



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월07일

(11) 등록번호 10-1360472

(24) 등록일자 2014년02월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 6/028 (2006.01) G02B 6/036 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0034948

(22) 출원일자 2007년04월10일

심사청구일자 2012년04월09일

(65) 공개번호 10-2007-0101145

(43) 공개일자 2007년10월16일

(30) 우선권주장

06/03128 2006년04월10일 프랑스(FR)

(56) 선행기술조사문현

KR1019960001319 B1

KR1020050085938 A

KR1020050105307 A

전체 청구항 수 : 총 26 항

(73) 특허권자

드라카 콤텍 비.브이.

네덜란드 1083 하예이 암스테르담 테 보엘레라안
7

(72) 발명자

드 몽뜨모릴론, 루이스-안느

프랑스 78000 브르셀르스 뤼 로알르 3

몰린, 드니스

프랑스 91210 드라브일 아브뉘 즈안 조래스 55

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

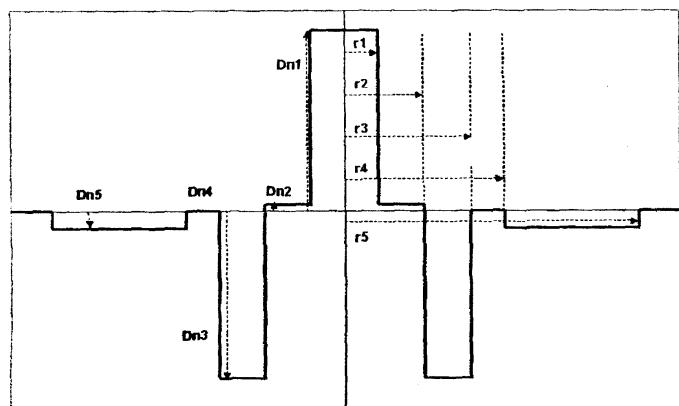
김영, 장수길

심사관 : 민경신

(54) 발명의 명칭 단일 모드 광섬유

(57) 요약

중심 코어, 외부 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_2 를 갖는 제1 중간값 클래딩, 외부 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_3 가 -5×10^{-3} 이하인 제1 디프레스드(depressed) 클래딩, 외부 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_4 를 갖는 제2 중간값 클래딩, 및 외부 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_5 를 갖는 제2 디프레스드 클래딩을 포함하는 광학 전송 섬유가 제공된다. 광섬유는 1625 nm의 파장에서, 15 mm의 굴곡 반경에 대해 0.1 dB/10회전 이하의 굴곡 손실, 7.5 mm의 굴곡 반경에 대해 0.5 dB/회전 이하의 굴곡 손실을 나타낸다.

대 표 도 - 도2

(72) 발명자

맛타이쎄, 피에터

네덜란드 5522 아아 하페르트 드 커일 35

구우에이에르, 프란스

네덜란드 5627 앰에이 아인토벤 더인케르켄라안 64

쁘띠트프레르, 엠마뉴엘

프랑스 59650 빌뇌브 다스크 알르 드 라 카우드 리
비에르 11

루미느오, 이브스

프랑스 95220 흐르블라이 아브뉘 드 라 케스네으
96

아크텐, 프란시스퀴스 요하네스

네덜란드 5032 에이엠 텔부르흐 스월름 76

비고뜨-아스뜨뢰, 마리안느

프랑스 78150 르 채스나이 스퀘아르 세익스피어 1
레지당스쁘레-까뜨랑

실라르드, 피에르

프랑스 78150 르 채스나이 스퀘아르 라파엘 2 레지
당스 오르제

노위치, 파스칼르

프랑스 92410 빌르 드 '아브라이 르 드 브르셀르스
213-215

특허청구의 범위

청구항 1

외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_1 을 갖는 중심 코어;

외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_2 를 갖는 제1 중간값 클래딩;

외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_3 가 -5×10^{-3} 이하인 제1 디프레스드(depressed) 클래딩;

외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_4 를 갖는 제2 중간값 클래딩; 및

외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_5 가 제1 디프레스드 클래딩과 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이인 Dn_3 보다 절대값이 작은, 제2 디프레스드 클래딩

을 포함하며, 1625 nm의 파장에서 15 mm의 굴곡 반경에 대해 0.1 dB/10회전 이하의 굴곡 손실을, 7.5 mm의 굴곡 반경에 대해 0.5 dB/1회전 이하의 굴곡 손실을 나타내는 광학 전송 섬유.

청구항 2

제1항에 있어서, 제2 디프레스드 클래딩과 외부 광학 클래딩의 굴절률 차이 Dn_5 가 -0.3×10^{-3} 내지 -3×10^{-3} 인 광학 전송 섬유.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 중심 코어와 제1 중간 클래딩의 굴절률 차이 $(Dn_1 - Dn_2)$ 가 4.5×10^{-3} 내지 6.0 $\times 10^{-3}$ 인 광학 전송 섬유.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 중심 코어의 반경 r_1 이 $3.5 \mu\text{m}$ 내지 $4.5 \mu\text{m}$ 이며, 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_1 이 5.0×10^{-3} 내지 5.6×10^{-3} 인 광학 전송 섬유.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 제1 중간 클래딩의 반경 r_2 가 $9 \mu\text{m}$ 내지 $12 \mu\text{m}$ 인 광학 전송 섬유.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 제1 디프레스드 클래딩의 반경 r_3 가 $14 \mu\text{m}$ 내지 $16 \mu\text{m}$ 인 광학 전송 섬유.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 제2 중간값 클래딩과 외부 광학 클래딩의 굴절률 차이 Dn_4 가 0인 광학 전송 섬유.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 제2 중간 클래딩의 반경 r_4 가 $18 \mu\text{m}$ 내지 $20 \mu\text{m}$ 인 광학 전송 섬유.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 제2 디프레스드 클래딩의 반경 r_5 가 $25 \mu\text{m}$ 내지 $40 \mu\text{m}$ 인 광학 전송 섬유.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서, 1625 nm의 파장에서 20 mm의 굴곡 반경에 대해 0.1 dB/100회전 이하의 굴곡 손실을

나타내는 광학 전송 섬유.

청구항 11

제10항에 있어서, 1625 nm의 파장에서 10 mm의 굴곡 반경에 대해 0.2 dB/1회전 이하의 굴곡 손실을 나타내는 광학 전송 섬유.

청구항 12

제11항에 있어서, 1625 nm의 파장에서 5 mm의 굴곡 반경에 대해 1 dB/1회전 이하의 굴곡 손실을 나타내는 광학 전송 섬유.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서, 1625 nm 이하의 파장에서 고정 직경 드럼법에 따른 미세굴곡 손실이 0.8 dB/km 이하인 광학 전송 섬유.

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서, 1260 nm 이하의 케이블 차단 파장을 갖는 광학 전송 섬유.

청구항 15

제1항 또는 제2항에 있어서, 1310 nm의 파장에서 8.6 μm 내지 9.5 μm 의 모드 필드 직경을 갖는 광학 전송 섬유.

청구항 16

제1항 또는 제2항에 있어서, 1550 nm에서 유효 차단 파장 λ_{Ceff} 에 대한 섬유의 모드 필드 직경의 비율(MAC)이 8.2 미만인 광학 전송 섬유.

청구항 17

제1항 또는 제2항에 있어서, 1300 nm 내지 1324 nm의 영(0) 색 분산 파장(λ_0)을 가지며, 상기 파장에서의 색 분산 기울기가 $0.092 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 이하인 광학 전송 섬유.

청구항 18

제1항에 따른 섬유의 적어도 일부 감겨져 있는 부분을 수용하고 있는 하우징을 포함하는 광학 모듈.

청구항 19

제1항에 따른 섬유의 적어도 일부 감겨져 있는 부분을 수용하고 있는 저장함.

청구항 20

제18항에 있어서, 섬유가 15 mm 미만의 굴곡 반경으로 감겨져 있는 것인 광학 모듈.

청구항 21

제18항에 있어서, 섬유가 7.5 mm 미만의 굴곡 반경으로 감겨져 있는 것인 광학 모듈.

청구항 22

제19항에 있어서, 섬유가 15 mm 미만의 굴곡 반경으로 감겨져 있는 것인 저장함.

청구항 23

제19항에 있어서, 섬유가 7.5 mm 미만의 굴곡 반경으로 감겨져 있는 것인 저장함.

청구항 24

제18항 내지 제23항 중 어느 한 항에 따른 하나 이상의 광학 모듈 또는 저장함을 포함하는 파이버-투-더-홈

(FTTH) 또는 파이버-투-더-커브(FTTC) 광학 시스템.

청구항 25

제1항에 있어서, 중심 코어와 제1 중간 클래딩의 굴절률 차이 ($Dn_1 - Dn_2$)가 4.5×10^{-3} 내지 6.0×10^{-3} 이며, 1260 nm 이하의 케이블 차단 파장을 갖고, 1310 nm의 파장에서 8.6 μm 내지 9.5 μm 의 모드 필드 직경을 갖는 광학 전송 섬유.

청구항 26

제1항에 있어서, 중심 코어와 제1 중간 클래딩의 굴절률 차이 ($Dn_1 - Dn_2$)가 4.5×10^{-3} 내지 6.0×10^{-3} 이며, 1310 nm의 파장에서 8.6 μm 내지 9.5 μm 의 모드 필드 직경을 갖고, 1300 nm 내지 1324 nm의 영(0) 색 분산 파장(λ_0)을 가지며, 상기 파장에서의 색 분산 기울기가 $0.092 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 이하인 광학 전송 섬유.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- [0004] 본 발명은 광섬유 전송 분야에 관한 것이며, 보다 구체적으로는 굴곡 손실 및 미세굴곡 손실이 감소된 선형 섬유에 관한 것이다.
- [0005] 광섬유에 있어서, 굴절률 프로파일은 일반적으로 섬유의 반경과 굴절률을 연관시킨 함수의 그래프 형태로 설명된다. 통상적으로, 섬유 중심까지의 거리 r 을 가로 좌표에 나타내고, 중심의 굴절률과 섬유 클래딩의 굴절률 차이를 세로 좌표에 나타낸다. 따라서, 굴절률 프로파일은 그래프가 각각 계단형, 사다리꼴 또는 삼각형을 나타내는 것에 따라 "계단형", "사다리꼴" 또는 "삼각형"으로 불리운다. 이들 곡선은 일반적으로 섬유의 이론적 또는 설정 프로파일을 대표하며, 섬유 제조시의 제약은 실질적으로 상이한 프로파일을 나타내게 할 수 있다.
- [0006] 광섬유는 통상적으로 광신호를 전달하고, 가능하게는 증폭시키는 기능을 하는 광학 코어와, 광신호를 코어 내에 국한시키는 기능을 하는 외부 광학 클래딩으로 구성된다. 이러한 목적을 위해서, 코어의 굴절률 n_c 및 외부 광학 클래딩의 굴절률 n_g 는 $n_c > n_g$ 가 되도록 한다. 잘 알려져 있는 바와 같이, 단일 모드 광섬유 내에서의 광신호의 전파는 코어 내의 기본적 도파 모드와, 클래딩 모드라고 불리우는, 코어-클래딩 어셈블리 내에서 일정한 거리에 걸쳐 유도되는 2차 모드로 나누어진다.
- [0007] 통상적으로, 계단형 섬유는 단일 모드 섬유(SMF)로도 불리우며, 광섬유 전송 시스템에 사용하기 위한 선형 섬유이다. 이들 섬유는 특정 전기통신 표준을 충족시키는 색 분산 및 색 분산 기울기를 나타낸다.
- [0008] 상이한 제조사로부터의 광학 시스템 간의 상용성에 관한 요구에 대해, 국제 전기통신 연합(International Telecommunication Union, ITU)은 표준 단일 모드 섬유에 대해서는 SSMF로 약칭되는, 표준 전송을 위한 광학 섬유가 갖추어야 할 표준 규격인 ITU-T G.652를 정하였다.
- [0009] 이러한 G.652 표준 규격은 전송 섬유에 대하여, 특히 1310 nm의 파장에서 모드 필드 직경(MFD) 값에 대해서는 [8.6; 9.5 μm]의 범위; 케이블 차단(cut-off) 파장 값에 대해서는 1260 nm의 최대값; λ_0 로 나타내는 영(0) 색 분산 파장에 대해서는 [1300; 1324 nm]의 범위; 색 분산 기울기 값에 대해서는 $0.092 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 의 최대값을 권장하고 있다. 케이블 차단 파장은 통상적으로 국제 전자기술 위원회(International Electrotechnical Commission)의 소-위원회 86A에 의해 IEC 60793-1-44 규격에서 정의된 바와 같이, 광신호가 섬유 22 m를 거쳐 전파된 후에는 더 이상 단일 모드가 아닌 것으로 되는 파장으로서 측정된다.
- [0010] 또한, 주어진 섬유에 있어서, 1550 nm에서 섬유의 모드 필드 직경과 유효 차단 파장 λ_{eff} 의 비율로 정의되는, 이른바 MAC 값이 정의된다. 유효 차단 파장은 통상적으로 국제 전자기술 위원회의 소-위원회 86A에 의해 IEC 60793-1-44 규격에서 정의된 바와 같이, 광신호가 섬유 22 m를 거쳐 전파된 후 더 이상 단일 모드가 아닌 것으로

로 되는 파장으로 결정된다. MAC은 섬유의 성능을 평가, 특히 모드 필드 직경, 유효 차단 파장 및 굴곡 손실 간의 절충점을 찾기 위한 파라미터이다.

[0011] 도 1은 출원인의 실험 결과를 나타낸 것으로, 1550 nm의 파장에서의 MAC 값에 대한 1625 nm 파장에서 계단형 SSMF의 15 mm의 굴곡 반경에 대한 굴곡 손실을 도시하고 있다. MAC 값은 섬유의 굴곡 손실에 영향을 미치며, 이를 굴곡 손실은 MAC 값이 감소함에 따라 감소될 수 있음을 알 수 있다.

[0012] 그러나, 모드 필드 직경을 감소시키고(거나) 유효 차단 파장을 증가시킴으로써 MAC을 감소시키는 것은 G.652 표준 규격을 벗어나게 할 수 있으며, 이는 섬유를 몇몇 전송 시스템에 상업적으로 사용할 수 없게 한다.

[0013] 실제로 유효 차단 파장 λ_{eff} 값은 케이블 차단 주파수 λ_{cc} 에 대해 1260 nm 의 최대값을 준수하기 위해 한계값 이상으로 증가시킬 수 없다. 또한, 주어진 파장에 대한 모드 필드 직경 값은 섬유간의 커플링 손실을 최소화하기 위해 엄격히 제한하여야 한다.

[0014] 따라서, 너무 많은 광학 손실없이 커플링을 제공하도록 충분한 모드 필드 직경을 유지하면서 섬유 내에서 보다 높은 차수의 모드로 전파되는 것을 억제하기 위해서는, 굴곡 손실을 억제하기 위한 MAC 기준의 감소와 유효 차단 파장 λ_{eff} 값의 제한이 병행되어야 한다.

[0015] 특히, G.652 표준 규격에 따르면서 굴곡 손실을 감소시키는 것은, 파이버-투-더-홈(Fiber-To-The-Home, FTTH)이라 불리우는 각 가정으로의 광섬유 시스템, 또는 파이버-투-더-커브(Fiber-To-The-Curb, FTTC)로 불리우는 인도 또는 빌딩으로의 광섬유 시스템에 섬유를 사용하게 할 수 있는 요소이다.

[0016] 실제로, 광섬유를 통한 전송 시스템은 장래 개입의 경우를 고려하여 초과 길이(overlengths)의 섬유가 제공된 저장함을 포함하며, 이들 초과 길이는 저장함 내에 감겨 있게 된다. FTTH 또는 FTTC 용도를 위해 이들 함을 최소화한다는 관점에서, 단일 모드 섬유는 (굴곡 반경이 15 mm에 달하도록) 점점 더 작은 직경의 원주 둘레에 감기도록 의도된다. 또한, FTTH 또는 FTTC 용도 범위 내에서는, 섬유는 보다 장거리 용도에서 보다 큰 설치상의 제약, 즉, 낮은 설치 비용 및 환경과 관련된 우발적인 굴곡의 발생이라는 위험을 겪게 된다. 7.5 mm 또는 심지어 5 mm의 우발적 굴곡 반경의 존재에 대한 대책이 있어야만 한다. 따라서, 저장함 및 설치상의 제약과 관련된 한계를 충족시키기 위해 FTTH 또는 FTTC 용도로 사용되는 단일 모드 섬유의 굴곡 손실을 억제하는 것이 절대적으로 필요하다. 그럼에도 불구하고, 굴곡 손실의 감소는 신호를 매우 악화시킬 수 있는 단일 모드 특성의 손실에 의한 손해 또는 상당한 접속부 광학 손실 발생에 의한 손해를 감수하지 않을 수 없는 것으로 이해된다.

[0017] 미국 특허 제4,852,968 호는 코어 영역, 제1 클래딩 영역 트렌치(trench) 영역, 제2 클래딩 영역 및 임의로는 제2 트렌치 영역으로 구성되는 굴절률 프로파일을 갖는 단일 모드 광섬유에 관한 것이다. 이 문헌은 분산 특성을 최적화하는 것에 관한 것이다.

[0018] 굴곡 손실을 감소시키기 위한 요건을 충족하는 광섬유를 얻기 위해, 선행 기술에 3가지 유형의 해결법이 제시되었다.

[0019] 선행 기술에 제시된 제1의 해결법은 감소된 모드 필드 직경을 갖는 통상의 계단형 섬유를 생산하는 것으로 이루어진다. 굴곡 손실은 실제로 모드 필드 직경의 감소로 인한 MAC의 감소에 의해 감소되며, 단일 모드 특성이 유지되어 케이블 차단 파장이 1260 nm 미만으로 유지된다. 그러나, 그러한 섬유는 상당한 커플링 손실을 가지며, 상기한 바와 같은 FTTH 용도에 적합하지 않다.

[0020] 아이. 사카베(I. Sakabe) 등의 논문["Enhanced Bending Loss Insensitive Fiber and New Cables for CWDM Access Networks", 53rd IWCS Proceedings, pp. 112-118 (2004)]은 굴곡 손실을 감소시키기 위해 모드 필드 직경을 감소시키는 것을 제안하고 있다. 그러나, 그와 같은 모드 필드 직경의 감소는 G.652 표준 규격을 벗어나게 한다.

[0021] 티. 요코카와(T. Yokokawa) 등의 논문["Ultra-Low Loss and Bend Insensitive Pure-Silica-Core Fiber Complying with G.652 C/D and its Applications to a Loose Tube Cable", 53rd IWCS Proceedings, pp 150-155 (2004)]은 순수한 실리카 코어 섬유(PSCF)를 제안하는데, 이는 감소된 전송 및 굴곡 손실을 갖지만, 감소된 모드 필드 직경은 G.652 표준 규격을 벗어난 것이다.

[0022] 선행 기술에서 제시된 제2의 해결법은 디프레스드(depressed) 구역, 예를 들어, 중심 코어, 중간 클래딩 및 디프레스드 클래딩을 갖는 계단형 섬유를 생산하는 것으로 구성된다. 그와 같은 구조에 있어서, 실제로 전형적으

로는 10 mm 정도로 작은 굴곡 반경에 대해 일정한 MAC 값에서 굴곡 손실을 감소시키는 것이 가능하다

[0023] 에스. 마츠오(S. Matsuo) 등의 논문 ["Low-bending-loss and low-splice-loss single-mode fibers employing a trench index profile," Journal of Lightwave Technology, Vol. 23 no. 11, p. 34943499, (2005)] 및 케이. 히메노 (K. Himeno) 등의 논문["Low-bending-loss single mode fibers for fiber-to-the- home", Journal of Lightwave Technology, Vol. 23, No. 11, p. 34943499, (2005)]은 굴곡 손실을 감소시키기 위하여 디프레스드 구역을 갖는 섬유 구조를 제안하고 있다.

[0024] 그러나, 출원인에 의해 수행된 분석에 따르면, 디프레스드 구역이 있는 섬유 프로파일로 굴곡 손실이 실질적으로 개선될 수 있는 경우, 그러한 프로파일은 중간 클래딩 및 디프레스드 구역에서 주로 전파되는 저항성 누설 모드의 발생에 의하여 유효 차단 파장의 증가를 유발한다는 것을 보여준다.

[0025] 이러한 발견에 따르면, 1625 nm에서 반경 15 mm의 원주 둘레를 감을 때 0.1 dB/회전 미만의 굴곡 손실을 보장하면서 유효 차단 파장이 예상치 보다 높다는 사실을 보완하기 위해서는, 1550 nm에서 7.9 미만의 MAC을 갖는 섬유가 선택되어야 한다. 반면에, SSMF의 경우에는, 1625 nm에서 15 mm의 굴곡 반경에 대해 0.1 dB/회전 미만의 손실을 보장하기 위하여 1550 nm에서 8.1 미만의 MAC을 갖는 섬유를 선택하는 것으로도 충분하다(도 1의 결과로부터). 따라서, 디프레스드 구역을 갖는 그와 같은 계단형 섬유의 제조 수율은 감소한다.

[0026] 선행 기술에서 제시된 제3의 해결법은 홀-보조된(hole-assisted) 계단형 섬유를 생산하는 것으로 구성된다.

[0027] 케이. 반도우(K. Bandou) 등의 논문["Development of Premise Optical Wiring Components Using Hole-Assisted Fiber" 53rd IWCS Proceedings, pp. 119-122 (2004)]은 감소된 굴곡 손실과 함께 계단형 SSMF 섬유의 광학적 특성을 갖는 홀이 있는 섬유를 제안한다.

[0028] 굴곡 손실을 감소시키기 위한 홀-보조된 계단형 섬유는 또한 티. 하세가와(T. Hasegawa) 등의 논문 ["Bend-insensitive single-mode holey fiber with SMF compatibility for optical wiring applications", in Proceedings ECOC'03, paper We2.7.3, Rimini, Italy, (2003)]; 디. 니시오카(D. Nishioka) 등의 논문 ["Development of holey fiber supporting extra-small diameter bending", SEI Technical Review, No.58, pp 4247, (2004)]; 케이. 미야케(K. Miyake) 등의 논문 ["Bend resistant photonic crystal fiber compatible with conventional single- mode fiber", in Proceedings ECOC'04, paper Mo3.3.4, Stockholm, Sweden, (2004)]; 와이. 츠치다(Y. Tsuchida) 등의 논문 ["Design and characterization of single-mode holey fibers with low bending loss", Optics Express, Vol. 13, No.12, pp 44704479, (2005)]; 케이. 오소노(K. Ohsono) 등의 논문 ["High performance optical fibers for next generation transmission systems", Hitachi Cable Review, No. 22, pp. 15, (2003)]; 케이. 나카지마(K. Nakajima) 등의 논문 ["Hole-assisted fiber design for small bending and splice loss", IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 15, No. 12, pp. 17371739, (2003)]; 케이. 이에다(K. Ieda) 등의 논문 ["Transmission characteristics of a hole-assisted fiber cord for flexible optical wiring", Proceedings 54th IWCS, pp 6368 (2005)]; 엔. 구안(N. Guan) 등의 논문 ["Hole-assisted single mode fibers for low bending loss", in Proceedings ECOC'04, paper Mo3.3.5, Stockholm, Sweden (2004)] 및 케이. 히메노(K. Himeno) 등의 논문 ["Low-bending-loss single-mode fibers for fiber-to-the-home", Journal of Lightwave Technology, Vol. 23, No. 11, pp. 34943499, (2005)]에 기재되어 있다.

[0029] 그러나, 그러한 섬유의 제조 비용 및 현재로서는 높은 감쇠 수준 (>0.25 dB/km)은 FTTH 또는 FTTC 시스템에 상업적으로 사용하는데 장애가 된다. 또한, 이러한 섬유에 있어서는, 특히 색 분산의 관점에서, G.652 표준 규격에 의해 권장되는 광학 특성을 달성하는 것이 단적으로 가능하지 않다.

[0030] 따라서, G.652 표준 규격을 충족시킬 수 있는 전송 섬유, 즉, FTTH 또는 FTTC 형의 전송 시스템에 상업적으로 사용될 수 있으며, 감소된 굴곡 및 미세굴곡 손실을 갖는 전송 섬유가 요청되고 있다. 특히, 15 mm, 각계는 7.5 mm 정도로 작은 굴곡 반경에 대해서도 감소된 손실을 나타내는 섬유에 대한 요청이 있다. 실제로, FTTH 용도에서, 섬유의 초과 길이는 일반적으로 더욱 소형화된 저장함 내에서 감길 것이고, 나아가 이의 설치 환경과 관련된 상당한 굴곡 스트레스를 받을 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0031] 이러한 목적을 위해, 본 발명은 제1의 고도로 디프레스된 구역 및 제2의 약하게 디프레스된 구역을 갖는, 특정 형태의 계단형 프로파일을 갖는 섬유를 제안한다.

[0032] 그와 같은 구조로, 높은 차수의 누설 모드를 고도로 최소화하면서 일정한 MAC에서 굴곡 손실을 효과적으로 감소시키는 것이 가능하다. 따라서, 선행 기술의 디프레스드 구역이 있는 계단형 구조의 섬유와 달리, 본 발명의 섬유는 케이블 차단 파장이 1260 nm 미만으로 유지된다. 따라서, 본 발명의 섬유는 G.652 표준 규격에 따른다.

발명의 구성 및 작용

[0033] 보다 구체적으로, 본 발명은

[0034] - 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_1 을 갖는 중심 코어;

[0035] - 외부 광학 클래딩과 굴절률 차이 Dn_2 를 갖는 제1 중간값 내부 클래딩;

[0036] - 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_3 가 -5×10^{-3} 이하인 제1 디프레스드 내부 클래딩;

[0037] - 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_4 를 갖는 제2 중간값 내부 클래딩; 및

[0038] - 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_5 가 제1 디프레스드 내부 클래딩과 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_3 보다 절대값이 작은, 제2 디프레스드 내부 클래딩을 포함하며;

[0039] - 1625 nm의 파장에서 15 mm의 굴곡 반경에 대해 0.1 dB/10회전 이하의 굴곡 손실, 7.5 mm의 굴곡 반경에 대해 0.5 dB/회전 이하의 굴곡 손실을 나타내는 광섬유를 제공한다.

[0040] 실시태양에 따르면, 본 발명의 섬유는 하기 특성 중 하나 이상을 포함할 수 있다:

[0041] - 제2 디프레스드 내부 클래딩과 외부 광학 클래딩의 굴절률 차이는 -0.3×10^{-3} 내지 -3×10^{-3} 이고;

[0042] - 중심 코어와 제1 중간값 내부 클래딩의 굴절률 차이는 4.5×10^{-3} 내지 6.0×10^{-3} 이며;

[0043] - 중심 코어는 반경이 $3.5 \mu\text{m}$ 내지 $4.5 \mu\text{m}$ 이고, 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이는 5.0×10^{-3} 내지 5.6×10^{-3} 이며;

[0044] - 제1 중간값 내부 클래딩은 반경이 $9 \mu\text{m}$ 내지 $12 \mu\text{m}$ 이고;

[0045] - 제1 디프레스드 내부 클래딩은 반경이 $14 \mu\text{m}$ 내지 $16 \mu\text{m}$ 이며;

[0046] - 외부 광학 클래딩과 제2 중간 내부 클래딩의 굴절률 차이는 실질적으로 영(0)이고;

[0047] - 제2 중간값 내부 클래딩은 반경이 $18 \mu\text{m}$ 내지 $20 \mu\text{m}$ 이며;

[0048] - 제2 디프레스드 내부 클래딩은 반경이 $25 \mu\text{m}$ 내지 $40 \mu\text{m}$ 이고;

[0049] - 1625 nm의 파장에서 20 mm의 굴곡 반경에 대해 0.1 dB/100회전 이하의 굴곡 손실을 나타내며;

[0050] - 1625 nm의 파장에서 5 mm의 굴곡 반경에 대해 1 dB/회전 이하의 굴곡 손실을 나타내고;

[0051] - 고정 직경 드럼법(프랑스어로는 "touret a diametre fixe")으로 불리우는 방법에 따른 1625 nm 이하의 파장에서 0.8 dB/km 이하의 미세굴곡 손실을 나타내고;

[0052] - 케이블 차단 파장이 1260 nm 이하이며;

[0053] - 1310 nm의 파장에 대해 모드 필드 직경이 $8.6 \mu\text{m}$ 내지 $9.5 \mu\text{m}$ 이고;

[0054] - 1550 nm에서 유효 차단 파장에 대한 섬유의 모드 필드 직경의 비율(MAC)이 8.2 미만이며;

[0055] - 1300 nm 내지 1324 nm의 영(0) 색 분산 파장 (λ_0) 및 상기 파장에서 $0.092 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 이하의 색 분산 기울기를 갖는다.

[0056] 또한, 본 발명은 본 발명에 따른 하나 이상의 섬유가 적어도 일부 감겨져 있는 하우징을 포함하는 광학 모듈; 및 본 발명에 따른 하나 이상의 섬유가 적어도 일부 감겨져 있는 저장함에 관한 것이다.

[0057] 몇몇 실시태양에 따르면, 섬유는 15 mm 미만의 굴곡 반경으로 또한(또는) 7.5 mm 미만의 굴곡 반경으로 감겨져

있다.

[0058] 본 발명은 또한 본 발명에 따른 하나 이상의 광학 모듈 또는 저장함을 포함하는, 파이버-투-더-홈(FTTH) 또는 파이버-투-더-커브(FTTC) 광학 시스템에 관한 것이다.

[0059] 본 발명의 다른 특징 및 장점은 본 발명을 예시하기 위해 주어진 하기 실시 태양 및 첨부된 도면을 통하여 명백해질 것이다.

[0060] 본 발명의 섬유는 중심 코어, 제1 중간값 내부 클래딩 및 제1 디프레스드 내부 클래딩을 갖는다. 섬유는 또한 제2 중간값 내부 클래딩 및 제2 디프레스드 내부 클래딩을 갖는다. 디프레스드 내부 클래딩이란 섬유의 원통둘레 부분이 외부 광학 클래딩의 굴절률 보다 낮은 굴절률을 갖는 것을 의미한다. 제1 디프레스드 내부 클래딩은 외부 광학 클래딩과 -5×10^{-3} 에서 -15×10^{-3} 까지의 큰 굴절률 차이를 갖는다. 제2 디프레스드 내부 클래딩과 외부 클래딩은 제1 디프레스드 내부 클래딩에서 보다 작은 굴절률 차이, 바람직하게는 -0.3×10^{-3} 내지 -3×10^{-3} 의 굴절률 차이를 갖는다.

[0061] 도 2는 본 발명에 따른 전송 섬유에 대한 굴절률 프로파일을 도시하고 있다. 도시된 프로파일은 설정 프로파일, 즉, 섬유의 이론적 프로파일을 대표하는 것이나, 예비 성형물을 섬유로 연신한 후 실제로 얻어지는 섬유는 실질적으로 상이한 프로파일을 가질 수 있다.

[0062] 본 발명에 따른 계단형 전송 섬유는 광학 클래딩으로 작용하며, 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_1 을 갖는 중심 코어; 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_2 를 갖는 제1 중간값 내부 클래딩; 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_3 를 갖는 제1 디프레스드 내부 클래딩; 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_4 를 갖는 제2 중간값 내부 클래딩; 및 외부 광학 클래딩과의 굴절률 차이 Dn_5 를 갖는 제2 디프레스드 내부 클래딩을 포함한다. 굴절률 차이 Dn_5 는 절대값이 굴절률 차이 Dn_3 보다 작다. 중심 코어, 제1 및 제2 디프레스드 내부 클래딩 및 제1 및 제2 중간값 내부 클래딩의 굴절률은 실질적으로 그들의 폭 전체에 걸쳐 일정하다. 설정 프로파일은 계단형 섬유이다. 코어의 폭은 그의 반경 r_1 으로 정의되며, 클래딩의 폭은 그들 각각의 외부 반경 r_2 내지 r_5 로 정의된다.

[0063] 광섬유의 설정 굴절률 프로파일을 정의하기 위하여, 일반적으로 외부 클래딩의 굴절률을 기준으로 한다. 도 2는 외부 광학 클래딩의 단지 일부만을 도시하고 있으며, 코어와의 굴절률 차이를 개략적으로 도시하고자 한 것이다. 외부 광학 클래딩은 광학 섬유의 외측까지 실질적으로 일정한 굴절률로 연장되며, 외부 광학 클래딩 외측에 상이한 굴절률을 갖는 광학 클래딩이 더 이상 없다는 것을 의미한다. 중심 코어, 디프레스드 내부 클래딩 및 중간값 클래딩의 굴절률은 굴절률 차이 $Dn_{1,2,3,4,5}$ 로 나타낸다. 일반적으로, 외부 광학 클래딩은 실리카로 구성되나, 그의 굴절률을 증가 또는 감소시키기 위하여, 예를 들어, 신호의 전파 특성을 변화시키기 위하여 도핑될 수 있다.

[0064] 하기 표는 전송 섬유에 관한 G.652 표준 규격의 광학 전파 기준을 충족시키면서 굴곡 손실도 감소된 섬유 프로파일이 달성되도록 하는, 섬유의 반경 및 굴절률 차이에 대한 바람직한 한계값을 제공한다. 표에 주어진 값은 설정 섬유 프로파일에 해당한다.

표 1

| | r_1 (μm) | r_2 (μm) | r_3 (μm) | r_4 (μm) | r_5 (μm) | Dn_1 ($.10^{-3}$) | $Dn_1 - Dn_2$ ($.10^{-3}$) | Dn_3 ($.10^{-3}$) | Dn_5 ($.10^{-3}$) |
|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 최소값 | 3.5 | 9.0 | 14.0 | 18.0 | 25.0 | 5.0 | 4.5 | -5 | -0.3 |
| 최대값 | 4.5 | 12.0 | 16.0 | 20.0 | 40.0 | 5.6 | 6.0 | -15 | -3 |

[0065]

[0066] 제1 디프레스드 내부 클래딩 보다 덜 디프레스된(즉, 굴절률이 덜 저하된) 제2 디프레스드 내부 클래딩(r_5 , Dn

5)이 존재함으로써, 섬유를 따라 전파될 수 있고 유효 차단 파장의 증가를 유도하는 누설 모드가 생기는 것을 제한한다. 제1 중간값 내부 클래딩(r_2 , Dn_2)가 존재함으로써, 단일 모드 신호를 중심 코어 내에 적절하게 국한시키고, G.652 표준 규격에 적합한 모드 필드 직경을 유지하는 것이 가능하다. 제1의, 깊게 디프레스된 내부 클래딩(r_3 , Dn_3)이 존재함으로써, 굴곡 손실이 더 감소될 수 있다.

[0067] 상기한 바와 같은 굴절률 프로파일을 갖는 본 발명의 전송 섬유는 사용 파장에서 감소된 굴곡 손실을 갖는다. 구체적으로, 본 발명에 따른 섬유는 1625 nm의 파장에 대해, 20 mm의 굴곡 반경의 스플(spool) 둘레를 100회전 할 때 0.1 dB 이하의 굴곡 손실; 15 mm의 굴곡 반경의 스플 둘레를 10회전 할 때 0.1 dB 이하의 굴곡 손실; 10 mm의 굴곡 반경의 스플 둘레를 1회전 할 때 0.2 dB 이하의 굴곡 손실; 7.5 mm의 굴곡 반경의 스플 둘레를 1회전 할 때 0.5 dB 이하의 굴곡 손실; 5 mm의 굴곡 반경의 스플 둘레를 1회전 할 때 1 dB 이하의 굴곡 손실을 나타낸다. 본 발명에 따른 섬유는 1550 nm의 파장에서는 더욱 작은 굴곡 손실을 나타낸다. 구체적으로, 본 발명에 따른 섬유는 1550 nm의 파장에 대해, 15 mm의 굴곡 반경의 스플 둘레를 10회전 할 때 0.02 dB 이하의 굴곡 손실; 10 mm의 굴곡 반경의 스플 둘레를 1회전 할 때 0.05 dB 이하의 굴곡 손실; 7.5 mm의 굴곡 반경의 스플 둘레를 1회전 할 때 0.2 dB 이하의 굴곡 손실을 갖는다.

[0068] 또한, 본 발명에 따른 섬유는 SSMF와 비교할 때 감소된 미세굴곡 손실을 갖는다. 미세굴곡 손실은 1550 nm의 파장에서, 그리드(grid) 테스트(직경 1.5 mm의 니들 10개)로 불리우는 시험법으로 측정할 수 있다. 이 시험에서, 직경 1.5 mm의 연마된 니들 10개가 1 cm만큼 이격되어 형성된 그리드가 사용된다. 섬유를 니들 축에 직각으로, 2회에 걸쳐 그리드를 통과시킨다. 섬유와 그리드는 약 3 mm의 고밀도 폴리에틸렌 밸포체 층으로 코팅된 2개의 단단한 플레이트 사이에서 압착된다. 합쳐진 (플레이트, 그리드, 섬유) 층들은 수평으로 위치되며, 전체를 하중 250 g으로 덣는다. 이 시험에서, 본 발명에 따른 섬유는 1550 nm에서 0.025 dB 이하의 미세굴곡 손실을 나타낸다. 또한, 미세굴곡 손실은 1625 nm의 파장에서 이른바 고정 직경 드럼법으로 측정할 수 있다. 이 방법은 국제 전자기술 위원회의 소위원회 86A에 의한 기술적 권장 사항(참조번호 IEC TR-62221)에 기재되어 있다. 사용된 드럼의 직경은 60 cm이고, 드럼은 극세한 샌드 페이퍼로 덮여있다. 이 방법에 의할 때, 본 발명에 따른 섬유는 1625 nm에서 0.8 dB/km 이하의 미세굴곡 손실을 나타낸다.

[0069] 또한, 본 발명의 섬유는 G.652 표준 규격을 충족시킨다.

[0070] 특히, G.652 표준 규격에 따라 케이블 차단 파장 l_{cc} 가 1260 nm 미만이 될 수 있도록 1310 nm 미만의 유효 차단 파장 l_{eff} 을 갖는다. 또한, 본 발명에 따른 섬유는 1310 nm의 파장에 대해, 8.6 μm 내지 9.5 μm 의 MFD를 갖는다.

[0071] 본 발명에 따른 섬유는 또한 최대 8.2의 MAC 비율을 가질 수 있다. 더 이상 7.9 미만의 MAC을 갖는 섬유만을 선택해야 할 필요가 없으므로, 본 발명에 따른 섬유의 제조 수율은 더욱 우수하다.

[0072] 도 3의 그림은 SSMF, 제2 디프레스드 구역이 없는 것을 제외하고는 본 발명의 섬유와 동일한 섬유, 및 본 발명에 따른 2개의 섬유에 대하여 굴곡 반경에 대한 1625 nm에서의 굴곡 손실을 도시하고 있다.

[0073] 제1 곡선(3A)는 계단형 SSMF의 굴곡 손실을 나타낸다. 이 섬유의 MAC은 8.1이다. 7.5 mm 미만의 작은 굴곡 반경에서, 굴곡 손실은 상당히 증가하여 1회전시 1 dB 값을 넘는다는 것을 보여준다. 따라서, 장거리 전송을 위해 일반적으로 사용되는 통상의 섬유는 FTTB 또는 FTTC 용도로 매우 적합하지 않은데, 이는 심한 광학 손실을 유발하지 않으면서 섬유를 광학 모듈의 소형 저장함 내에 감아 넣을 수 없거나 설치와 관련된 우발적 벤딩을 감당할 수 없기 때문이다.

[0074] 제2 곡선(3B)는 제2의 디프레스드 구역이 없는 것을 제외하고는 본 발명의 섬유와 유사한 섬유의 굴곡 손실을 나타낸다. 이 섬유의 MAC은 8.2이며, G.652 표준 규격을 충족시킨다. 7.5 mm 미만의 작은 굴곡 반경에서, 굴곡 손실은 1 dB/회전 미만임을 보여준다. 반면에, 보다 큰 굴곡 반경에서는 굴곡 손실이 여전히 비교적 상당히 크다. 따라서, 섬유는 20 mm 반경의 스플 둘레를 10회전 할 때 0.5 dB 크기, 20 mm 반경의 스플 둘레를 100회전 할 때 0.4 dB 크기의 굴곡 손실을 갖는다. 15 mm 및 20 mm의 굴곡 반경에 대한 이와 같은 굴곡 손실 값 때문에, 섬유를 그러한 감감 반경의 저장함에 사용할 수 없다.

[0075] 제3 곡선(3C)는 본 발명에 따른 섬유의 굴곡 손실을 나타낸다. 이 곡선에 상응하는 섬유의 MAC은 8.2이며, G.652 표준 규격을 충족시킨다. 7.5 mm 미만의 작은 굴곡 반경에서, 굴곡 손실은 바람직한 최대값인 0.5 dB/회전 보다 작은, 0.4 dB/회전이며; 10 mm의 굴곡 반경에 대해서는, 목표한 굴곡 손실의 상한값인 0.2 dB/회전인 것으로 나타나있다. 또한, 보다 큰 굴곡 반경에 대해서, 굴곡 손실은 여전히 제한된 상태이다. 구체적으로,

15 mm의 굴곡 반경에 대해, 본 발명에 따른 섬유는 바람직한 최대값인 0.1 dB/10회전 보다 작은, 0.04 dB/10회전의 굴곡 손실을 나타내며, 20 mm의 굴곡 반경에 대해서는 바람직한 최대값인 0.1 dB/100회전 보다 작은, 0.03 dB/100회전의 굴곡 손실을 나타낸다.

[0076] 제4 곡선(3D)는 본 발명에 따른 또 다른 섬유의 굴곡 손실을 나타낸다. 이 곡선에 상응하는 섬유의 MAC은 8.1이며, G.652 표준 규격을 충족시킨다. 7.5 mm 미만의 작은 굴곡 반경에서, 굴곡 손실은 바람직한 최대값인 0.5 dB/회전 보다 작은, 0.1 dB/회전이며; 10 mm의 굴곡 반경에 대해서는 바람직한 최대값인 0.2 dB/회전 보다 작은, 0.07 dB/회전의 굴곡 손실을 갖는 것으로 나타나있다. 또한, 보다 큰 굴곡 반경에 대해서, 굴곡 손실은 여전히 제한되어 있다. 구체적으로, 15 mm의 굴곡 반경에 대해, 본 발명에 따른 섬유는 바람직한 최대값인 0.1 dB/10회전 보다 작은, 0.04 dB/10회전의 굴곡 손실을 가지며, 20 mm의 굴곡 반경에 대해서는 바람직한 최대값인 0.1 dB/100회전 보다 작은, 0.01 dB/100회전의 굴곡 손실을 갖는다.

[0077] 본 발명에 따른 전송 섬유는 상기한 바와 같은 굴절률 프로파일을 갖는 예비 성형물을 섬유로 연신하여 제조될 수 있다.

[0078] 자체로 공지된 바와 같이, 광섬유는 섬유-연신 탑 상에서 예비 성형물을 연신함으로써 제조된다. 예비 성형물은, 예를 들어, 섬유의 클래딩 및 코어의 일부를 구성하는 매우 고품질의 유리판으로 구성된 1차 예비 성형물을 포함한다. 이어서, 1차 예비 성형물을 직경을 증가시키기 위해 재-충전(re-loading)하거나 슬리빙(sleaving)하여 섬유-연신 탑 상에서 사용할 수 있는 예비 성형물을 형성한다. 표준화된 섬유-연신 공정은 예비 성형물을 탑에 수직으로 배치하고, 예비 성형물의 말단에서 섬유 가닥을 연신해내는 것으로 구성된다. 이를 위하여, 실리카가 연화될 때까지 예비 성형물의 한쪽 말단에 국소적으로 고온을 가하고, 섬유-연신률 및 온도는 그것이 섬유의 직경을 결정하는 것이므로 섬유 연신을 하는 동안 끝까지 모니터링한다. 예비 성형물의 기하학적 형상은 연신된 섬유가 요구되는 프로파일을 갖도록, 섬유의 굴절률의 비율 및 코어와 클래딩 직경의 비율에 완벽하게 따라야한다.

[0079] 관 내의 성분 퇴적을 통상적으로 "도핑"이라고 하며, 즉, 굴절률을 변화시키기 위해 실리카에 "불순물"을 첨가한다. 게르마늄(Ge) 또는 인(P)은 실리카의 굴절률을 증가시키며, 이들은 섬유의 중심 코어를 도핑하는데 종종 사용된다. 또한, 불소(F) 또는 붕소(B)는 실리카의 굴절률을 감소시키며, 불소는 디프레스드 클래딩을 형성하는데 종종 사용된다.

[0080] 고도로 디프레스된 클래딩을 갖는 예비 성형물을 제조할 때는 세심한 주의가 필요하다. 실제로, 불소는 일정 온도 이상으로 가열된 실리카에 잘 혼입되지 않는 반면, 유리를 제조하는 데는 고온이 요구된다.

[0081] 유리의 제조에 요구되는 고온과 불소의 적절한 혼입을 촉진하는 저온 사이에서 절충하여 실리카의 굴절률 보다 훨씬 작은 굴절률을 얻는 것은 가능하지 않다.

[0082] 본 발명에 따른 섬유의 예비 성형물은 플라즈마 화학 증착법(PCVD)에 따라 제조하는 것이 바람직한데, 이는 반응 성분의 이온화에 의해 통상적인 방법(CVD, VAD, OVD)보다 낮은 온도에서 반응이 일어날 수 있기 때문이다. 그와 같은 제조 기법은 미국 재발행 특허 제30,635호 및 미국 특허 제4,314,833호에 기재되어 있는데, 이 방법에 따르면 고도로 디프레스된 클래딩을 형성하기 위해서 실리카에 불소를 상당량 혼입하는 것이 가능하다. 그러나, 본 발명에 따른 섬유의 예비 성형은 CVD, VAD 또는 OVD 기법으로도 제조할 수 있다.

[0083] 순수하거나 불소로 약하게 도핑된 실리카 관을 제공하여 유리제 결쇠에 장착한다. 도핑되거나 도핑되지 않은 유리 형성 전구체 가스 혼합물을 관에 주입한다. 마이크로웨이브에 의해 발생한 플라즈마는 관을 따라 관통한다. 플라즈마 내에서 유리 형성 전구체가 반응하여 관의 내부 표면에 유리로 증착된다.

[0084] 마이크로웨이브 가열을 통해 발생되는 도핑제의 강한 반응성에 의해 고농도의 도핑제가 실리카 층에 혼입될 수 있다. 특히, 블로우토치(blowtorch)에 의한 국소적 가열에 의해서는 실리카 내로 잘 혼입되지 않는 불소의 경우에 있어서, PCVD 기법으로는 제1의 고도로 디프레스된 클래딩(r_3 , Dn_3)을 만들기 위하여 실리카 층을 고농도의 불소로 도핑하는 것이 가능하다. 제2의 약하게 디프레스된 내부 클래딩(r_5 , Dn_5)은 또한 제1의 고도로 디프레스된 내부 클래딩에서와 같이 PCVD 기법으로 얻을 수 있거나, 불소로 약하게 도핑된 실리카 관으로 만들 수 있거나, 또는 예를 들어, 약하게 불소화된 중간값 슬리빙 관을 사용하거나 약하게 불소화된 실리카 입자로 재충전 부분을 만들어서 예비 성형물의 슬리빙 또는 재충전 중에 제조할 수 있다.

[0085] 본 발명에 따른 전송 섬유는 FTTH 또는 FTTC 시스템의 전송 또는 수신 모듈이나 고속 장거리 광학 전송 케이블에 낮은 광학 손실률로 사용될 수 있다. 본 발명의 섬유는 G.652 표준 규격을 충족시키므로 시판중인 시스템과

상용성이 있다. 특히, 본 발명 섬유의 초파 길이는 FTTH 또는 FTTC 시스템의 광학 모듈과 관련하여 저장함 내에 감길 수 있는데, 본 발명에 따른 섬유는 큰 광학 손실을 유발하지 않으면서, 15 mm 미만, 더욱 작게는 7.5 mm 미만의 굴곡 반경으로 감길 수 있다. 본 발명에 따른 섬유는 또한 굴곡 반경이 5 mm 까지로 낮은, 개별 가정에서의 설치와 관련된 우발적인 벤딩을 보조하기에 매우 적합하다.

- [0086] 본 발명은 상기에서 예시적으로 기술한 실시태양 및 용도로 제한되지 않는다. 특히, 본 발명에 따른 섬유는 FTTH 또는 FTTC 이외의 다른 용도로도 사용될 수 있다.

발명의 효과

[0087] 본 발명의 광섬유는 감소된 굴곡 및 미세굴곡 손실을 보이며, 표준 계단형 전송 섬유의 광학 성능을 나타낸다. 본 발명의 광섬유는 제1의 고도로 디프레스된 구역 및 제2의 약하게 디프레스된 구역을 갖는, 특정 형태의 계단형 프로파일을 갖는 섬유 구조로서, 높은 차수의 누설 모드를 고도로 최소화하면서 일정한 MAC에서 굴곡 손실을 효과적으로 감소시키는 것이 가능하다. 본 발명의 섬유는 또한 케이블 차단 파장이 1260 nm 미만으로 유지되어 국제 표준 규격을 충족하므로, FTTH 또는 FTTC 형의 전송 시스템에 상업적으로 사용될 수 있다.

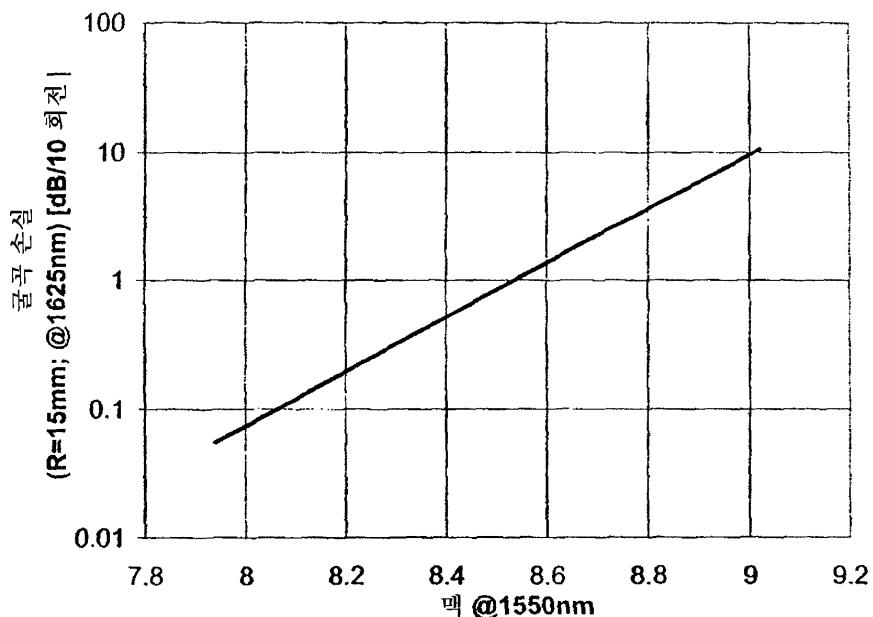
- [0088]

도면의 간단한 설명

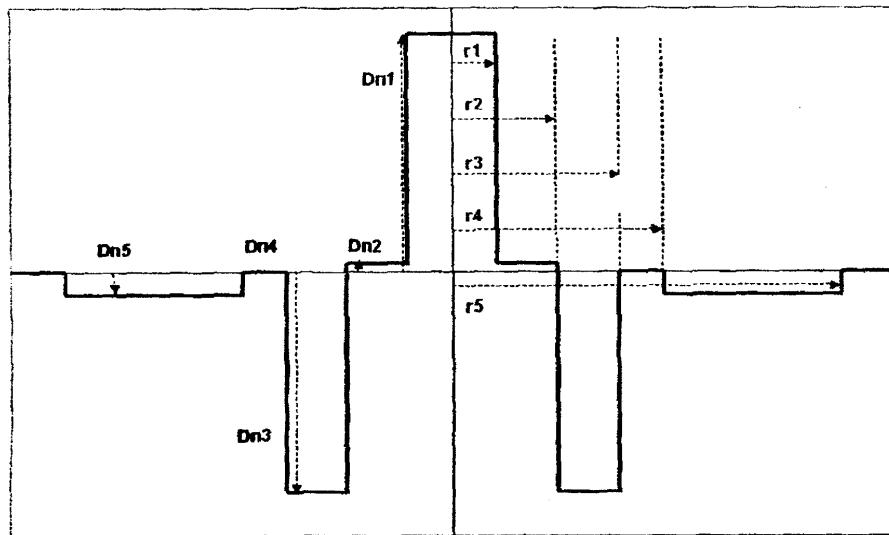
- [0001] 도 1은 1550 nm의 파장에서의 MAC 값에 대하여, 1625 nm의 파장에서 15 mm의 굴곡 반경에 대한 표준 계단형 섬유의 굴곡 손실을 도시한 그래프이다.
- [0002] 도 2는 본 발명의 하나의 실시태양에 따른 계단형 섬유의 설정 프로파일을 도시한 그래프이다.
- [0003] 도 3은 계단형 SSMF, 선행 기술의 다른 섬유 및 본 발명에 따른 섬유에 대하여, 1625 nm의 파장에서 굴곡 반경에 대한 굴곡 손실을 도시한 그래프이다.

도면

도면1



도면2



도면3

