의 범위 내에 있다. 예를 들어, 보호용 윈도우 및 렌즈의 하나 이상의 원위 및 근위 단부는 본원에 설명된 바와 같이, 볼록한 형상을 가질 수 있다.

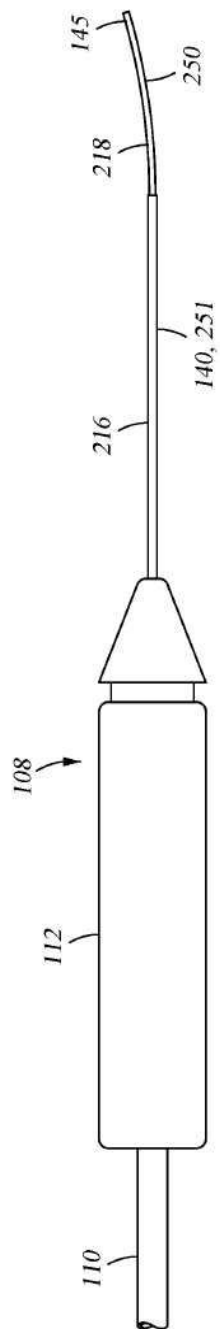
[0075] 위에서 개시된 청구 대상은 예시적인 것으로 간주되어야 하고, 제한적이지 않으며, 첨부된 청구범위는 본 개시물의 진정한 사상과 범위 내에 속하는 모든 그러한 변형예, 개선예 및 다른 실시형태를 포함하도록 의도된다. 따라서, 법에 의해 허용되는 최대 범위까지, 본 개시물의 범위는 이하의 청구범위 및 이들의 등가물의 허용 가능한 가장 넓은 해석에 의해 결정되어야 하며, 전술한 상세한 설명에 의해 한정되거나 제한되지 않을 것이다.

도면

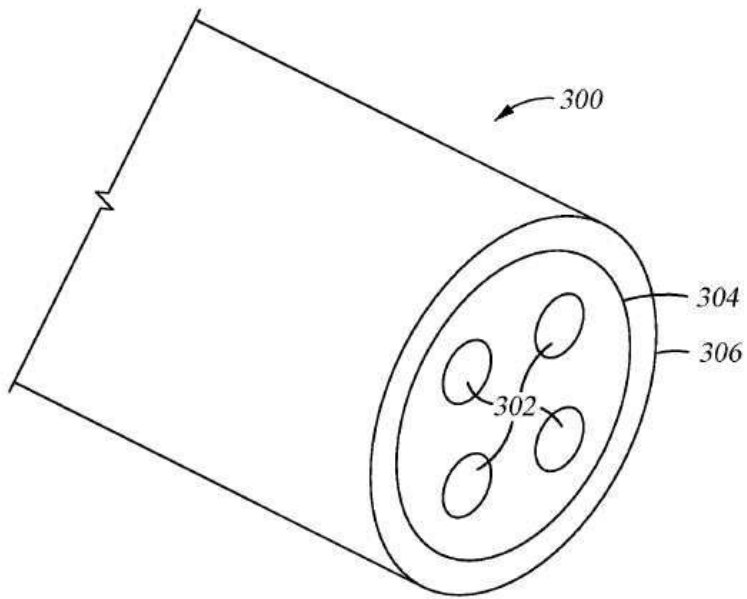
도면1



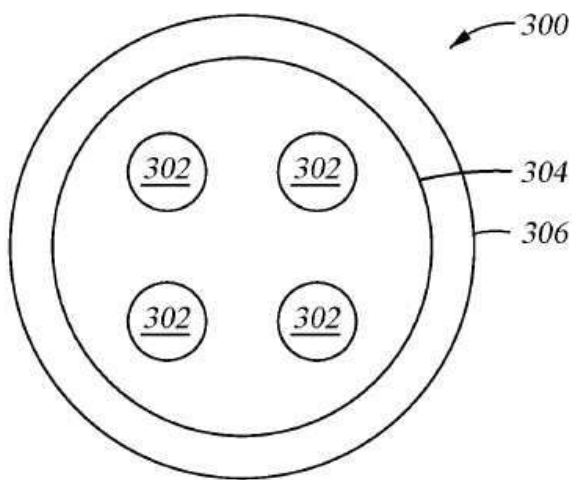
도면2



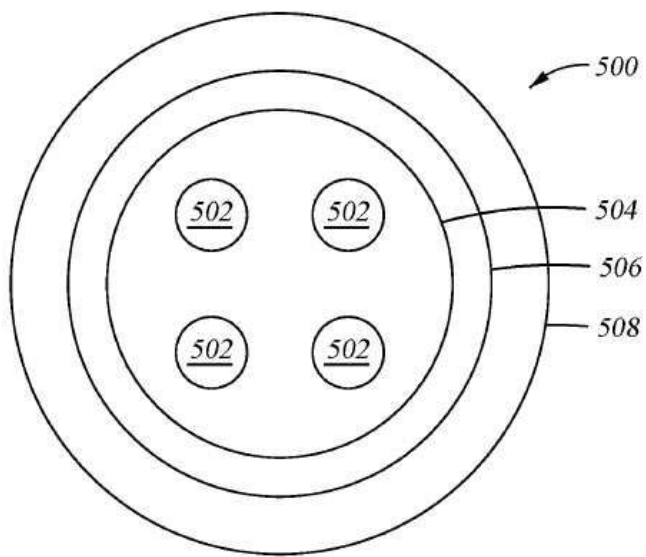
도면3



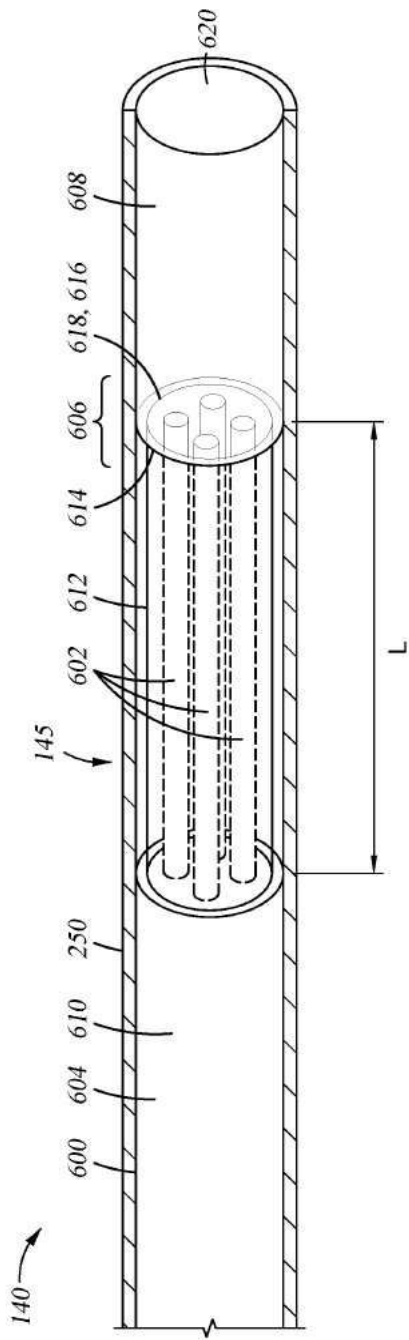
도면4



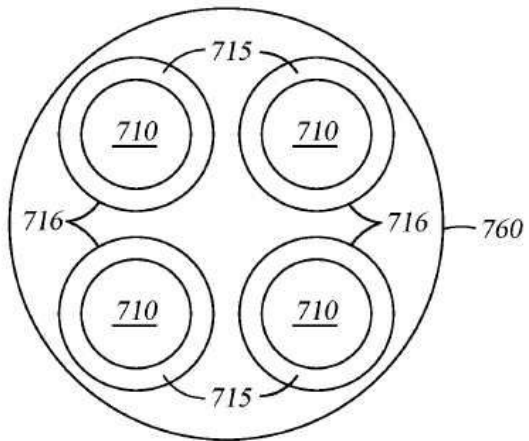
도면5



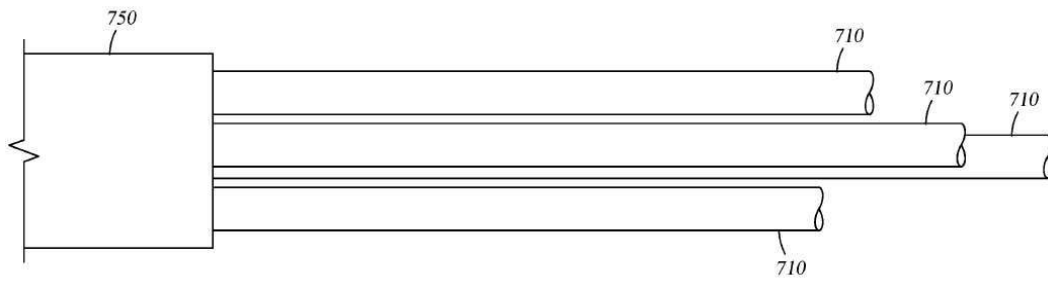
도면6



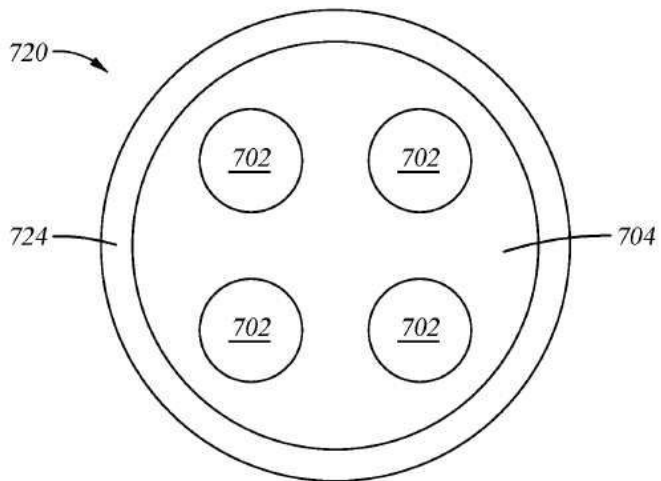
도면7a



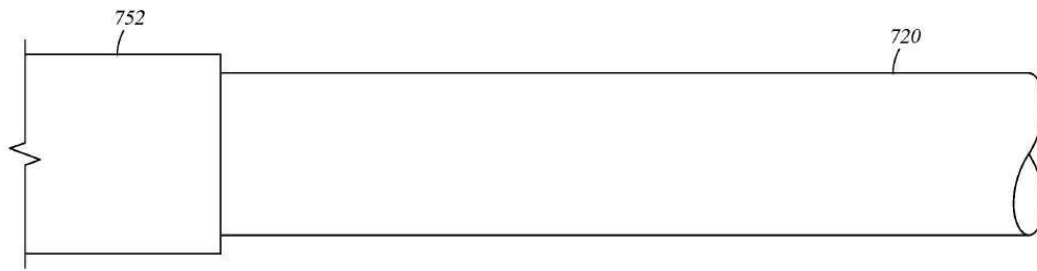
도면7b



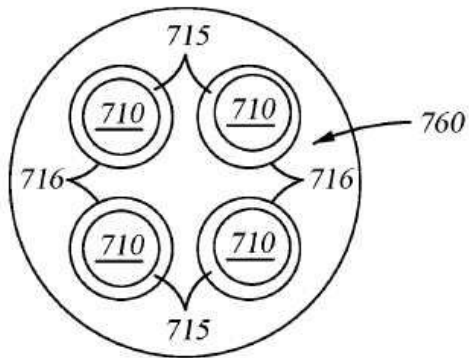
도면7c



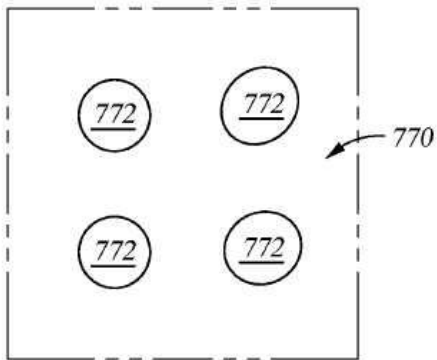
도면7d



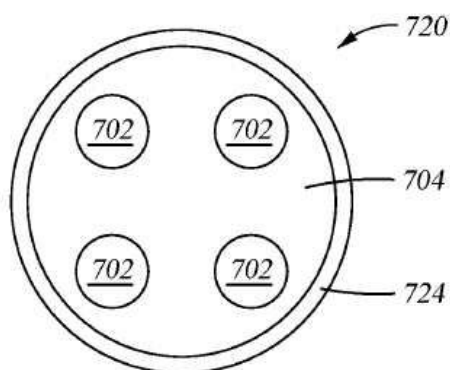
도면7ea



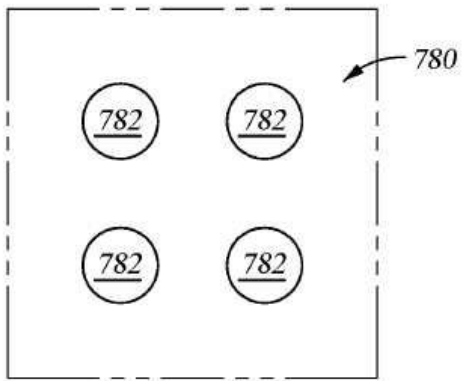
도면7eb



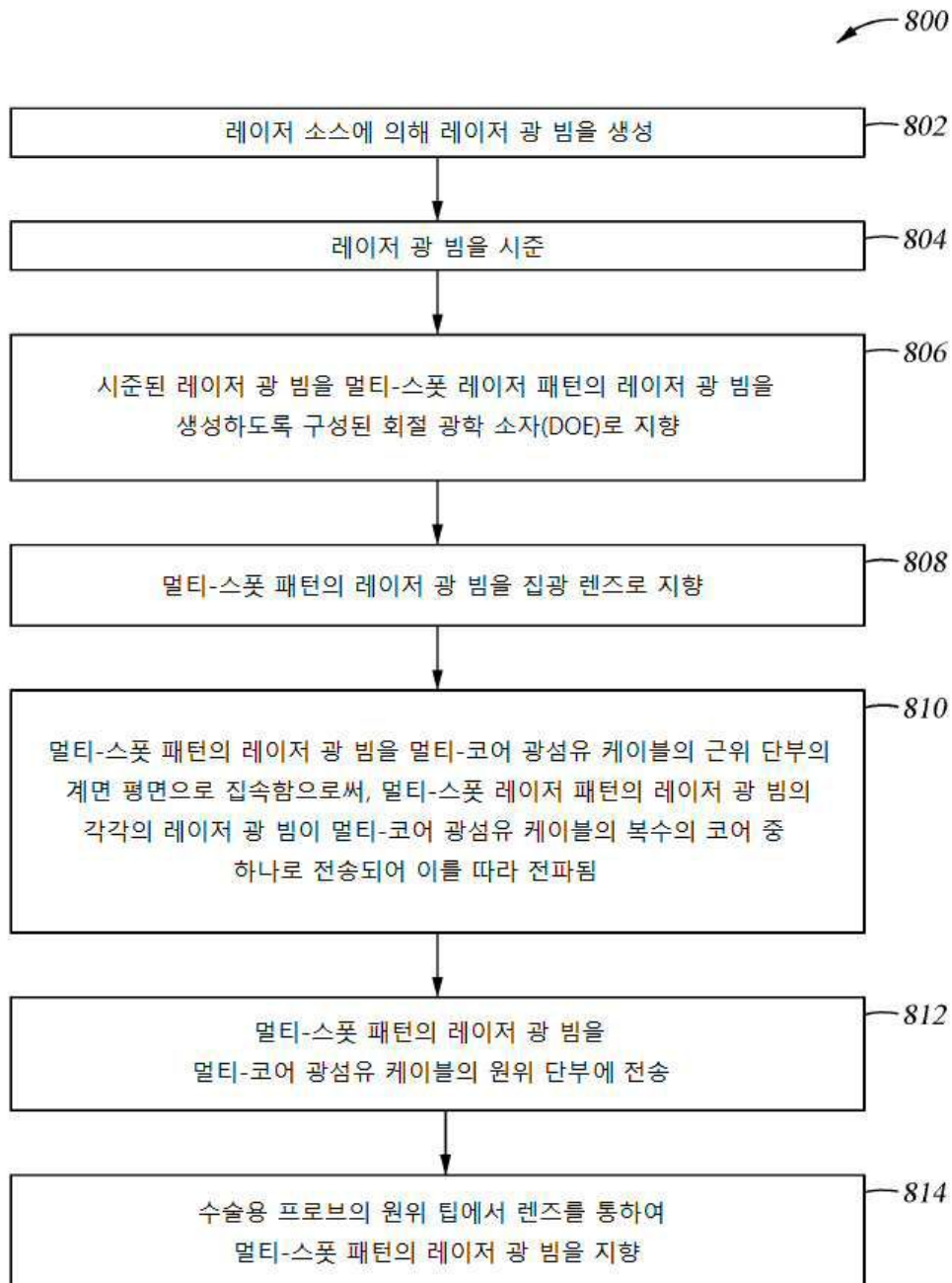
도면7fa



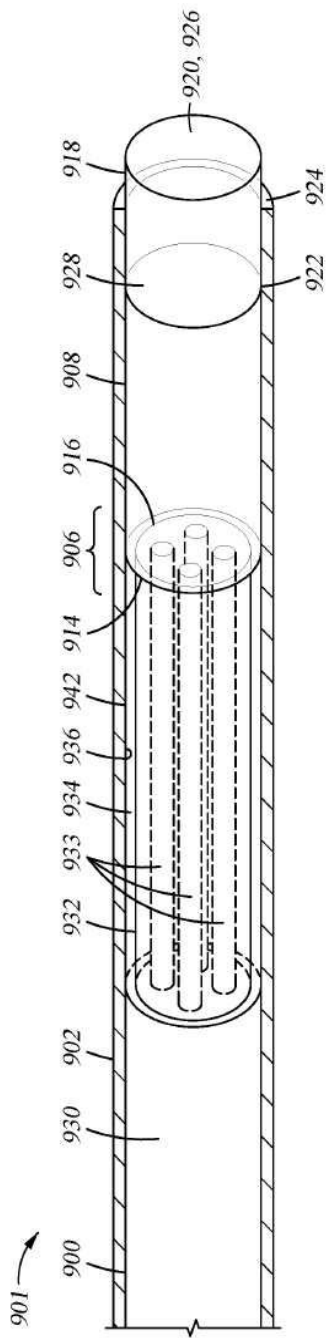
도면7fb



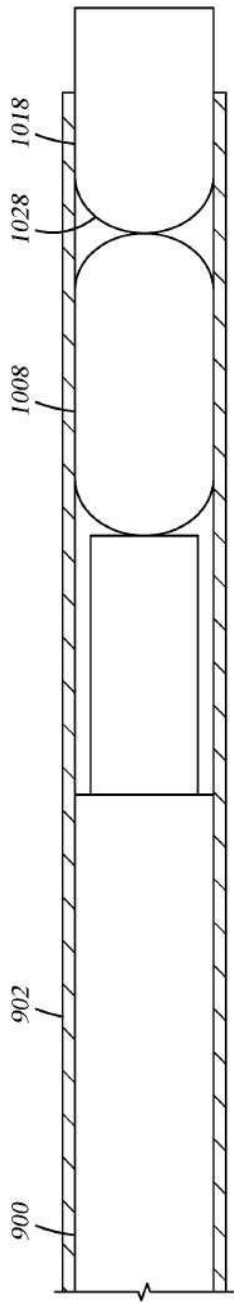
도면8



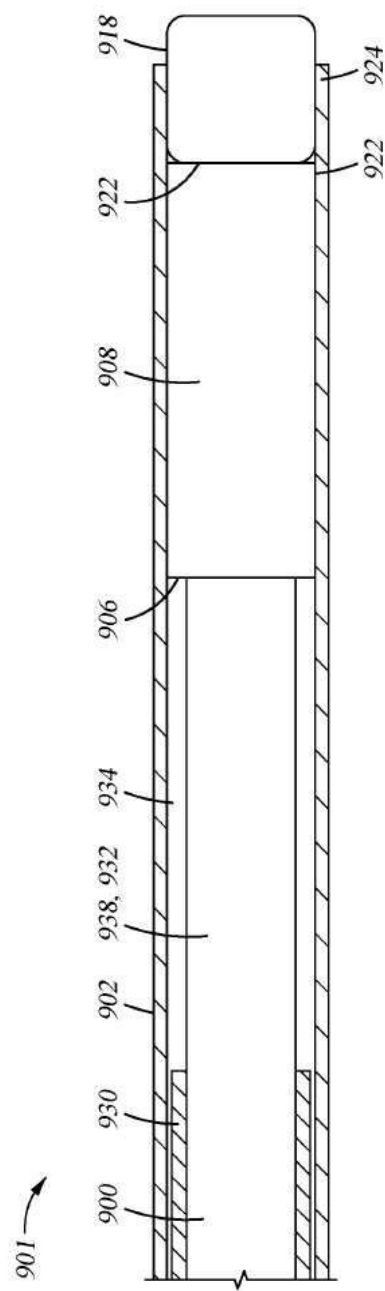
도면9



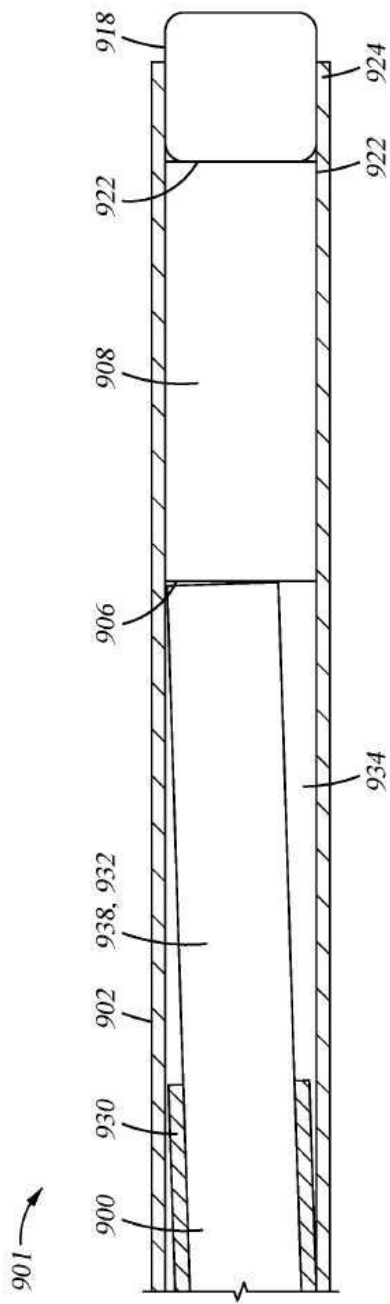
도면10



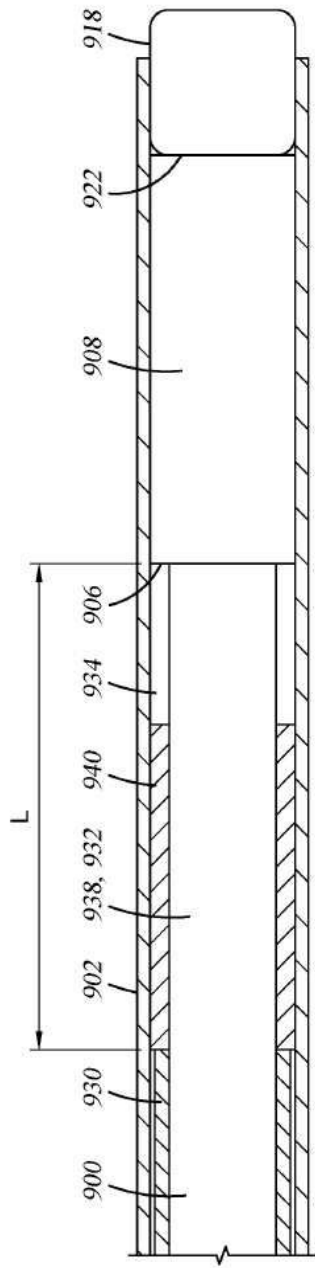
도면11



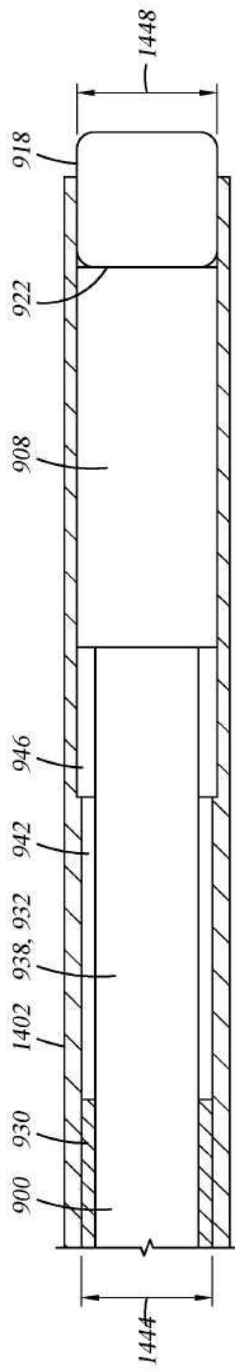
도면12



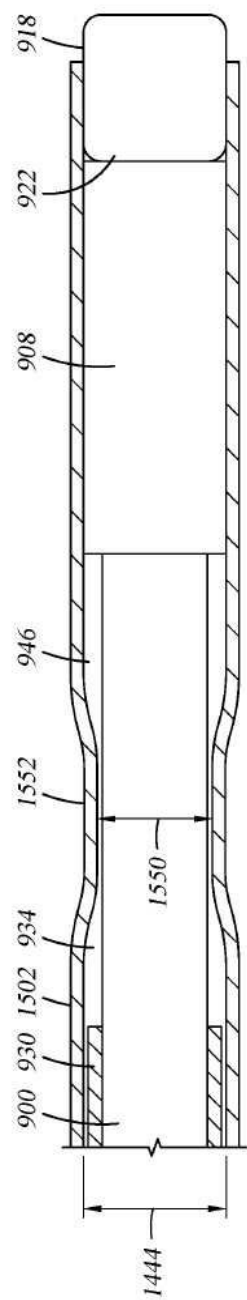
도면13



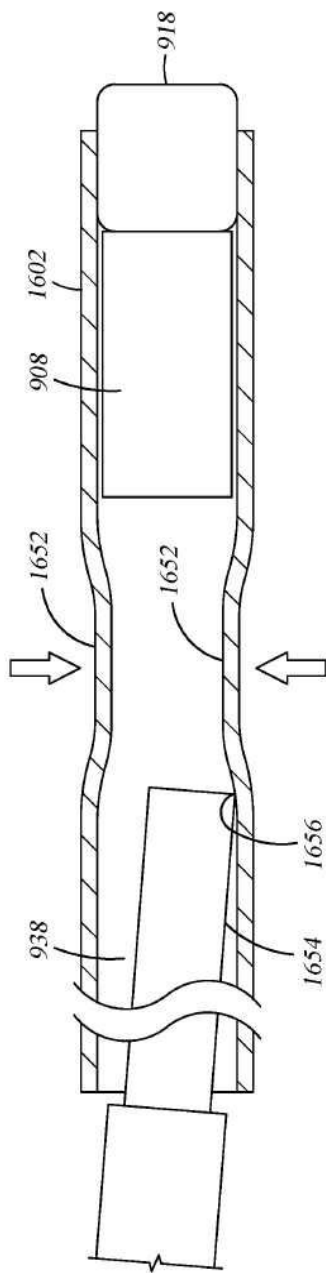
도면14



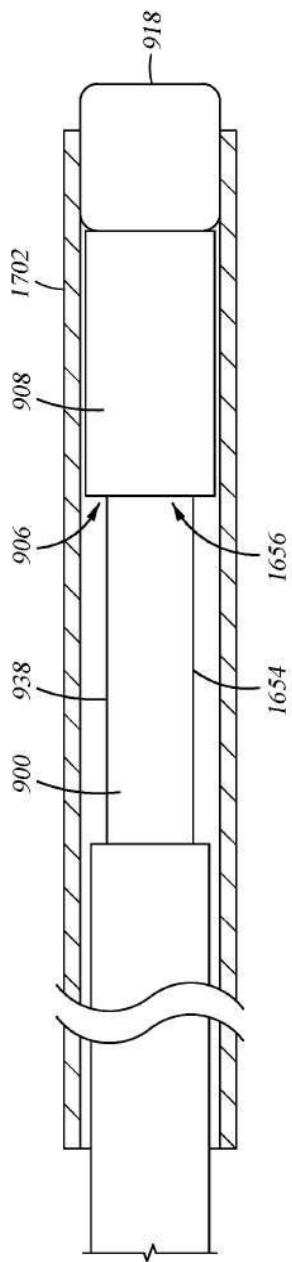
도면15



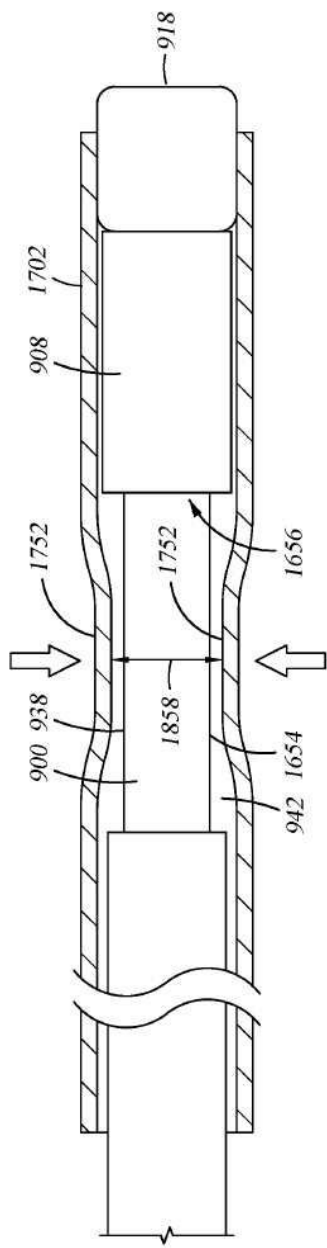
도면16



도면17



도면18



도면19

