(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0064764
(43) 공개일자 2021년06월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2021.01) *A61B 1/00* (2017.01)
A61B 1/313 (2006.01) *G02B 6/42* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/0066 (2013.01)
A61B 1/00126 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0153335
(22) 출원일자 2019년11월26일
심사청구일자 2019년11월26일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
하진용
서울특별시 광진구 능동로 209
압둘라 두라니 칸
서울특별시 광진구 능동로 209
(74) 대리인
홍성욱, 심경식

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브**

(57) 요 약

본 발명에 따른 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브는 입력되는 광 빔의 파장에 대해 단일 모드로 동작하는 단일 모드 광섬유; 상기 단일 모드 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔으로부터 평행광을 형성시키는 제1 그레이디드 인덱스 광섬유; 상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유의 일단에 형성되어 상기 평행광의 위상 차이를 발생시키는 링 코어 광섬유; 상기 링 코어 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔이 원하는 크기로 확장되거나 발산되도록 하는 난 코어 광섬유; 및 상기 난 코어 광섬유의 일단에 형성되어 상기 단일 모드 광섬유에서 방출된 광선을 집중시키는 제2 그레이디드 인덱스 광섬유;를 포함하여 depth of focus(DOF)를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
A61B 1/00165 (2013.01)
A61B 1/3137 (2013.01)
A61B 5/0084 (2013.01)
A61B 5/6852 (2013.01)
G02B 6/4201 (2013.01)
A61B 2560/066 (2013.01)
A61B 2562/0228 (2013.01)
A61B 2562/225 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711093021
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	바이오.의료기술개발(R&D)
연구과제명	E-DOF 카테터 기반 고속 촬영 심혈관 OCT 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2019.04.01 ~ 2020.01.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

입력되는 광 빔의 파장에 대해 단일 모드로 동작하는 단일 모드 광섬유;

상기 단일 모드 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔으로부터 평행광을 형성시키는 제1 그레이디드 인덱스 광섬유;

상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유의 일단에 형성되어 상기 평행광의 위상 차이를 발생시키는 링 코어 광섬유;

상기 링 코어 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔이 원하는 크기로 확장되거나 발산되도록 하는 난 코어 광섬유; 및

상기 난 코어 광섬유의 일단에 형성되어 상기 단일 모드 광섬유에서 방출된 광선을 집중시키는 제2 그레이디드 인덱스 광섬유;를 포함하는 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 단일 모드 광섬유는

도파로를 형성하고 굴절률을 높이기 위해 게르마늄 농도로 도핑 된 실리콘으로 제조되는 광섬유 코어; 및

상기 광섬유 코어를 중심으로 외주면에 실리콘으로 제조되어 형성되는 클래딩;을 포함하는 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 단일 모드 광섬유는

도파로를 형성하고 굴절률을 높이기 위해 게르마늄 농도로 도핑 된 실리콘으로 제조되는 광섬유 코어; 및

상기 광섬유 코어를 중심으로 외주면에 실리콘으로 제조되어 형성되는 클래딩;을 포함하는 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 링 코어 광섬유의 길이는

상기 링 코어 광섬유의 원형 코어 영역과 주변 영역을 통과하는 광 경로의 위상 차이가 180도의 정수배에 해당하도록 결정되는 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브.

청구항 5

입력되는 광 빔의 파장에 대해 단일 모드로 동작하는 단일 모드 광섬유;

상기 단일 모드 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔으로부터 평행광을 형성시키는 제1 그레이디드 인덱스 광섬유;

상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유의 일단에 형성되어 상기 평행광의 위상 차이를 발생시키는 분산 편이 광섬유;

상기 분산 편이 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔이 원하는 크기로 확장되거나 발산되도록 하는 난 코어 광섬유; 및

상기 난 코어 광섬유의 일단에 형성되어 상기 단일 모드 광섬유에서 방출된 광선을 집중시키는 제2 그레이디드 인덱스 광섬유;를 포함하는 DSF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브.

청구항 6

입력되는 광 빔의 파장에 대해 단일 모드로 동작하는 단일 모드 광섬유;

상기 단일 모드 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔으로부터 평행광을 형성시키는 제1 그레이디드 인덱스 광섬유;

상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유의 일단에 형성되어 상기 평행광의 위상 차이를 발생시키는 분산 평 광섬유;

상기 분산 평 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔이 원하는 크기로 확장되거나 발산되도록 하는 난 코어 광섬유; 및

상기 난 코어 광섬유의 일단에 형성되어 상기 단일 모드 광섬유에서 방출된 광선을 집중시키는 제2 그레이디드 인덱스 광섬유;를 포함하는 DSF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브에 관한 것으로써, 더욱 상세하게는 single mode fiber(SMF), non-core fiber(NCF), graded index(GRIN) fiber로 모두 섬유이며, 광학 융착(optical fusion splicing)에 의해 구현되는 광학 프로브 구성에 ring core fiber(RCF)를 추가하여 depth of focus(DOF)를 향상시킨 심혈관 OCT 광학 프로브에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래 광학 프로브는 도 1에 도시된 바와 같이 single mode fiber(SMF), non-core fiber(NCF), graded index(GRIN) fiber로 all fiber 이며, 광학 융착(optical fusion splicing)에 의해 구현되거나, phase shifter를 부착하여 구현되는데, 이러한 종래 광학 프로브는 제한된 DOF(Depth Of Focus)를 가지는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1616475호(2016.04.22)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 상술한 문제점을 해결하기 위해 본 발명은 single mode fiber(SMF), non-core fiber(NCF), graded index(GRIN) fiber로 모두 섬유이며, 광학 융착에 의해 구현되는 종래의 광학 프로브 구성에 링 코어 광섬유(RCF:Ring core fiber)를 추가하여 depth of focus(DOF)를 향상시킨 심혈관 OCT 광학 프로브를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브는 입력되는 광 빔의 파장에 대해 단일 모드로 동작하는 단일 모드 광섬유; 상기 단일 모드 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔으로부터 평행광을 형성시키는 제1 그레이디드 인덱스 광섬유; 상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유의 일단에 형성되어 상기 평행광의 위상 차이를 발생시키는 링 코어 광섬유; 상기 링 코어 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔이 원하는 크기로 확장되거나 발산되도록 하는 난 코어 광섬유; 및 상기 난 코어 광섬유의 일단에 형성되어 상기 단일 모드 광섬유에서 방출된 광선을 집중시키는 제2 그레이디드 인덱스 광섬유;를 포함한다.

[0006] 바람직하게는, 상기 단일 모드 광섬유는 도파로를 형성하고 굴절률을 높이기 위해 게르마늄 농도로 도핑 된 실리콘으로 제조되는 광섬유 코어; 및 상기 광섬유 코어를 중심으로 외주면에 실리콘으로 제조되어 형성되는 클래딩;을 포함할 수 있다.

[0007] 바람직하게는, 상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유의 길이는 상기 평행광의 폭과 상기 링 코어 광섬유의 원형 코어 지름의 차이가 소정의 임계치 이내가 되도록 결정될 수 있다.

[0008] 바람직하게는, 상기 링 코어 광섬유의 길이는 상기 링 코어 광섬유의 원형 코어 영역과 주변 영역을 통과하는 광 경로의 위상 차이가 180도의 정수배에 해당하도록 결정될 수 있다.

[0009] 또한, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 DSF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브는 입력되는 광 빔의 파장에 대해 단일 모드로 동작하는 단일 모드 광섬유; 상기 단일 모드 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔으로부터 평행광을 형성시키는 제1 그레이디드 인덱스 광섬유; 상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유의 일단에 형성되어 상기 평행광의 위상 차이를 발생시키는 분산 편이 광섬유; 상기 분산 편이 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔이 원하는 크기로 확장되거나 발산되도록 하는 난 코어 광섬유; 및 상기 난 코어 광섬유의 일단에 형성되어 상기 단일 모드 광섬유에서 방출된 광선을 집중시키는 제2 그레이디드 인덱스 광섬유;를 포함한다.

[0010] 또한, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 DSF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브는 입력되는 광 빔의 파장에 대해 단일 모드로 동작하는 단일 모드 광섬유; 상기 단일 모드 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔으로부터 평행광을 형성시키는 제1 그레이디드 인덱스 광섬유; 상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유의 일단에 형성되어 상기 평행광의 위상 차이를 발생시키는 분산 평 광섬유; 상기 분산 평 광섬유의 일단에 형성되어 상기 광 빔이 원하는 크기로 확장되거나 발산되도록 하는 난 코어 광섬유; 및 상기 난 코어 광섬유의 일단에 형성되어 상기 단일 모드 광섬유에서 방출된 광선을 집중시키는 제2 그레이디드 인덱스 광섬유;를 포함한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 따른 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브는 종래의 광학 프로브 구성에 ring core fiber(RCF)를 추가하여 depth of focus(DOF)를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0012] 또한, 본 발명에 따른 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브는 RCF가 phase shifter의 역할을 대체하므로, 반도체 제조 공정이 요구되는 phase shifter를 이용할 필요가 없게 되어, 프로브 생산의 난이도를 낮추고 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 OCT에 사용되는 종래 광학 프로브의 구조를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브 구조를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 DSF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브 구조를 도시한 도면이다.

도 4 및 5는 각각 RCF 및 DSF의 반경에 대한 굴절률의 그래프이다.

도 6는 RCF의 단면 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 7a 및 7b는 본 발명에 따른 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브의 DOF 확장 효과를 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 DFF의 반경에 대한 굴절률의 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면을 참조하여 상세하게 설명하도록 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0015] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수

있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0016] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급될 때에는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0017] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0018] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0019] 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 포함한다고 할때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 심혈관 OCT 광학 프로브에 대해 상세하게 설명한다.

[0021] 도 2에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브는 단일 모드 광섬유(SMF:Single mode fiber,100), 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(GRIN:graded index fiber,200), 링 코어 광섬유(RCF:ring core fiber,300),난 코어 광섬유(NCF:non-core fiber,400), 및 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(GRIN:graded index fiber,500)를 포함한다.

[0022] 상기 단일 모드 광섬유(SMF:Single mode fiber,100)는 클래딩에 의해 둘러싸인 파이버 코어를 가질 수 있다. 크기는 부분적으로 광빔의 파장에 대한 단일 모드 동작에 기초하여 선택되고, 코어 직경이 ~ 9 μm 인 표준 원거리 통신 광섬유가 사용될 수 있다.

[0023] 상기 클래딩은 일반적으로 순수한 실리콘으로 제조되며, 광섬유 코어 는 일반적으로 도파로를 형성하고 굴절률을 높이기 위해 게르마늄 농도로 도핑 된 실리콘으로 주로 제조된다.

[0024] 상술한 바와 같은 단일 모드 광섬유(100)는 약 8-10㎛의 코어 직경과 약 125 ± 2㎛의 클래딩 직경을 갖는 단일 모드 광섬유이다.

[0025] 상기 단일 모드 광섬유(100)의 단부에 형성되는 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(GRIN:graded index fiber,200)는 입력된 광 빔으로부터 평행광을 형성시킨다. 이는, 상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(200)가 빛 굴절을 유발하고, 렌즈의 초점 조절 기능을 제공하기 때문에 가능할 수 있다.

[0026] 상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(200)의 단부에 형성되는 링 코어 광섬유(RCF:ring core fiber,300)는 입력된 평행광에 대하여 위상의 차이를 발생시킨다.

[0027] 일반적으로, 상기 링 코어 광섬유(300) 렌즈는 중공이 형성된 원형 코어 및 환형 클래딩을 갖는다. 이때, 원형 코어의 중공 부분과 클래딩에서는 동일한 굴절률을 나타낼 수 있으며, 원형 코어는 그보다 높은 굴절률을 나타낼 수 있다.

[0028] 예컨대, 도 6을 참조하면, 상기 링 코어 광섬유(300)의 I, II, III 영역의 굴절률은 각각 n_2, n_1, n_2로 상이하여, 굴절률이 n_2인 영역을 지나는 광과 굴절률이 n_1인 영역을 지나는 광에 위상 차이가 발생할 수 있다.

[0029] 이때, 광경로의 위상 차이를 줄 수 있는 굴절률 프로파일(profile)을 가진 다른 종류의 광섬유가 상기 링 코어 광섬유(300)를 대체할 수 있음은 자명할 것이다.

[0030] 또한, 도 4를 참조하면, 상기 링 코어 광섬유(300)의 중심부(I 영역)과 원형 코어 영역(II 영역), 외부 영역(III 영역)에서 굴절률(refractive index)에 차이가 두드러지는 것을 확인할 수 있다.

[0031] 다른 실시예에서는, 상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(200)의 길이는 평행광의 폭과 상기 링 코어 광섬유(300) 원형 코어 지름의 차이가 소정의 임계치 이내가 되도록 결정된다.

[0032] 즉, 상기 단일 모드 광섬유(100) 이후 상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(200)로 빔이 들어가고, 빔이 퍼지면서 평행광이 만들어 진다. 이때, 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(200)의 길이는 상기 링 코어 광섬유(300)의 원형 코어 지름만큼 평행광이 퍼지도록 하는 길이로 결정될 수 있다. 여기서, 임계치는 측정 오차 범위로 결정될 수 있다.

[0033] 이때, 도 6을 참조하면, 상기 링 코어 광섬유(300)의 원형 코어 영역(II 영역)의 지름(b)을 확인할 수 있다.

[0034] 또 다른 실시예에서는, 상기 링 코어 광섬유(300)의 길이는 상기 링 코어 광섬유(300)의 원형 코어 영역과 주변 영역을 통과하는 광 경로의 위상 차이가 180도의 정수배에 해당하도록 결정된다.

[0035] 즉, 상기 링 코어 광섬유(300)의 원형 코어 영역(II 영역)과 주변 영역(I, III 영역)을 통과하는 광의 광 경로의 위상 차이가 180도의 정수배에 해당하도록 상기 링 코어 광섬유(300)의 길이가 결정될 수 있다.

[0036] 이때, 도 6을 참조하면, 상기 링 코어 광섬유(300)의 길이는 다음과 같은 수학식 1로부터 산출될 수 있다.

[0037] [수학식 1]

[0038] $$S = \frac{N\lambda}{2(n_1 - n_2)} \quad (N: \text{정수})$$

[0039] 여기서, S는 상기 링 코어 광섬유(300)의 길이이고, N은 정수이고, n_1, n_2는 II영역 및 I, III 영역의 굴절률이고, λ는 빛의 파장이다.

[0040] 예컨대, 빛의 파장이 결정되어 있고, 굴절률 n_1, n_2가 결정되어 있는 경우에, S는 N이 증가하면서 20.4um, 40.8um, 61.2um, ...로 결정될 수 있다.

[0041] 상기 링 코어 광섬유(300)의 단부에 형성되는 난 코어 광섬유(NCF:non-core fiber,400)는 빔 확장기 또는 빔 익스팬더의 일예로 자유 공간을 에뮬레이션하기 위해 균일하고 일정한 특성을 갖는 고체 섬유이다.

[0042] 상기 난 코어 광섬유(200)는 도핑된 코어가 없으며 일반적으로 유리 또는 순수 실리카 섬유의 단단한 조각이다.

[0043] 빔 익스팬더의 일예에 해당하는 상기 난 코어 광섬유(400)는 광 빔이 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(500)에 도달하기 전에 광 빔이 원하는 크기로 확장되거나 발산되도록 한다.

[0044] 상기 난 코어 광섬유(400)의 길이는 주어진 발산 각에 대한 광 빔의 팽창량을 결정하고, 바람직한 팽창을 달성하기 위해 선택된다.

[0045] 바람직하게는, 상기 난 코어 광섬유(400)가 링 코어 광섬유(300) 및 그레이디드 인덱스 광섬유(500) 모두에 스플라이스되기 때문에, 상기 난 코어 광섬유(400)는 자동적으로 정렬된다.

[0046] 상기 난 코어 광섬유(400)의 사용은 몇 가지 이유로 공기보다 바람직하다.

[0047] 상기 난 코어 광섬유(400)는 더 양호한 온도 안정성을 제공하기 때문에, 표면 반사를 줄이기 위해 상기 링 코어 광섬유(300) 및 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(500) 상에 파장 관련 코팅을 제공할 필요가 없다.

[0048] 또한, 제조 과정에서 상기 링 코어 광섬유(300)와 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(500) 모두에 난 코어 광섬유(400)가 자동으로 정렬된다.

[0049] 상기 난 코어 광섬유(400)의 단부에 형성되는 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(500)는 상기 난 코어 광섬유(400)에서 방출된 광선을 집중시킨다.

[0050] 이는, 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(500)가 빛 굴절을 유발하고, 렌즈 초점 조절 기능을 제공하기 때문에 가능할 수 있다.

[0051] 일반적으로, 상기 제1 및 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(200, 500) 렌즈는 원통형 코어 및 환형 클래딩을 갖는다. 상기 코어에서, 굴절률은 상기 제1 및 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(200, 500) 렌즈의 축으로부터의 반경

방향 거리에 따라 변한다. 전형적으로, 코어 굴절률은 거의 포물선모양으로 감소한다.

[0052] 상기 클래딩에서 굴절률은 일정하며, 상기 코어에서 보다 낮은 값을 갖는다.

[0053] 빔 포커싱을 위해, 상기 제1 및 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(200, 500) 렌즈는 평탄한 표면을 갖는 축 방향 그레이디드 인덱스 광섬유로 지칭된다. 곡면이 있는 일반 렌즈처럼 포커스 라이트가 없다.

[0054] 그레이디드 인덱스 광섬유가 특정 길이로 절단될 때, 짧은 길이의 그레이디드 인덱스 광섬유는 광선을 집중시킬 수 있다. 예를 들어, 그레이디드 인덱스 광학 렌즈가 상기 난 코어 광섬유(400)의 종단에 융합되면, 상기 난 코어 광섬유(400)에서 방출된 광선을 집중시킬 수 있다.

[0055] 도 3에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 DSF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브는 단일 모드 광섬유(SMF:Single mode fiber,100), 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(GRIN:graded index fiber,200), 분산 편이 광섬유(DSF:dispersion shifted fiber,600),난 코어 광섬유(NCF:non-core fiber,400), 및 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(GRIN:graded index fiber,500)를 포함한다.

[0056] 상기 단일 모드 광섬유(100)의 단부에 형성되는 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(GRIN:graded index fiber,200)는 입력된 광 빔으로부터 평행광을 형성시킨다.

[0057] 상기 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(200)의 단부에 형성되는 분산 편이 광섬유(DSF:dispersion shifted fiber,600)는 입력된 평행광에 대하여 위상의 차이를 발생시킨다.

[0058] 상기 분산 편이 광섬유(DSF:dispersion shifted fiber,600)는 1.55㎛에서 최소 분산, 즉 0분산을 나타내도록 광섬유의 비굴절률 차, 굴절률 분포 등을 변경하여 상기 단일 모드 광섬유의 색분산을 상쇄한다.

[0059] 이때, 도 5를 참조하면, 상기 분산 편이 광섬유(600)의 중심부(-10~10um)와 그 외의 영역(-10um 이하, 10um 이상)에서 굴절률(refractive index)에 차이가 두드러지는 것을 확인할 수 있다.

[0060] 다른 실시예에서는, 상기 분산 편이 광섬유(600)를 대신하여 분산 평 광섬유(DFF: dispersion flatted fiber, 미도시)가 이용될 수 있다.

[0061] 예컨대, 도 8을 참조하면, DFF의 반경에 따른 굴절률 특성을 확인할 수 있으며, 광 경로에 따른 위상 차이를 발생시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0062] 상기 분산 편이 광섬유(600)의 단부에 형성되는 난 코어 광섬유(NCF:non-core fiber,400)는 광 빔이 원하는 크기로 확장되거나 발산되도록 한다.

[0063] 상기 난 코어 광섬유(400)의 단부에 형성되는 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(500)는 상기 난 코어 광섬유(400)에서 방출된 광선을 집중시킨다.

[0064] 도 7a 및 b를 참조하면, 본 발명에 따른 RCF를 활용한 심혈관 OCT 광학 프로브는 상기 링 코어 광섬유(300) 또는 상기 분산 편이 광섬유(600)를 포함하여 더 긴 초점 길이를 달성할 수 있다.

[0065] 보다 구체적으로, DOF가 0.93mm(도 7a)에서 1.70mm(도 7b)로 향상된 것을 알 수 있다. 이때, 도 7a는 기존의 프로브 디자인을 이용하였으며, 기존의 프로브 디자인은 단일 모드 광섬유, 난 코어 광섬유(396um), 그레이디드 인덱스 광섬유(249um)를 포함한다. 한편, 도 7b는 본 발명의 프로브 디자인을 이용하였으며, 본 발명의 프로브 디자인은 단일 모드 광섬유, 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(220um), 링 코어 광섬유(61um), 난 코어 광섬유(116um), 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(185um)를 포함한다.

[0066] 한편, 본 발명에서 상기 난 코어 광섬유(400)와 상기 제2 그레이디드 인덱스 광섬유(500)의 길이는 원하는 워킹 디스턴스(working distance)와 스팟 크기(spot size)를 고려하여 결정될 수 있다.

[0067] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 사람이라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0068] 100 : 단일 모드 광섬유(SMF:Single mode fiber)

200 : 제1 그레이디드 인덱스 광섬유(GRIN:graded index fiber)

300 : 링 코어 광섬유(RCF:ring core fiber)

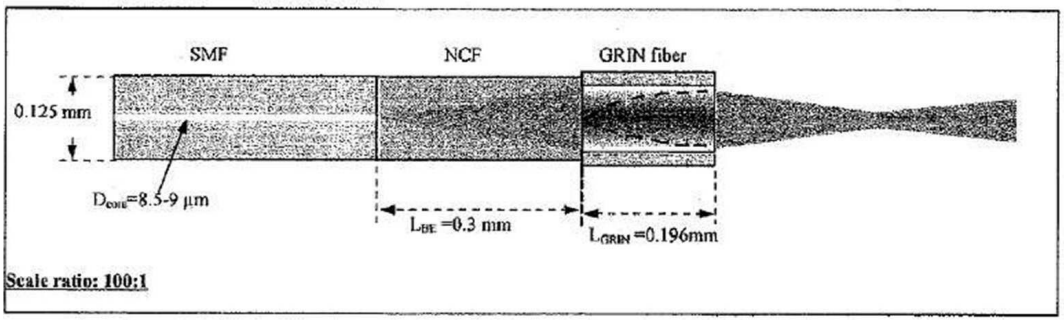
400 : 난 코어 광섬유(NCF:non-core fiber)

500 : 그레이디드 인덱스 광섬유(GRIN:graded index fiber)

600 : 분산 편이 광섬유(DSF:dispersion shifted fiber)

도면

도면1



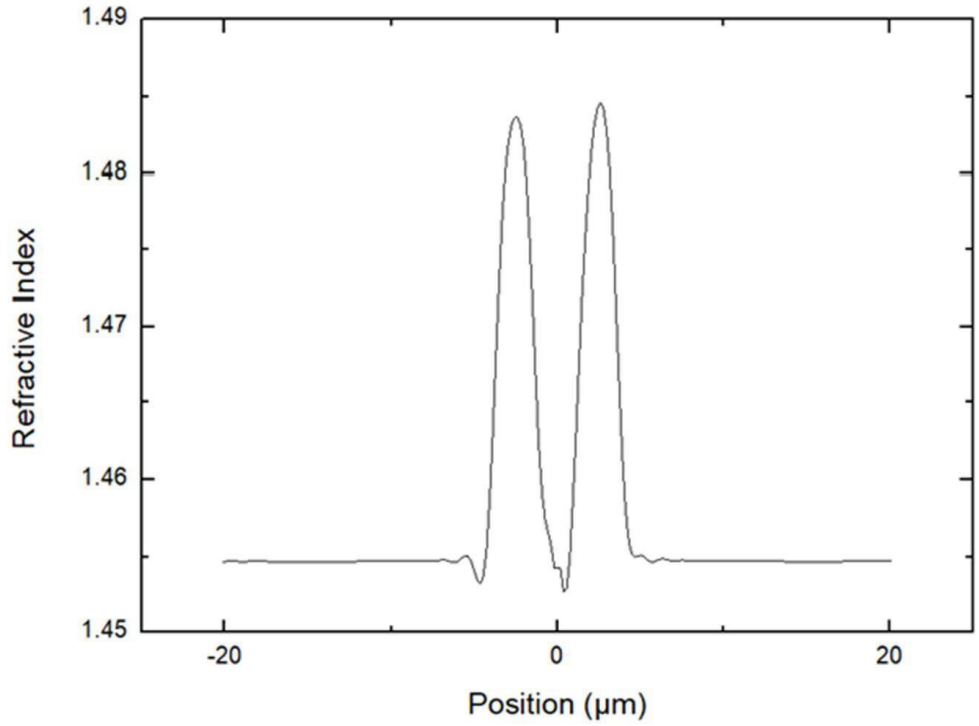
도면2

SMF (100)	GRIN (200)	RCF (300)	NCF (400)	GRIN (500)

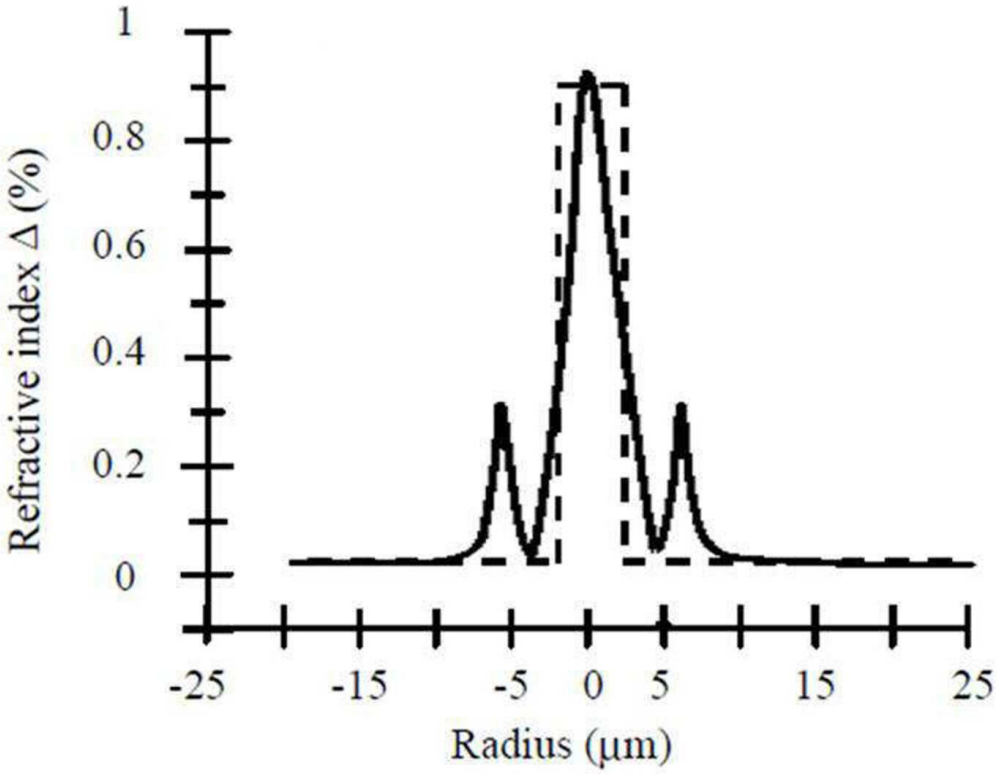
도면3

SMF (100)	GRIN (200)	DSF (600)	NCF (400)	GRIN (500)

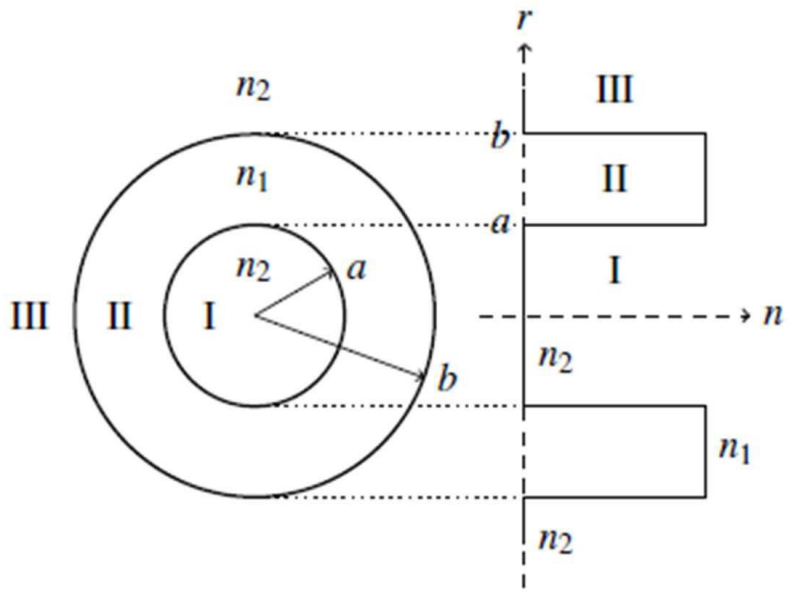
도면4


1.49
1.48
1.47
1.46
1.45
Refractive Index
-20
0
20
Position (μm)

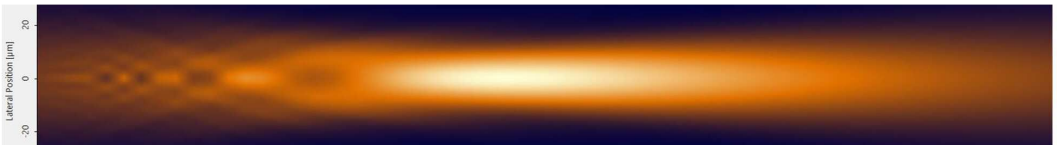
도면5


1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
Refractive index Δ (%)
-25
-15
-5
0
5
15
25
Radius (μm)

도면6



도면7a



도면7b



도면8

