



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년11월22일  
(11) 등록번호 10-1920934  
(24) 등록일자 2018년11월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02B 6/44 (2006.01) G02B 6/02 (2006.01)  
G02B 6/036 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-0013268  
(22) 출원일자 2011년02월15일  
심사청구일자 2016년01월12일  
(65) 공개번호 10-2012-0093605  
(43) 공개일자 2012년08월23일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2003262752 A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
엘에스전선 주식회사  
경기도 안양시 동안구 엘에스로 127 (호계동)  
(72) 발명자  
양은정  
경상북도 구미시 1공단로9길 30-5, LS전선기숙사  
205호 (공단동)  
박지상  
서울특별시 서초구 효령로 391 1동 805호 (서초동, 무지개아파트)  
(74) 대리인  
특허법인필엔은지

전체 청구항 수 : 총 2 항

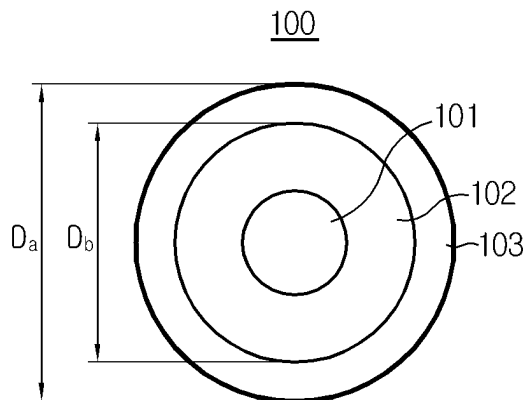
심사관 : 이양근

(54) 발명의 명칭 **얇은 코팅층을 갖는 굴곡 강화 광섬유 및 이를 구비한 광케이블**

**(57) 요약**

본 발명은 광섬유 중심에 위치하는 코어와, 상기 코어에 비해 낮은 굴절률을 가지면서 상기 코어의 외부를 둘러싸는 클래딩과, 상기 클래딩의 외부에 형성된 코팅층을 포함하고, 상기 클래딩 내에는 상기 클래딩에 비해 상대적으로 굴절률이 낮은 영역이 구비되고, 상기 코팅층은 복수의 층으로 구성되고 외경이 240 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 굴곡 강화 광섬유와 이를 구비한 굴곡 강화 광케이블을 개시한다.

**대표도** - 도2



(56) 선행기술조사문헌

KR100231108 B1\*

JP61137105 A\*

KR1020040096172 A\*

US20100290781 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

삭제

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

광섬유 중심에 위치하는 코어와, 상기 코어에 비해 낮은 굴절률을 가지면서 상기 코어의 외부를 둘러싸는 클래딩과, 상기 클래딩의 외부에 형성된 코팅층을 포함하는 광섬유에 있어서,

상기 클래딩 내에는 상기 클래딩에 비해 상대적으로 굴절률이 낮은 영역이 구비되고,

상기 코팅층은 상기 클래딩의 외측에 코팅된 제1 코팅층과, 상기 제1 코팅층의 위측에 코팅되고 상기 제1 코팅층에 비해 모듈러스가 큰 제2 코팅층을 포함하고, 최종 외경이 240 $\mu$ m 이하이고,

Basket Weave법에 의한 마이크로 밴딩 손실 측정시 상온, 1550nm 파장에서 마이크로 밴딩 손실이 0.02dB/km 이하이고,

상기 제1 코팅층의 두께가 r1, 상기 제2 코팅층의 두께가 r2일 때, r1/r2가 1~1.5이고,

Sol-Gel 분석법에 의해 측정된 상기 코팅층의 경화도가 90% 이상이고,

응력부식 파라미터(Stress corrosion parameter, Nd)가 18 이상이고,

양방향 접속손실이 0.1dB/km 이하이고,

광섬유의 MPI(Multi-Path Interference) 특성이 1310nm, 1550nm 및 1625nm 파장에서 -30dB 이하이고,

-60~85℃의 온도 환경에서 상온 대비 손실 증가가 0.05dB/km 이하인 것을 특징으로 하는 굴곡 강화 광섬유.

**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

제3항의 굴곡 강화 광섬유를 구비한 굴곡 강화 광케이블.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 굴곡 강화 광섬유 및 광케이블에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 광섬유의 내부 구조와 물성의 개선을 통해 낮은 굴곡손실을 갖는 굴곡 강화 광섬유와 이를 구비한 광케이블에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 광섬유는 코어(Core)와 클래딩(Cladding)의 굴절률에 대한 인덱스 프로파일(Index Profile)에 따라 그 광특성이 달라지게 되며, 일반적으로 인덱스 프로파일의 제어를 통해 원하는 특성의 광섬유를 제조하게 된다.

[0003] 정보전송을 위한 다른 매체와 비교했을 때 광섬유의 특징은, 구리선이나 POF (polymer optical fiber)에 비해 손실 및 대역폭이 우수한 장점이 있는 반면, 취급이 어렵다는 단점이 있다.

[0004] 특히, FTTH(fiber to the home)에 적용되는 기존의 광섬유는 작은 굴곡에서 구부림 손실이 큰 관계로 모서리에 밀착하여 포설하거나 작은 구부림 반경의 오거나이저(Organizer)를 사용하기가 어려운 취약점이 있다. 더구나, 전송 용량을 증대시킨 DWDM(dense wavelength division multiplexing) 시스템 또는 CWDM(coarse wavelength division multiplexing) 시스템은 기존 1550nm 파장 뿐만 아니라 1600nm 파장대도 사용하게 되는데, 1550nm 파장대에 최적화된 기존 광섬유를 1600nm 파장대 사용할 경우에는 MFD가 커져서 구부림 손실이 증가하는 문제가 있다. 따라서 손실 증가로 인한 시스템 전송 특성 저하를 방지하기 위해서는 1600nm 파장대에서도 1550nm 파장대와 동등하거나 그 이하의 구부림 손실을 나타내도록 광섬유를 개선할 필요가 있다.

[0005] 구부림 손실이 이슈화 됨에 따라 구부림 손실을 줄이도록 광섬유의 구조를 개선하는 방안에 대한 관심이 높아지고 있다.

[0006] 기존 SMF 광섬유의 인덱스 프로파일인 SI(Step Index) 구조를 바탕으로 구조를 개선하기 위해서는 MAC 값을 낮춰야 한다. MAC은 모드-필드 직경(MFD)을 컷오프(Cutoff) 파장으로 나눈 값으로, 광섬유의 굴곡특성과 밀접한 관계가 있는데, MAC 값이 작을수록 광섬유의 굴곡손실이 개선되는 경향이 있다.

[0007] SI 구조를 채용할 경우, Mac 값을 감소시킴으로써 구부림 손실을 강화하게 되는데, 이 경우 MFD 등의 차이로 인해 기존 광섬유와의 호환성 문제가 발생하게 된다.

[0008] 기존 SI 구조를 개선한 광섬유의 예로는 디프레스트 타입 인덱스(Depressed type index) 구조의 광섬유를 들 수 있다. 이는 코어와 인접해 있는 클래딩 부분의 인덱스를 기존에 비해 감소시킨 것으로서, 외부증착법인 VAD 공정을 통해 주로 구현된다.

[0009] 기존 SI 구조를 개선한 광섬유의 다른 예로는 트렌치 타입 인덱스(Trench type index) 구조의 광섬유를 들 수 있다. 이는 코어와 근접해 있는 클래딩 부분의 인덱스는 최외곽의 인덱스와 유사하게 유지하고, 인덱스 감소 부

본은 코어와 적정 거리를 유지시킨 것이다. 이러한 트렌치 인덱스 구조는 기존 SI 구조나 디프레스트 인덱스 구조에 비해 다소 복잡한 모양이므로 외부증착법보다는 인덱스 제어가 용이한 내부증착법에서 더 많이 채택되고 있다.

- [0010] 일반적으로 디프레스트 인덱스 구조의 광섬유는 굴곡손실 개선에 한계가 있어, 굴곡이 가능한 반경이 7.5mm 수준으로 제한되는 것으로 알려져 있다. 따라서, 근래에는 디프레스트 인덱스 프로파일보다는 굴곡 개선 가능성이 높은 트렌치 타입 인덱스 프로파일에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [0011] 구부림 손실 특성을 개선하기 위해 제안된 특허문헌으로는 US7,440,663, US7,450,807, US2007/0280615, JP2009-038371, JP2008-233927, US7,505,660, W008/157341 등을 들 수 있다.
- [0012] US7,440,663 및 US7,450,807 특허는 트렌치 타입 인덱스 구조를 갖는 광섬유에 대한 기술로서, 트렌치의 깊이, 위치 등에 대한 조건을 제안하고 있다.
- [0013] US2007/0280615 역시 트렌치 인덱스 구조에 대한 특허이며, 트렌치 구조를 형성하기 위해 플라즈마(Plasma)를 활용한 불소 도핑(Fluorine doping) 기술을 제안하고 있다.
- [0014] JP2009-038371 및 JP2008-233927 특허는 트렌치 구조를 위해 클래딩에 홀(Hole)을 형성하여 굴곡손실을 개선하는 기술을 제안하고 있다. 그러나, 이 기술은 홀 형성공정으로 인해 양산성이 크게 떨어지게 되며, 대량생산에는 적절치 않은 방법으로 평가되고 있다.
- [0015] US7,505,660 특허는 Hole Assisted Fiber의 원리를 이용하며 양산성을 확보하기 위한 것으로서, 홀의 형성을 위해 클래딩 부분에 랜덤한 버블을 형성시키는 기술을 제안하고 있다. 하지만, 랜덤한 버블은 광섬유의 길이방향 및 원주방향으로 굴곡특성을 불균일하게 하는 문제가 있으며, 기계적인 신뢰성 측면에서도 검증이 필요하다.
- [0016] W008/157341 특허는 Ring Assisted Fiber에 대한 기술로서, 트렌치 구조에 고차모드 스트립 오프(strip off)를 위한 배리어(barrier) 층을 포함시킨 인덱스 프로파일을 제안하고 있다. 이 특허는 트렌치 구조를 깊게 형성함으로써 굴곡손실을 개선하고 동시에 고차모드를 스트립 오프시킴으로써 컷오프 값은 높아지지 않게 유지하는 기술이다. 그러나, 이 기술은 인덱스 프로파일이 복잡하여 재현성 확보가 곤란하고, 대량생산에 불리한 단점이 있다.
- [0017] 광섬유의 굴곡특성을 더욱 강화하기 위해 최근에는 클래딩 외부에 형성되는 코팅층의 레진(Resin) 물성을 개선하는 방법이 시도되고 있다. 도 1에는 광섬유 중심에 위치하는 코어(11)와, 코어(11)의 외부를 둘러싸는 클래딩(12)과, 클래딩(12)의 외부에 형성된 코팅층(13)을 포함하는 일반적인 광섬유의 주요 구성이 도시되어 있다.
- [0018] 코팅층(13)의 레진 물성을 개선하는 경우에는 주로 코팅층(13)의 모듈러스(Modulus)를 제어하는 것이 일반적이거나, 코팅층(13)의 규격 또한 중요한 설계 요소가 된다. 통상적으로 클래딩(12)의 외경은 125 $\mu$ m로, 코팅층(13)의 외경은 250 $\mu$ m로 설계되는데, 이러한 광섬유 구조는 광섬유 심선의 다심화가 요구되는 최근의 광케이블에 적합하지 않을 뿐만 아니라 광케이블의 제조비용을 높이는 주요 원인이 되고 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0019] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 고려하여 창안된 것으로서, 굴곡손실 특성의 개선과 동시에 부피를 최소화할 수 있도록 얇은 코팅층을 갖는 굴곡 강화 광섬유와 이를 구비한 광케이블을 제공하는 데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0020] 상기와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명은 광섬유 중심에 위치하는 코어와, 상기 코어에 비해 낮은 굴절률을 가지면서 상기 코어의 외부를 둘러싸는 클래딩과, 상기 클래딩의 외부에 형성된 코팅층을 포함하는 광섬유에 있어서, 상기 클래딩 내에는 상기 클래딩에 비해 상대적으로 굴절률이 낮은 영역이 구비되고, 상기 코팅층은 상기 클래딩의 외측에 코팅된 제1 코팅층과, 상기 제1 코팅층의 외측에 코팅되고 상기 제1 코팅층에 비해 모듈러스가 큰 제2 코팅층을 포함하고, 최종 외경이 240 $\mu$ m 이하이며, 상기 제1 코팅층의 모듈러스가 상온에서 10MPa 이하이고, 상기 제2 코팅층의 모듈러스가 상온에서 50~1000MPa이며, Sol-Gel 분석법에 의해 측정된 상기 코팅층의 경화도가 90% 이상인 것을 특징으로 하는 굴곡 강화 광섬유를 제공한다.
- [0021] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 광섬유 중심에 위치하는 코어와, 상기 코어에 비해 낮은 굴절률을 가지면서 상

기 코어의 외부를 둘러싸는 클래딩과, 상기 클래딩의 외부에 형성된 코팅층을 포함하는 광섬유에 있어서, 상기 클래딩 내에는 상기 클래딩에 비해 상대적으로 굴절률이 낮은 영역이 구비되고, 상기 코팅층은 복수의 코팅층으로 구성되고, 최종 외경이 240 $\mu$ m 이하이며, Basket Weave법에 의한 마이크로 밴딩 손실 측정시 상온, 1550nm 파장에서 마이크로 밴딩 손실이 0.02dB/km 이하이고, 양방향 접속손실이 0.1dB/km 이하이며, 응력부식 파라미터가 18 이상이고, -60~85 $^{\circ}$ C의 온도 환경에서 상온 대비 손실 증가가 0.05dB/km 이하인 것을 특징으로 하는 굴곡 강화 광섬유가 제공된다.

- [0022] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 광섬유 중심에 위치하는 코어와, 상기 코어에 비해 낮은 굴절률을 가지면서 상기 코어의 외부를 둘러싸는 클래딩과, 상기 클래딩의 외부에 형성된 코팅층을 포함하는 광섬유에 있어서, 상기 클래딩 내에는 상기 클래딩에 비해 상대적으로 굴절률이 낮은 영역이 구비되고, 상기 코팅층은 복수의 층으로 구성되고, 최종 외경이 240 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 굴곡 강화 광섬유가 제공된다.
- [0023] 상기 코팅층의 외경은 200~240 $\mu$ m인 것이 바람직하다.
- [0024] 상기 코팅층은, 상기 클래딩의 외측에 코팅된 제1 코팅층과, 상기 제1 코팅층 외측에 코팅되고 상기 제1 코팅층에 비해 모듈러스가 큰 제2 코팅층을 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 제1 코팅층의 모듈러스는 상온에서 10MPa 이하이고, 상기 제2 코팅층의 모듈러스는 상온에서 50~1000MPa인 것이 바람직하다.
- [0026] 상기 제1 코팅층의 두께가 r1, 상기 제2 코팅층의 두께가 r2일 때, r1/r2는 1~1.5인 것이 바람직하다.
- [0027] 상기 제1 코팅층의 Tg(Glass Transition Temperature)는 -30 $^{\circ}$ C 이하이고, 상기 제2 코팅층의 Tg는 50 $^{\circ}$ C 이상인 것이 바람직하다.
- [0028] Basket Weave법에 의한 마이크로 밴딩 손실 측정시 상온, 1550nm 파장에서 마이크로 밴딩 손실이 0.02dB/km 이하인 것을 특징으로 하는 굴곡 강화 광섬유.
- [0029] 광섬유의 MPI(Multi-Path Interference) 특성은 1310nm, 1550nm 및 1625nm 파장에서 -30dB 이하인 것이 바람직하다.
- [0030] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 굴곡 강화 광섬유를 구비한 굴곡 강화 광케이블이 제공된다.

**발명의 효과**

- [0031] 본 발명은 굴곡손실 특성의 향상과 함께 코팅층이 종래에 비해 얇게 설계될 수 있는 장점이 있다. 따라서, 굴곡손실을 줄이면서도 종래에 비해 광케이블의 심선을 증가시킬 수 있으며 제조비용을 절감할 수 있다.
- [0032] 본 발명에 따른 굴곡 강화 광섬유는 부피의 소형화가 가능하면서도 외부에서 가해지는 압력으로부터 광섬유를 효과적으로 보호할 수 있으며, 주거지역에 많이 존재하는 90도 내외의 심한 굴곡 환경이나 장력이 작용하는 가혹한 설치 조건에서도 전송손실을 최소화할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0033] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술되는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.
- 도 1은 일반적인 광섬유의 구조를 도시한 절개 사시도,
- 도 2는 본 발명에 따른 굴곡 강화 광섬유의 구성을 도시한 단면도,
- 도 3은 본 발명에 채용 가능한 트렌치 타입 인덱스 프로파일을 도시한 그래프,
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 굴곡 강화 광섬유와 일반적인 광섬유가 적용된 광케이블의 크기를 비교한 단면도,
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 굴곡 강화 광섬유와 일반적인 광섬유의 마이크로 밴딩(Micro-bending) 특성 평가 결과를 나타낸 그래프,
- 도 6은 r1:r2 비율과 제1 코팅층 및 제2 코팅층의 모듈러스에 따른 상온 마이크로 밴딩 특성과 기계적 특성을

나타낸 테이블,

도 7은 240 $\mu$ m 이하의 얇은 코팅 광섬유에 대한 상온 마이크로 밴딩 특성을 나타낸 테이블,

도 8은 240 $\mu$ m 이하의 얇은 코팅 광섬유에 대한 양방향 접속손실 특성을 나타낸 테이블이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 굴곡 강화 광섬유의 구성을 도시한 단면도이다.
- [0036] 도 2를 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 굴곡 강화 광섬유(100)는 코어(101), 클래딩(102) 및 코팅층(103)을 구비하고, 코팅층(103)의 외경(D<sub>a</sub>)이 240 $\mu$ m 이하인 구조를 갖는다. 여기서, 본 발명은 코어(101), 클래딩(102) 및 코팅층(103) 간의 두께 비율이 도면에 도시된 예에 한정되지 않음은 물론이다.
- [0037] 코어(101)는 광섬유 중심에 위치하고, 클래딩(102)은 코어(101)의 외부를 둘러싸도록 형성된다. 클래딩(102)은 코어(101)에 비해 낮은 굴절률을 가지며, 그 외경(D<sub>b</sub>)은 바람직하게 125 $\mu$ m 수준으로 설계된다.
- [0038] 클래딩(102) 내에는 상기 클래딩(102)에 비해 상대적으로 굴절률이 낮은 영역이 구비된다. 이 영역은 트렌치 구조로 이루어지는 것이 바람직하나, 본 발명이 이에 한정되지 않음은 물론이다. 트렌치 영역은 도 3에 도시된 바와 같은 트렌치 타입 인덱스 구조를 갖는 영역으로서, 코어(101)와 근접해 있는 클래딩(102) 부분의 인덱스는 최외곽의 인덱스와 유사하게 유지하고, 인덱스 감소 부분은 코어(101)와 적정 거리를 유지하는 형태의 인덱스 프로파일을 제공한다.
- [0039] 굴곡 강화 광섬유(100)에 있어서, 클래딩(102) 내의 트렌치 영역은 Basket Weave법에 의한 마이크로 밴딩 손실 측정시 1550nm에서 마이크로 밴딩 손실이 0.02dB/km인 굴곡손실 특성을 제공한다. Basket Weave법은 TIA/EIA TSB62-13 표준에 명시된 마이크로 밴딩 손실 평가 방법 중 하나이다. Basket Weave법에 따라 광섬유와 동일한 특성을 갖는 퀴즈 보빈에 2.5km 길이의 광섬유를 일정 장력과 선속 조건을 적용하여 권취하게 되면 광섬유끼리 겹치면서 마이크로 밴딩 환경이 생성된다. 이 상태에서의 손실과 일반 스펴(Spool) 상태의 1550nm 손실값 차이가 마이크로 밴딩 손실 특성이 된다. 참고로, 굴곡 강화 광섬유(100)가 SI(Step Index) 구조를 갖는 경우에는 Basket Weave법에 의한 마이크로 밴딩 손실 측정시 1550nm에서 마이크로 밴딩 손실이 0.02dB/km 이하 수준으로 발생하게 된다.
- [0040] 코팅층(103)은 클래딩(102)의 외부에 코팅된 제1 코팅층과 상기 제1 코팅층의 외부에 코팅된 제2 코팅층을 포함한다. 광섬유의 굴곡특성 향상과 소형화를 동시에 충족시키기 위하여 코팅층(103)의 최종 외경, 즉 전체의 외경(D<sub>a</sub>)은 240 $\mu$ m 이하의 범위 내에서 설계된다. 일반적으로 코팅층(103)의 외경이 지나치게 얇은 경우에는 외부에서 가해지는 압력으로부터 광섬유를 효과적으로 보호할 수 없으며, 가혹한 설치조건에서 전송손실이 대폭 증가하는 문제가 발생하게 된다. 이러한 점을 감안하여 코팅층(103)의 외경(D<sub>a</sub>) 범위는 200~240 $\mu$ m로 한정되는 것이 바람직하다.
- [0041] 코팅층(103)에 있어서 쿠셔닝(Cushioning) 역할을 하는 제1 코팅층은 블로커(Blocker) 역할을 하는 제2 코팅층에 비해 상대적으로 낮은 모듈러스를 갖는 레진에 의해 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 제1 코팅층의 Tg(Glass Transition Temperature)는 -30 $^{\circ}$ C 이하이고, 제2 코팅층의 Tg는 50 $^{\circ}$ C 이상의 값을 갖는 것이 바람직하다. 이러한 구성에 의하면 코팅제가 자외선(UV)에 노출되었을 때 제1 코팅층은 부드럽게 경화되는 반면에 제2 코팅층은 딱딱한 상태로 경화될 수 있다. 특히, 제1 코팅층의 모듈러스가 상온에서 10MPa 이하, 제2 코팅층의 모듈러스가 상온에서 50~1000MPa의 조건을 만족하는 경우에는 상온에서 광섬유의 글래스 코어 부분을 보호하기에 적합하도록 부드러운 물성을 제공할 수 있으며, 주거지역에 많이 존재하는 90도 내외의 심한 굴곡 환경이나 장력이 작용하는 가혹한 설치 조건에서도 전송손실을 최소화하는 것이 가능하다.



- [0042] 상기 코팅층(103)은 통상의 Sol-Gel 분석법을 적용하여 경화 특성을 분석했을 때 경화도가 90% 이상인 것이 바람직하다. Sol-Gel 분석법에서는 광섬유를 일정 길이로 절단하여 광섬유 시편을 준비한 후 그 무게를 측정하고, 상기 광섬유 시편을 코팅층 레진의 용해가 가능한 80℃의 THF(Tetrahydrofuran) 용액에 2시간 동안 담가 놓는다. 이때 경화가 안된 코팅층의 레진이 THF 용액에 용해되며, 용해된 코팅층의 레진 무게 차이를 통해 경화도를 분석한다.
- [0043] 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 굴곡 강화 광섬유(100)는 클래딩(102) 내에 상대적으로 굴절률이 낮은 영역이 구비되고, 코팅층(103)의 모듈러스가 최적화됨으로써, 코팅층(103)의 외경(D<sub>s</sub>)이 240 $\mu$ m 이하로 소형화된 부피와 우수한 굴곡특성을 갖게 된다.
- [0044] 광섬유 굴곡 환경에 의한 광손실을 보다 효과적으로 줄이기 위하여, 제1 코팅층의 층 두께가 r1, 제2 코팅층의 층 두께가 r2일 때, r1/r2는 1~1.5의 조건을 만족하는 것이 바람직하다.
- [0045] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 굴곡 강화 광섬유(100)는 IEC60793-1-33 표준에 따라 2-point bending 방법으로 1 $\mu$ m/sec, 10 $\mu$ m/sec, 100 $\mu$ m/sec 및 1000 $\mu$ m/sec의 4조건을 적용하여 측정했을 때 응력부식 파라미터(Stress corrosion parameter, Nd)가 18 이상이고, 양방향 접속손실(Bidirectional Splice loss)은 0.1dB/km 이하인 물성을 갖는다.
- [0046] 또한, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 굴곡 강화 광섬유(100)는 -60~85℃의 온도 환경에서 상온 대비 손실 변화를 측정했을 때 손실 증가가 0.05dB/km 이하이고, 광섬유의 MPI(Multi-Path Interference) 특성이 1310nm, 1550nm 및 1625nm 파장에서 -30dB 이하인 물성을 갖는다.
- [0047] 상기와 같은 구성을 갖는 굴곡 강화 광섬유(100)는 수정화학기상증착법(MCVD)에 의해 제조된 광섬유 모재를 인선한 후 코팅공정을 진행함으로써 제조될 수 있다. 특히, 상기 광섬유 모재 제조공정에서는 클래딩(102) 형성시 상기 클래딩(102)에 비해 상대적으로 굴절률이 낮은, 바람직하게 트렌치 영역을 형성하는 공정을 수행하고, 상기 코팅공정에서는 코팅층(103)의 모듈러스를 최적화하는 한편, 코팅층(103)의 외경을 240 $\mu$ m 이하로 제어하는 공정을 수행한다.
- [0048] 본 발명에 따르면, 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이 케이블 시스(200) 내에 상술한 굴곡 강화 광섬유(100)가 다수 중입된 광케이블이 제공된다. 본 발명에 따른 광케이블은 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이 케이블 시스(20) 내에 일반 광섬유(10)가 중입된 광케이블과 동일한 광섬유 심선수를 갖도록 제조되더라도 전체 부피가 소형화될 수 있다.
- [0049] 구체적으로, 본 발명의 적용시 코팅층의 외경이 250 $\mu$ m인 일반 광섬유(10)에 비해 광섬유 1심당 20%의 부피를 감소시킬 수 있으며, 동일 사이즈의 소정 마이크로 덕트(Micro-duct) 내에 1.5배 이상으로 많은 광섬유 심선을 수용하는 것이 가능하다.
- [0050] 도 5에는 본 발명의 일 실시예에 따른 굴곡 강화 광섬유의 OTDR 그래프가 도시되어 있으며, 이 그래프를 통해 광섬유의 전송손실 특성을 확인할 수 있다. 도 5의 (a)와 (b)에 각각 도시된 두 부분의 피크(Peak) 영역은 평가 대상 광섬유의 시단과 종단에서 발생하는 접속손실을 나타내고, 상기 두 부분의 피크 사이에 존재하는 경사 부분으로부터 광섬유의 전송손실 특성을 평가할 수 있다.
- [0051] 도 5의 (a)는 마이크로 밴딩 특성이 우수한 광섬유의 1550nm 손실을 측정했을 때 나타나는 OTDR 그래프이며, 도 5의 (b)는 밴딩 환경에 취약한 광섬유를 측정했을 때 나타나는 OTDR 그래프이다. 광섬유의 특정 부분에 밴딩이 가해져서 전송되던 빛이 외부로 빠져나가 광과위가 감소하는 경우 그래프 기울기의 변곡점이 생기되고, 이에 따라 광손실값은 증가하게 된다. 코팅층(103)의 외경이 감소됨에 따라 외부에서 가해지는 힘을 차단하지 못하는 경우가 발생하지만, 본 발명에 따른 굴곡 강화 광섬유는 (a) 그래프와 같이 일반 광섬유와 동일하게 굴곡 환경에 의한 손실이 적음을 확인할 수 있다. 이는 모듈러스 같은 코팅 물성 및 굴곡 특성에 강한 최적의 1, 2차 코팅 두께 비율 및 광섬유 기하구조를 적용하였기에 가능하다.
- [0052] 도 6은 r1:r2 비율과 제1 코팅층(Primary) 및 제2 코팅층(Secondary)의 모듈러스에 따른 상온 마이크로 밴딩 특성과 기계적 특성인 Coating strip force(C.S.F)와 Delamination 특성을 나타낸다. 여기서, 유리 전이온도(Glass Transition Temperature, Tg) 특성은 동일하게 적용하였다. r1:r2가 1:1이고, 제1 코팅층의 모듈러스가 10MPa 이하이고, 제2 코팅층의 모듈러스가 1000MPa 이하일 때, 마이크로 밴딩 특성(MB)은 상온에서 0.02dB/km 수준을 확보하였다. 이 구조에서 r1을 더 증가시킬 경우 마이크로 밴딩 특성은 개선의 여지가 있지만, Delamination이 250 $\mu$ m 광섬유 대비 저하될 가능성이 있다. 반면에, r2가 증가하면 기계적 강도 특성은 좋아지지



만, 마이크로 밴딩 특성이 급격히 저하되기 때문에 적합한 구조가 아님을 확인할 수 있다. Delamination 특성은 일반 250 $\mu$ m 코팅경을 갖는 광섬유와 동등 수준이거나 80% 이상을 만족하는 수준이어야 한다. 일반 광섬유의 Delamination이 400~500g 조건에서 발생한다면, 적어도 300~400g 일 때 기타 특성들도 양품 수준을 만족한다.

[0053] 도 7은 240 $\mu$ m 이하의 얇은 코팅 광섬유에 대한 상온 마이크로 밴딩 특성을 나타낸 테이블이다. 광섬유 스폴 상태에서 1550nm의 손실값과 Basket weave법으로 측정된 1550nm 손실의 차이를  $\Delta$ MB라고 했을 때, 상온에서  $\Delta$ MB는 0.02dB/km 이하로 250 $\mu$ m 코팅경을 갖는 일반 광섬유와 유사한 마이크로 밴딩 특성의 확보가 가능함을 확인하였다.

[0054] 도 8은 240 $\mu$ m 이하의 얇은 코팅 광섬유에 대한 양방향 접속손실 특성을 나타낸 테이블이다. 1310nm 파장과 1550nm파장에서 측정했을 때 양방향 접속손실은 0.1dB/km 이하를 만족함으로써 250 $\mu$ m 코팅경을 갖는 일반 광섬유와 유사한 접속손실 특성의 확보가 가능함을 확인하였다.

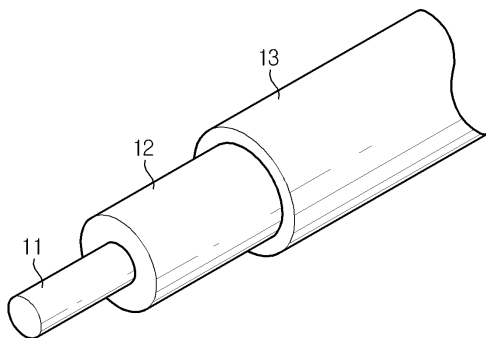
[0055] 이상에서 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

**부호의 설명**

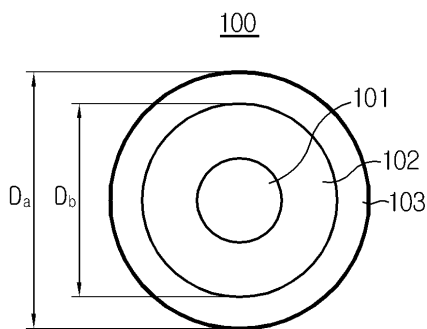
- |        |                |          |
|--------|----------------|----------|
| [0056] | 100: 굴곡 강화 광섬유 | 101: 코어  |
|        | 102: 클래딩       | 103: 코팅층 |
|        | 200: 케이블 시스    |          |

**도면**

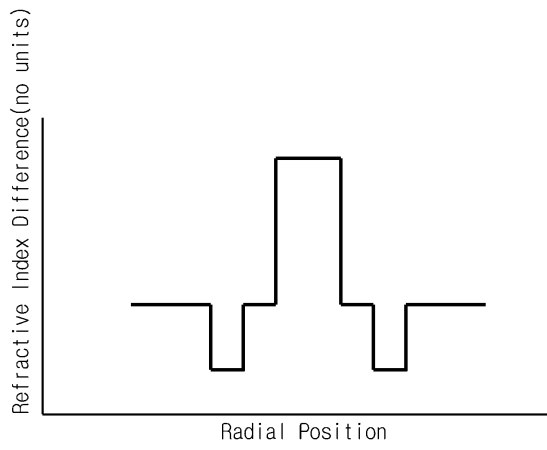
**도면1**



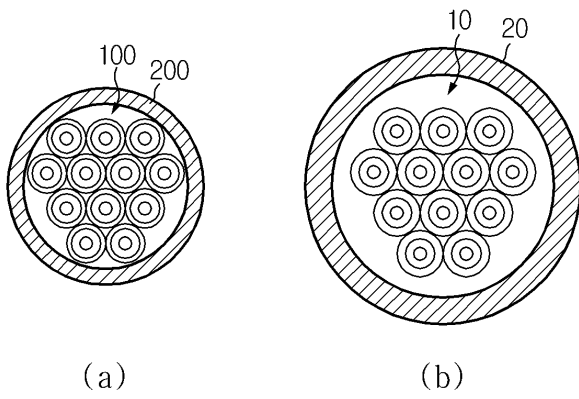
**도면2**



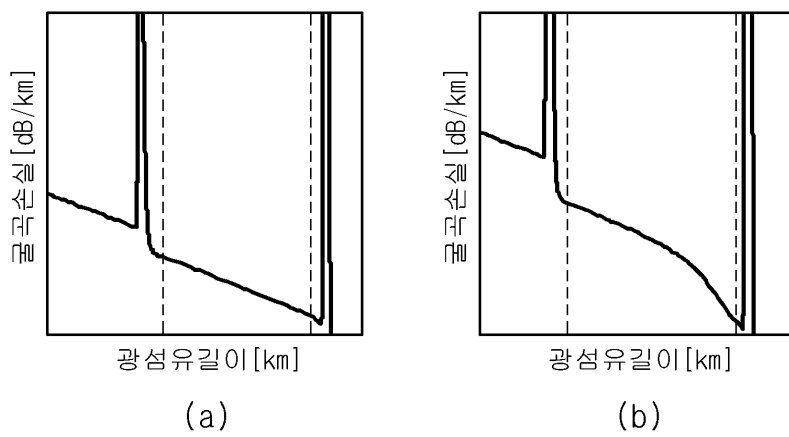
도면3



도면4



도면5



도면6

r1: r2	Modulus		$\Delta$ MB @ RT, 1550nm	C.S.F(N)	Delamination(g)
	Primary	Secondary			
1:1	<1	<1000	$\leq 0.02$	1.8~2.0	350~400
	<10	<1000	$\leq 0.02$	1.7~1.9	350~400
1.5:1	<1	<1000	$\leq 0.01$	1.8~2.0	300~350
	<10	<1000	$\leq 0.01$	1.7~1.8	300~350
1:2	<1	<1000	$\leq 0.05$	2.0~2.2	400~450
	<10	<1000	$\leq 0.07$	2.0~2.2	400~450

도면7

Sample No.	MB 측정결과		
	1550손실 (@RT)	1550손실 (MB@RT)	$\Delta$ 손실 (MB@RT)
1	0.192	0.211	0.019
2	0.199	0.204	0.012
3	0.197	0.214	0.017
4	0.198	0.210	0.012
5	0.197	0.215	0.018
6	0.195	0.208	0.013
7	0.199	0.213	0.014
8	0.198	0.218	0.020
9	0.193	0.209	0.016
10	0.196	0.205	0.009

도면8

No.	측정 파장		No.	측정 파장	
	1310nm	1550nm		1310nm	1550nm
1	-0.13	-0.15	6	-0.08	-0.11
	0.15	0.18		0.20	0.23
Splice loss	0.01	0.02	Splice loss	0.06	0.06
2	-0.05	-0.06	7	-0.19	-0.21
	0.15	0.20		0.29	0.31
Splice loss	0.05	0.07	Splice loss	0.05	0.05
3	-0.13	-0.13	8	-0.12	-0.13
	0.19	0.19		0.23	0.26
Splice loss	0.03	0.03	Splice loss	0.06	0.07
4	-0.16	-0.14	9	-0.03	-0.08
	0.19	0.17		0.14	0.20
Splice loss	0.02	0.02	Splice loss	0.06	0.06
5	-0.30	-0.34	10	-0.30	-0.34
	0.41	0.46		0.41	0.46
Splice loss	0.06	0.06	Splice loss	0.06	0.06