(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년11월03일
(11) 등록번호 10-0866266
(24) 등록일자 2008년10월27일

(51) Int. Cl.
C03B 37/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2002-0035575
(22) 출원일자 2002년06월25일
심사청구일자 2007년03월27일
(65) 공개번호 10-2003-0001350
(43) 공개일자 2003년01월06일
(30) 우선권주장
09/891,903 2001년06월26일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP60090852 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
피텔 유.에스.에이. 코포레이션
미국 조지아주 30071 노크로스 슈트 에프020 노스 이스트 익스프레스 웨이 2000
(72) 발명자
창카이에이치.
미국조지아30024스와니베이스워터드라이브170
칼리시데이비드
미국조지아30076로스웰트루헤지트레이스330
밀러토마스존
미국조지아30022알파레타배니언레인3735
(74) 대리인
이병호, 장훈

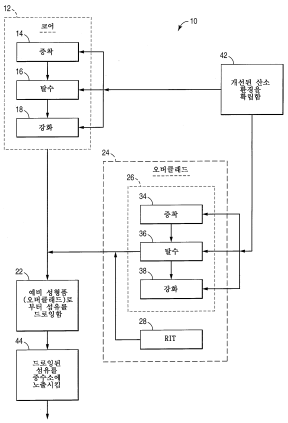
전체 청구항 수 : 총 3 항 심사관 : 장기완

(54) 개선된 산소 화학량론과 중수소 노출단계를 사용함으로써광섬유를 제조하는 방법 및 장치

(57) 요 약

본 발명의 실시예들은 섬유의 수명에 대해서 수소 노화 손실이나 노화 현상이 감소된 광섬유의 제조 방법(10)과 상기 광섬유를 포함하는 광섬유 시스템을 포함한다. 하나 이상의 예비성형품 제조 단계(42) 동안 개선된 규소-산소 화학량론은 광섬유 예비성형품에서 발생한 Si 결함물의 양을 감소시킨다. 또한, 예비성형품으로부터 드로잉된 광섬유의 중수소 노출 단계(44)는 물 흡수 손실의 증가에 기여하는 분자들을 형성하기 위하여 시간이 경과하여 수소 원자를 당겨서 수소원자와 결합하는 광섬유에서의 Si 결함물과 같은 원자 결함물을 가질 가능성을 감소시킨다. 본 방법은 투과성이 개선된 광섬유를 제조하며, 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른 방법으로 제조된 광섬유는 1385 나노미터(nm)에서 0.33 dB/km 보다 작은 투과 손실을 가지며, 상기 드로잉된 광섬유는 1385 나노미터(nm)에서의 투과 손실에서 장래의 수소 노화 증가를 0.04 dB/km보다 작게 제한할 수 있는 기간 동안 중수소 함유 대기에 노출된다..

대 표 도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌
JP60141634 A
JP60215538 A
JP07277770 A*
KR1020000031179 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

특허청구의 범위

청구항 1

광섬유의 제조 방법(10)에 있어서,

클래딩 영역으로 둘러싸인 코어 영역을 갖는 유리 코어 로드를 그을음 증착에 의해서 형성하는 단계(14)와;

산소; 및 염소 함유 가스와 불소 함유 가스와 일산화탄소 중 적어도 하나를 포함하는 제 1 환경에서 상기 유리 코어 로드를 탈수시키는 단계(16)와;

산소 풍부나 산소 결핍도 없는 환경을 조성하기 위해 상기 제 1 환경의 산소 화학량론을 조정하는 단계와;

상기 유리 코어 로드를 강화시키는 단계(18)와;

오버클래드 광섬유 예비성형품을 형성하기 위해 상기 유리 코어 로드 주위에 오버클래드 영역을 형성하는 단계(24,26,28)와;

상기 오버클래드 광섬유 예비성형품으로부터 섬유를 드로잉하는 단계(22); 및

드로잉된 광섬유를 실온에서 중수소 함유 대기에 노출시키는 단계(44)를 포함하는 광섬유 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 오버클래드 영역 형성 단계(24)는,

상기 유리 코어 로드 주위에 그을음을 증착시키는 단계(34)와;

산소; 및 염소 함유 가스와 불소 함유 가스와 일산화탄소 중 최소한 하나를 포함하는 제 2 환경에서 증착된 그을음을 탈수시키는 단계(36)와;

산소 풍부나 산소 결핍도 없는 환경을 조성하기 위해 상기 제 2 환경의 산소 화학량론을 조정하는 단계; 및

상기 유리 코어 로드 주위에서 상기 증착된 그을음을 강화시키는 단계(38)를 추가로 포함하는 광섬유 제조 방법.

청구항 3

광섬유의 제조 방법(10)에 있어서,

클래딩 영역으로 둘러싸인 코어 영역을 갖는 유리 코어 로드를 그을음 증착에 의해 형성하는 단계(14)와;

산소; 및 염소 함유 가스와 불소 함유 가스와 일산화탄소 중 최소한 하나를 포함하는 제 1 환경에서 상기 유리 코어 로드를 탈수시키는 단계(16)와;

산소 풍부나 산소 결핍도 없는 환경을 조성하기 위해 상기 제 1 환경의 산소 화학량론을 조정하는 단계와;

상기 유리 코어 로드를 강화시키는 단계(18)와;

오버클래드 광섬유 예비성형품을 형성하기 위해 상기 유리 코어 로드 주위에 오버클래드 영역을 형성하는 단계(24,26,28)와;

상기 오버클래드 광섬유 예비성형품으로부터 섬유를 드로잉하는 단계(22); 및

드로잉된 광섬유를 실온에서 중수소 함유 대기에 노출시키는 단계(44)를 포함하며,

상기 광섬유는 1385 나노미터(nm)에서 0.33 dB/km보다 작은 투과 손실을 가지며,

상기 드로잉된 광섬유는 1385 나노미터(nm)에서의 투과 손실에서 장래의 수소 노화 증가를 0.04 dB/km보다 작게 제한할 수 있는 기간 동안 중수소 함유 대기에 노출되는 광섬유 제조 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<11> 본 발명은 광섬유에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 700 내지 1600 나노미터의 파장 영역에 대해서 개선된 투과성을 갖는 광섬유의 제조과정에 관한 것이다.

<12> 광섬유는 통상적으로 코어 보다 낮은 굴절율을 갖는 보호 유리 클래딩(a protective glass cladding)에 의해서 둘러싸이는 굴절 유리 코어(glass core)를 갖는 단단한 유리 로드를 일반적으로 포함하는 광학 예비성형품(optical preform)을 가열하여 드로잉(drawing)함으로써 제조된다. 유리 섬유는, 예를 들어, 방사물에 의해서 경화된 하나 이상의 보호 코팅 재료로 코팅된다.

<13> 종래에는, 변형 화학 증기 증착(OVD), 증기 축방향 증착(VAD) 및 외부 증기 증착(OVD)을 포함하는 광학 예비성형품을 제조하기 위한 여러 공정이 존재한다. 종래의 증기 축방향 증착(VAD)과 외부 증기 증착(OVD) 공정들에서, 유리 입자들의 층들 또는 그을음(soot)은 스타터 로드(starter rod)의 각 외면 또는 각 단부면 상에 증착된다. 증착된 그을음층들은 그 다음, 예를 들어, 염소 또는 불소 함유 환경(environment)에서 건조 또는 탈수되고 소결 또는 강화되어서 단단한 예비성형품의 코어 로드를 형성한다.

<14> 일단, 예비성형품의 코어 로드가 형성되면, 광섬유는 그로부터 직접 드로잉되거나 또는 다른 방안으로, 하나 이상의 오버클래드 층(overclad layers)이 광섬유를 드로잉하기 전에 그 위에 형성된다. 오버클래드 층은, 예를 들어, 예비성형품의 코어 로드를 형성할 때 사용된 것과 유사한 그을음 증착 기술로써 예비성형품의 코어 로드 상에 형성된다. 다른 방안으로, 오버클래드 층은 예비성형품의 코어 로드 주위에서 규화기(silica-based) 튜브 또는 슬리브를 접음으로써 형성된다. 이러한 공정은 통상적으로 로드-인-튜브[Rod-In-Tube;RIT] 공정으로 지칭된다. 예를 들어, 본원과 공통 출원인의 미국 특허 제 4,820,322호를 참조하시오.

<15> 광섬유의 투과성은 , 예를 들어, 레일리 스캐터링(Rayleigh scattering)과 같은 스캐터링, 수산기 이온(OH) 흡수와 같은 섬유 벤딩 및 흡수를 포함하는 다수의 인자들에 기초하여 변화된다. 수산기 이온(OH) 흡수 또는 "물" 흡수는 다른 방안으로는 상대적으로 낮은 투과 손실의 700 내지 1600 나노미터의 파장 영역 즉, 많은 전류 광학 시스템이 작동하는 파장 영역에서 유용 대역폭을 감소시키기 때문에, 특히 유익하다.

<16> 섬유에서 수산기-이온의 진동성 상음(overtones)으로 인한 수산기 이온(OH) 흡수는 통상적으로 700 내지 1600 나노미터의 파장 영역 내에서의 3개의 손실 피크: 950nm, 1240nm 및 1385nm를 유발한다. 상기 물 손실 피크(water loss peaks) 특히, 1 ppm 만큼 낮은 수산기 이온(OH)의 농도는 단일 모드의 섬유에서 1385nm의 65dB/km 만큼 큰 손실을 유발하므로, 1385nm 주위에서 센터링된 물 손실 피크를 감소시키는 것이 바람직하였다. 또한, 1385nm에서 물 손실 피크가 감소하면, 1200 내지 1600nm로부터 상대적으로 작은 투과 손실의 연속 영역(uninterrupted region)을 효과적으로 제공한다. 1200 내지 1600nm로부터의 파장 영역은 인화 인듐(InP)기 소스[Indium Phosphide-based sources]와 같은 광원의 풍부한 유용성 때문에, 특히 유익하다. 본원의 양수인에게 양도되고 본원과 공통 출원인의 미국 특허 제 6,131,415 호를 참조하시오.

<17> 물 손실의 악 영향을 감소하기 위한 종래 기술은 고온(예를 들어, 약 섭씨 1000도)의 OD에서 OH 변환 반응에서 수소 원자를 중수소 원자로 교환하는 과정을 포함한다. 예를 들어, 미국 특허 제 4,445,918호; 미국 특허 제 4,583,997호; 및 미국 특허 제 4,389,230호에는, 중수소가 광섬유 예비성형품의 제조의 여러 단계 동안 제공된다. 또한, 광섬유 예비성형품이 OH 결함물(defect)을 감소시키기 위하여 고강도 빛과 함께 중수소에 노출되는 미국 특허 제 4,685,945호를 참조하시오.

<18> 광섬유를 포함하는 유리 몸체에서 굴절율의 변화를 일으키기 위하여 중수소가 사용된다는 사실을 주목해야 한다. 예를 들어, 본원의 양수인에게 양도되고 본원과 공통 출원인의 미국 특허 제 5,930,420호; 미국 특허 제 5,500,031호 및 미국 특허 제 4,515,612호들을 참조하시오.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<19> 감소시키거나 또는 제거해야 할 다른 유형의 흡수 손실은 섬유의 수명 동안 발생하는 수소 노화 손실(hydrogen aging loss)을 포함하는 노화 손실이다. 이러한 손실은, 예를 들어, 광섬유 케이블 환경 내에서, 광섬유 환경의 수소와 광섬유의 여러 결함물 사이에서의 화학 반응으로 인하여 발생하는 것으로 사료된다. 이러한 결함물은 제조공정 동안 광섬유 안으로 도입된, 예를 들어, 게르마늄(Ge) 결함물과 규소(Si) 결함물을 포함한다. 광

섬유 안으로 용이하게 확산되기 위하여, 예를 들어, 수소의 기능(ability)에 의해서 화학 반응이 일어날 수 있다.

<20> 단일 모드의 광섬유를 포함하는 광섬유를 제조하기 위한 유용한 방법과 또한 이러한 광섬유를 포함하는 광섬유 시스템과 광섬유의 수명에 대해서 노화 현상 또는 수소 노화 손실을 더욱 감소시키는 방법을 가지는 것이 바람직할 수 있다.

발명의 구성 및 작용

<21> 본 발명은 섬유의 수명에 대해서 수소 노화 손실이나 노화 현상이 감소된 광섬유의 제조 방법과 상기 광섬유를 포함하는 광섬유 시스템에서 구현된다. 본 발명의 실시예들은 물 흡수 손실의 증가에 기여하는 분자들을 형성하기 위하여 시간이 경과하여 수소 원자를 당겨서 수소원자와 결합하는 광섬유에서의 Si 결함물과 같은 원자 결함물을 가질 가능성을 감소시키도록, 예비성형품으로부터 드로잉된 광섬유의 중수소 노출과 연관된 광섬유 예비성형품에서 Si 결함량을 감소시킬 목적으로 섬유 제조 환경에서 개선된 규소-산소 화학량론을 제공한다. 이러한 개선된 규소-산소 화학량론은 형성되어서 차후에 이산화규소 유리에서 포획되는 산소-풍부-결함물(Si-O-O-Si 결함물)의 수를 감소시키는 과도한 산소 원자를 가지도 않고, 형성된 산소-결핍-결함물(Si-Si-결함물)의 수를 감소시키는 산소 원자의 결핍도 나타나지 않는다. 또한, 차후의 중수소 노출 단계 동안, 중수소 원자들은 Si-O · 결함물들과 Si · 결함물들과 같은 Si 결함물들과 반응하여 SiOD 또는 SiD를 각각 형성하므로, 섬유에서 Si 결함물의 양을 감소시키고 통상적으로 섬유에서 SiOH와 SiH 손실을 유발하는, 차후에 Si 결함물들과 수소 사이의 반응량을 감소시킨다.

<22> 본 발명의 실시예에 따른 광섬유의 제조 방법은 광섬유의 예비성형품을 제조하는 단계와, 상기 예비성형품으로부터 섬유를 드로잉하는 단계와, 예를 들어, 도로잉된 섬유를 약 6일 동안 실온에서 약 0.01의 중수소 대기의 분압(partial pressure) 또는 약 1.5 일 동안 실온에서 약 0.05의 중수소 대기의 분압을 갖는 중수소 대기로 노출시킴으로써, 도로잉된 섬유를 중수소에 노출시키는 단계를 포함한다. 섬유 제조 단계들은 유리 코어 로드를 형성하는 단계와, 유리 코어 로드를 탈수시키는 단계와, 유리 코어 로드를 강화시키는 단계 및 유리 코어 로드 주위에서 오버클래드 영역을 형성하는 단계를 포함한다. 본 발명의 실시예에 따라서, 가스의 분압이 산소-풍부나 또는 산소 결핍도 나타나지 않는 환경을 제공하도록 확립되거나 및/또는 조정되는 상태에서, 산소 또는 산소와 하나 이상의 염소 함유 가스, 불소 함유 가스 및/또는 일산화탄소를 함유하는 대기에서 발생한다. 다른 방안으로, 오버클래드 영역 형성 단계는 가스의 분압이 개선된 규소 산소 화학량론에 대해서 확립된 상태에서 유사한 대기에서 발생한다.

<23> 본 발명의 실시예들에 따른 방법으로 제조된 광섬유는 개선된 투과성을 가진다. 예를 들어, 본 발명의 광섬유는 1385 나노미터(nm)에서 0.33 dB/km 보다 작은 투과 손실을 가지며, 상기 드로잉된 광섬유는 1385 나노미터(nm)에서의 투과 손실에서 장래의 수소 노화 증가를 0.04 dB/km보다 작게 제한할 수 있는 기간 동안 중수소 함유 대기에 노출된다.

<24> 첨부된 도면을 통해서 본 발명의 이해를 증가시키기 위하여, 유사 구성요소에 대해서는 유사 부호를 사용하여 하기에 기술한다.

<25> 또한, 비록, 특정 형태, 구성 및 배열에 대해서 하기에 기술하였지만, 이것은 단지 이해를 위해서만 기술하였다는 것을 이해해야 한다.

<26> 관련 분야에 숙련된 기술자는 본 발명의 정신 및 범주 내에서 다른 단계, 구성 및 배열도 유용할 수 있다는 사실을 인식할 것이다.

<27> 도 1에는, 본 발명의 실시예에 따른, 단일 모드의 광섬유을 포함하는, 광섬유를 제조하기 위한 방법의 단순화된 블록도가 도시되어 있다.

<28> 본 방법(10)은 광섬유를 드로잉하는 예비성형품의 코어 로드부를 형성하는 단계(12)를 포함한다. 코어 로드를 제조하는 한 전형적인 방식은 그을음 증착 단계(14)와, 탈수 단계(16) 및 강화 단계(18)를 포함한다.

<29> 탈수 단계(16)는 유리 코어 로드를 형성하기 위하여 이산화규소 스타터 로드(silica starter rod)와 같은 스타터 로드 상에 유리 입자(또는 그을음)의 층을 증착시키는 공정을 포함한다. 증기 축방향 증착(VAD) 공정에서, 그을음은 스타팅 로드의 단부면 상에서 증착되어서 반경방향으로 축적되며, 외부 증기 증착(OVD) 공정에서, 그

을음은 스타팅 로드의 외면 상에 증착되어서 축방향으로 축적된다. 그을음 입자들은, 예를 들어, 굴절율 도핑을 위한 불소 및 인화물, 게르마늄과, 유리 제조 요소의 이산화규소(SiO_2)를 형성하기 위하여 산소와 반응하는 4염화 규소($SiCl_4$)과 같은 증기 합성물을 포함한다.

<30> 탈수 단계(16)는 증착된 그을음을 건조 또는 탈수시키는 공정을 포함한다. 통상적으로, 증착된 그을음 몸체는 스타터 로드로부터 제거되어서 약 섭씨 1200 도의 온도에서 건조 가스를 함유하는 환경을 통과한다. 상기 가스는, 예를 들어, 산소, 불소, 불소 함유 가스, 염소, 염소 함유 가스를 포함한다. 본원에서 설명을 목적으로, 불소 함유 가스는 도핑 및/또는 탈수를 위해서 사용하는 것으로 공지되어 있고 불소를 함유하는 가스이다. 유사하게, 본원에서 설명을 목적으로, 염소 함유 가스는 도핑 및/또는 탈수를 위해서 사용하는 것으로 공지되어 있고 염소를 함유하는 가스이다. 상기 단계에서 코어 로드는 다공성이므로, 그을음 몸체, 불소 또는 염소 가스는 코어 로드 안으로 스며들어서 그로부터 수산기 이온(OH)을 제거한다. 수산기 이온(OH)이 제거되는 비율은, 예를 들어, 탈수 온도, 탈수 환경을 통과하는 몸체의 속도 및 불소 또는 염소의 가스 유동 비율에 따라 좌우된다. 광섬유로부터 제거되지 않은 수산기 이온(OH)은 본원에서 상기 기술한 바와 같이, 광섬유 투과 손실에 기여하는 OH 흡수 또는 "물" 흡수에 기여한다.

<31> 강화 단계(18)는 탈수된 코어 로드를 동질성 상태로 소결 또는 강화시킨다. 예를 들어, 강화 단계(18)는 탈수된 코어 로드를 약 1500℃의 온도에서 산소 및 헬륨 환경을 통과시키는 공정을 포함한다. 이 단계 동안, 증착된 그을음 입자들은 단단하고, 상대적으로 빽빽한 유리 코어 로드 안으로 소결된다. 종래의 탈수 및 강화 단계들에 관한 상세한 설명은, 예를 들어, 1976년 1월 20일자에 발행된 미국 특허 제 3,933,454호에 기재되어 있다.

<32> 일단, 코어 로드가 형성되면, 다음 단계(22)는 광섬유를 드로잉하는 것이다. 비록, 형성 단계(12)에 의해서 형성된 유리 코어 로드로부터 광섬유를 드로잉할 수 있지만, 유리 코어 로드는 통상적으로 광섬유가 드로잉되기 전에 오버클래드 예비성형품을 형성하기 위하여 오버클래드 단계(24)에 의해서 오버클래드된다. 코어 로드 주위에 오버클래드 영역을 형성하는 것은 더욱 큰 예비 성형품을 제조하기 위한 것이며, 이것은 더욱 작은 비-오버클래드 예비성형품 보다 예비성형품에 비례한 더욱 많은 드로잉 섬유를 생산한다.

<33> 오버클래드 단계(24)는, 예를 들어, 오버클래드 그을음 증착 기술(26) 또는 다른 방안으로는, 로드-인-튜브(RIT) 기술(28)에 의해서 코어 로드 주위에 하나 이상의 오버클래드 영역을 형성한다. 코어 로드 주위에 오버클래드 영역을 형성하는 것은 오버클래드 코어 로드 즉, 오버클래드 광섬유 예비성형품에서 행해진다. 오버클래드 그을음 증착 기술(26)은 유리 코어 로드의 제조 단계(12)에 대해서 상기 기술한 그을음 증착 단계(14,16,18)와 유사하다. 오버클래드 그을음 증착 기술(26)은 유리 제조 그을음 입자들을 미리 형성된 유리 코어 로드 상에 증착하는 단계(34)와, 증착된 그을음 입자들을 탈수시키는 단계(36)와, 증착된 입자들을 코어 로드 주위의 오버클래드 영역 안으로 강화시키는 단계(38)를 포함한다.

<34> 로드-인-튜브(RIT) 기술(28)은, 예를 들어, 예비성형품의 코어 로드 주위에 규화 염기 튜브 또는 슬리브와 같은 튜브 또는 슬리브를 접는 공정을 포함한다. 특히, 오버클래드 튜브는 이 오버클래드 튜브가 유리 코어 로드 상에 접혀져서 오버클래드 광섬유 예비성형품을 형성하도록 실행하기 위하여, 유리 코어 로드 주위에 배치되어서 그 길이를 따라서 가열된다. 예를 들어, 본원과 공통 출원인의 미국 특허 제 4,820,322호를 참조하시오.

<35> 유리 제조 그을음 입자들은 VAD 또는 OVD와 같은 공정을 사용함으로써 증착된다. 증착된 그을음 입자들은 통상적으로 4염화 규소와 같은 유리 제조 합성물을 포함하지만, 코어 로드를 제조하기 위해서 사용된 그을음 입자들과는 다르게, 일반적으로 게르마늄, 인과 불소와 같은 추가 도핑 재료를 함유하지 않는다. 일단, 오버클래드 그을음 입자들이 코어 로드 상에 증착되면, 오버클래드 그을음 입자들은 , 예를 들어, 약 섭씨 1200 도의 온도에서 산소, 불소, 불소-함유 가스, 염소 또는 염소 함유 가스와 같은 건조 가스를 함유하는 환경에서 탈수된다. 탈수 공정은, 예를 들어, 오버클래드 그을음 몸체로부터 OH 이온들을 제거하기 위해서 실행된다. 상기 기술된 바와 같이, 광섬유 예비성형품의 여러 영역에서 OH 이온들이 존재한다는 것은 문제성이 있다. 강화공정은, 예를 들어, 약 1500℃의 온도에서 산소 및 헬륨 환경에서 일어난다. 강화공정은 증착된 그을음 층들을 코어 로드를 둘러싸는 오버클래드 영역 안으로 응고시킨다.

<36> 일단 광섬유 예비성형품이 형성되면, 예비성형품으로부터 광섬유를 드로잉하는 단계(22)가 실행된다. 섬유 드로잉 단계(22)는 예비성형품의 가열된 단부로부터 광섬유를 드로잉하는 공정을 포함한다. 예를 들어, 예비성형품은 수직으로 매달려서 제어된 비율로 노(furnace) 안으로 이동하여 상기 노를 통과한다. 예비성형품은 가열될 때(예를 들어, 약 2000℃까지)될 때 연화되고 유리 섬유는 노의 외부와 밑에서 다른 적당한 장치의 캡스턴(capstan)에 의해서 예비성형품의 용융 단부로부터 드로잉된다.

<37> 상기 기술한 바와 같이, 광섬유의 투과성은 수산기 이온(OH) 흡수(즉, "물" 흡수)를 포함하는 다수의 요소들에 의해서 영향을 받는다. 700 내지 1600 나노미터의 영역 내에서, 물 흡수는 약 950nm, 1240nm 및 1385nm에서 손실 피크(loss peaks)를 유발한다. 이러한 손실 피크는, 예를 들어, 700 내지 1600 나노미터의 파장 범위에서 통상적인 광섬유의 투과 손실의 그래프인 도 2a에 명확하게 도시되어 있다. 또한, 물 흡수 피크를 감소시키기 위한 많은 노력이 행해졌다. 예를 들어, 본원과 공통 출원인이고 본원의 양수인에게 양도된 미국 특허 제 6,131,415호[창(chang) 씨 등]를 참조하시오. 도 2b에는, 미국 특허 제 6,131,415호에 공개된 방법에 따른 700 내지 1600 나노미터의 파장 범위 내에 있는 광섬유의 투과 손실의 그래프가 도시되어 있다.

<38> 그러나, 다른 유형의 흡수 손실은 (수소) 노화 손실이다. 종래의 광섬유는 통상적으로 광섬유 노화와 같은 투과 손실이 증가되는 것을 경험한다. 이러한 것은, 예를 들어, 광섬유의 수명 동안, 광섬유에서 수소와 여러 결함물 사이의 화학 반응에 의해서 발생한다. 예를 들어, 광섬유의 게르마늄(Ge) 결함물과 광섬유를 둘러싸는 환경에 제공된 수소의 트레이스 량(trace amount) 사이의 화학 반응은 광섬유의 수명에 대해서 GeOH 손실에 기여한다.

<39> 섬유를 제조하는 동안 광섬유 안으로 도입된 규소 결함물은 통상적으로 섬유(또는 케이블) 환경에 제공된 수소와 규조 결함물 사이에서 시간에 대한 반응으로부터 유사하게 발생하는 섬유의 SiOH와 SiH 손실을 유발시킨다. 불행하게도, SiOH와 SiH 손실은 종종 더욱 커지고, 예를 들어, GeOH 손실 보다 섬유의 수명에 대해서 더욱 즉시 발생한다. 예를 들어, SiOH 노화 손실은 종종 1385nm에서 약 0.21dB/km 이상이 된다.

<40> 본 실시예에 따라서, 많은 SiOH 손실에 책임이 있는 것으로 사료되는 Si 결함물은 산소-풍부 결함물(Si-O-O-Si 결함물)이다. Si-O-O-Si 결함물은, 예를 들어, 너무 많은 산소를 갖는 환경에서 광섬유 예비성형품을 제조할 때 규조 유리에서 과도한 산소 원자에 의해서 유발되는 것으로 사료된다. 일단, Si-O-O-Si 결함물이 규소 유리에 나타나면, 차후의 열 동작[thermal operations;예를 들어, 섬유 드로잉]은 많은 Si-O-O-Si 결함물이 섬유에서 트랩(trap)되는 파괴된 Si-O 접착 결함물(Si-O · 결함물)로 변환되도록 유발한다. 시간에 대한 Si-O · 결함물은 수소 원자를 당겨서 상기 기술한 바와 같이, 물 흡수 손실을 유발하는 SiOH 분자를 형성한다.

<41> 본 실시예에 따라서, SiH 손실에 책임이 있는 것으로 사료되는 Si 결함물은 산소-결핍 결함물(Si-Si 결함물)이다. Si-Si 결함물은 산소 결핍 조건에서 광섬유 예비성형품(규소 유리)을 제조할 때 발생되는 것으로 사료된다. 차후의 열 동작은 파괴된 Si 접착 결함물(SI · 결함물)이 Si-Si 접착 결함물로부터 형성되도록 유발한다. Si 결함물은 섬유에서 트랩(trap)되고, 섬유 노화시에, Si 결함물은 1530nm에서 흡수 손실 피크를 유발하는 SiH 분자를 형성하기 위하여 수소 원자와 반응한다.

<42> 본 발명의 실시예에 따른, 노화 손실 및 다른 손실은 물 흡수 손실 또는 다른 손실을 증가시키는데 기여하는 분자들을 형성하기 위해서, 시간이 경과하여 수소 원자를 당겨서 수소 원자와 결합하는 광섬유 예비성형품과 광섬유 드로잉에서 산소-풍부 또는 산소-결핍 Si 결함물이 발생할 가능성을 감소시키도록, 섬유 제조 환경에서 개선된 화학량론 조건을 제공함으로써, 감소될 수 있다. 특히, 과도한 산소 원자를 갖지 않는 환경이 확립되고, 환경은 형성되어서 차후에 규소 유리에서 트랩되는 Si-O-O-Si 결함물의 수를 감소시킨다. 또한, 산소-결핍이 아닌 환경이 확립되며, 이 환경은 형성된 Si-Si 결함물의 수를 감소시킨다.

<43> 개선된 산소 환경은, 예를 들어, 광섬유 제조 공정 동안 하나 이상의 단계에서 산소 화학량론을 조정함으로써 확립된다. 예를 들어, 산소-감소 조건을 조정함으로써, 코어 로드 형성 탈수 단계(16)가 형성되는 환경의 산소 화학량론은 환경이 과도한 산소 원자를 갖지 않고, 또한 환경이 산소 결핍되지 않는 방식으로 확립된다. 다른 방안으로는, 오버클래드 탈수 단계(36)가 형성되는 환경의 산소 화학량론이 상기 방식으로 확립된다. 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따라서, 코어 로드 형성 증착 단계(14) 및/또는 오버클래드 증착 단계(34)가 실행되는 환경의 산소 화학량론은 규소 재질이 과도한 산소 원자를 갖지 않거나 또는 산소 결핍이 없는 방식으로 확립된다. 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따라서, 코어 로드 형성 강화 단계(18) 및/또는 오버클래드 강화 단계(38)가 실행되는 환경의 산소 화학량론은 그 특수한 환경이 규소 재질이 과도한 산소 원자를 갖지 않거나 또는 산소 결핍되지 않는 방식으로 확립된다.

<44> 하나 이상의 상기 환경의 산소 화학량론은, 예를 들어, 특수한 특정 공정 단계에 기초하여 조정된다. 예를 들어, 산소 분압(partial pressure) 또는 다른 조건은 산화 조건을 개선하기 위하여 산소 유동비율을 선택된 환경 안으로 조정함으로써 상기 하나 이상의 환경에서 확립된다. 다른 방안으로, 예를 들어, 일산화탄소와 같은 가스를 도입하면 선택된 환경(들)에서 감소 조건을 개선한다. 또한, 예를 들어, 미리 확립된 산소 화학량론의 효과는 하나 이상의 상기 환경들의 산소 화학량론을 확립하기 위한 기초를 제공한다.

<45> 산소 환경은 통상적으로, 예를 들어, 온도, 유동비, 내구성, 그을음 밀도 프로파일과 반응 용기 크기 및 디자인과 같은 많은 요소들과 함수관계가 있다. 드로잉 섬유에서의 산소 시험은 섬유가 드로잉되는 예비성형품에서의 어떤 환경에 의해서 유발된 결함물의 수와 결함물 유형(즉, 산소-풍부 또는 산소-결핍)을 결정한다.

<46> 도 1에 있어서, 본 발명의 실시예는 원하는 환경의 산소 화학량론을 확립하는 단계(42)를 포함한다. 산소 화학량론은 하나 이상의 코어 로드 형성 단계(14,16,18)가 발생하는 환경 및/또는 하나 이상의 오버클래드 영역 형성 단계(34,36,38)들이 발생하는 환경에 대해서 확립된다. 예를 들어, 코어 로드의 제조 단계(12)에서, 개선된 화학량론은 탈수 단계(16)가 발생하는 환경에 대해서 확립된다. 즉, 산소 화학량론은, 예를 들어, 너무 많지도 않고 너무 적지도 않은 산소 원자들이 이산화규소 재질 안으로 통합되는 방식으로 유동비 조정 또는 다른 조건을 통해서 확립된다. 따라서, 광섬유 예비성형품에서의 Si 결함물을 발생시킬 가능성은 감소되며, 이것은 차례로, 예비성형품에서 드로잉되는 광섬유에서의 차후의 산소 노화 손실의 가능성을 감소시킨다. 통상적으로, 개선된 산소 화학량론은 코어 로드 형성 탈수 단계(16)가 발생하는 환경에 대해서 확립된다. 그러나, 본 발명의 실시예들은 어떤 하나 이상의 코어 로드 형성 공정 단계(14,16,18)들이 발생하는 환경의 산소 화학량론을 개선하는 공정을 포함한다.

<47> 또한, 도시된 바와 같이, 확립 단계(42)는 오버클래드 영역의 형성 단계(24)가 발생하는 환경, 즉, 하나 이상의 오버클래드 영역의 형성 단계(34,36,38)이 발생하는 하나 이상의 환경의 산소 화학량론을 개선하는 공정을 포함한다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른, 개선된 산소 화학량론은 오버클래드 탈수 단계(36)가 발생하는 환경에 대해서 확립된다. 그러나, 본 발명의 실시예들은 하나 이상의 오버클래드 영역 형성 단계(34,36,38)들이 발생하는 환경의 산소 화학량론을 개선하는 공정을 포함한다.

<48> 일단, 하나 이상의 개선된 산소 화학량론의 환경이 확립되면, 여러 코어 로드 및 오버클래드 영역의 형성 단계들이 실행되어서, 광섬유 예비성형품을 형성하거나 또는 더욱 일반적으로는, 오버클래드 광섬유 예비성형품을 형성하게 된다. 그때, 광섬유 드로잉 단계(22)가, 예를 들어, 상기 기술된 바와 같이, 실행된다.

<49> 비록, 단계(42)에 의해서 확립된 개선된 산소 화학량론 조건들이, 본 발명의 실시예들에 따라서 발생되는 광섬유 예비성형품에서 구체화되는 Si 결함물들의 발생가능성을 감소시키지만, 일단, 광섬유가 광섬유 예비성형품으로부터 드로잉되면, 다른 방지 단계를 실행하는 것이 유용하다. 본 발명의 실시예들에 따른, 드로잉 광섬유를 중수소에 노출시키는 단계(44)는 산소와 반응하여 산호 노화 손실이 증가되게 하는 광섬유에서의 Si 결함물의 가능성을 감소시킨다. 본원에서 상기 기술한 바와 같이, 이용가능한 Si의 결함물이 작을수록, 수소 분자들이 Si와 화학적으로 반응할 기회를 감소시키므로, 서비스 조건하의 광섬유에서 수소 노화 손실의 양을 감소시킨다.

<50> 일반적으로, 규소 함유 유리에서 중수소의 확산 특성은 수소의 확산 특성과 유사하기 때문에, 중수소는 상대적으로 짧은 시기에 극소의 원소들(microscopic atoms)을 통해서 확산된다. 확산 중수소 원자들이 Si-O 결함물들 또는 Si 결함물들과 같은 반응성 Si 결함물들과 충돌할 경우, 중수소 원자들은 그들과 반응하여서, 모두 각각 통신을 위해서 사용되는 700 내지 1600 나노미터의 파장 영역의 외부에서 흡수 손실이 작은 SiOD 또는 SiD를 형성한다. 따라서, 광섬유를 중수소에 노출시키면, 차후에 수소와 반응을 위해서 이용가능한 Si 결함물들의 농도를 감소시키며, 이것은 차례로, 서비스 조건하의 섬유에서 수소 노화 손실의 크기 및/또는 전위를 감소시킨다.

<51> 본 발명의 실시예들에 따라 제조된 광섬유는, 예를 들어, 하나 이상의 광섬유 예비성형품의 처리 단계와 차후에 예비성형품으로부터 드로잉된 광섬유를 중수소에 노출시키는 단계 동안, 개선된 산소 화학량론 환경의 조합으로부터 이익을 얻는다. 이 방식에서, 본 발명의 실시예에 따라 제조된 광섬유는 개선된 수소 노화 손실 특성을 가진다. 종래의 중수소 처리는 통상적으로 섬유 예비성형품을 제조하는 동안 상대적으로 높은 온도에서 실행된다. 종래의 중수소 처리공정은 이미 형성된 OH와 OD를 교체/제거한다. 이러한 종래의 중수소 처리공정은 섬유의 초기 1385nm 손실을 감소시킨다. 그러나, 일단 섬유가 드로잉되고 서비스 처리되면, 상기 기술된 바와 같이, 시작되는 수소 노화 손실을 감소시키기 위해, 그와 같은 중수소 처리공정을 생각하지 않았다. 본 발명의 실시예에 따라서, 이미 드로잉된 섬유의 실온에서의 중수소 처리공정은 섬유 제조 공정동안 형성된 Si 결함물들과 반응을 유발하도록 추구한다. 이 방식에서, 드로잉 섬유에서 이미 존재하고 언급하지 않을 경우에도 차후의 수소 노화 손실을 가속화시키는 Si 결함물들은 중수소와 반응하여서, 수소와 결합하기 위해 유용한 Si 결함물들의 양을 더욱 감소시킴으로써 수소 노화 손실의 원인을 형성한다. 이러한 유용가능한 Si 결함물들의 추가 감소는 700 내지 1600 나노미터의 파장 영역에서 과도한 초기 손실을 부가하지 않고 발생한다.

<52> 본 발명의 실시예에 따른, 단계(42)는 산소-풍부 또는 산소-결핍도 없는 이산화규소 재질에 대해서 제공되는 개선된 가스 유동비 또는 다른 개선된 조건들을 확립한다. 또한, 본 발명의 실시예에 따라서, 일단 광섬유 예비

성형품이 제조되면 섬유는 그로부터(즉, 단계 22) 드로잉되면, 드로잉된 섬유는, 예를 들어, 약 6일 동안 실온의 0.01 대기 중수소 환경에서 중수소에 노출된다. 다른 방안으로, 본 발명의 실시예에 따라서, 본 발명의 실시예에 따라서, 드로잉된 섬유는, 예를 들어, 약 1.5일 동안 실온의 0.05 대기 중수소 환경에서 중수소에 노출된다. 본 발명의 실시예에 따라서, 예를 들어, 상기 기술된 방식으로 중수소에 노출되고, 그 예비성형품이 하나 이상의 수소-증가 환경에서 제조된 광섬유는 0.33 dB/km 보다 작은 투과 손실(1385nm에서)을 나타내고, 상기 드로잉된 광섬유는 1385 나노미터(nm)에서의 투과 손실에서 장래의 수소 노화 증가를 0.04 dB/km보다 작게 제한할 수 있는 기간 동안 중수소 함유 대기에 노출된다.

<53> 도 3에는, 본 발명의 실시예가 사용되는 광통신 시스템(50)의 단순화된 개략적인 다이애그램이 도시되어 있다. 광통신 시스템(50)은, 예를 들어, 종래 방식으로 하나 이상의 광섬유(54)에 연결된 하나 이상의 광원(52)을 포함한다. 광섬유(54)는, 예를 들어, 종래 방식으로 하나 이상의 광 검출기 또는 수신기(56)에 연결된다. 광원(52)과 광 수신기(56)는 광섬유(54)에 직접 작동식으로 연결되거나[예를 들어, 광원(52_a)과 수신기(56_a)를 참조하시오] 또는 멀티플렉서(58)[시스템의 광원 측면 상에]를 통해서 또는 디멀티플렉서(59)[시스템의 수신기 측면 상에]를 통해서 광섬유(54)에 작동식으로 연결된다.

<54> 하나 이상의 광섬유(54)는 본 발명의 실시예에 따라서, 예를 들어, 상기 기술된 바와 같이, 제조된다. 즉, 하나 이상의 광섬유(54)는 산소 화학량론이 노화 손실과 OH 흡수 손실과 같은 다른 소실들에 기여하는 결함물들을 감소시키기 위하여, 예를 들어, 산소 또는 CO 유동비 또는 다른 적당한 조건들을 통해서 개선되었고 광섬유가 일단, 예비성형품으로부터 드로잉되면 실온에서 중수소에 노출된 하나 이상의 공정 환경들에서 만들어진 예비성형품으로부터 드로잉된다. 본 발명의 실시예에 따라 제조된 광섬유(54)는 통상적으로 1385nm에서 0.33 dB/km 보다 작은 투과 손실을 가지며, 상기 드로잉된 광섬유는 1385 나노미터(nm)에서의 투과 손실에서 장래의 수소 노화 증가를 0.04 dB/km보다 작게 제한할 수 있는 기간 동안 중수소 함유 대기에 노출된다.

<55> 당기술에 숙련된 기술자에게는 첨부된 청구범위에 규정된 본 발명의 정신 및 범주와 그 동등한 범주 내에서 상기 기술된 광섬유의 실시예 및 그 광섬유의 제조 방법에 대해서 많은 변형 및 대체를 실시할 수 있음은 자명한 것이다.

발명의 효과

<56> 본 발명에 따른 광섬유의 제조 방법은 섬유의 수명에 대해서 수소 노화 손실이나 노화 현상을 감소시킨다. 또한, 하나 이상의 예비성형품 제조 단계(42) 동안 개선된 규소-산소 화학량론은 광섬유 예비성형품에서 발생한 Si 결함물의 양을 감소시킨다. 또한, 예비성형품으로부터 드로잉된 광섬유의 중수소 노출 단계(44)는 물 흡수 손실의 증가에 기여하는 분자들을 형성하기 위하여 시간이 경과하여 수소 원자를 당겨서 수소원자와 결합하는 광섬유에서의 Si 결함물과 같은 원자 결함물을 가질 가능성을 감소시킨다. 본 방법은 투과성이 개선된 광섬유를 제조하며, 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른 방법으로 제조된 광섬유는 1385 나노미터 (nm)에서 0.33 dB/km 보다 작은 투과 손실을 가지며, 상기 드로잉된 광섬유는 1385 나노미터(nm)에서의 투과 손실에서 장래의 수소 노화 증가를 0.04 dB/km보다 작게 제한할 수 있는 기간 동안 중수소 함유 대기에 노출된다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 광섬유를 제조하기 위한 방법의 단순화된 블록도.

<2> 도 2a는 700 내지 1600 나노미터의 파장 범위에서 통상적인 광섬유의 투과 손실의 그래프.

<3> 도 2b는 미국 특허 제 6,131,415호에 공개된 방법에 따른 700 내지 1600 나노미터의 파장 범위 내에 있는 광섬유의 투과 손실의 그래프.

<4> 도 3은 본 발명의 실시예가 사용되는 광학 시스템의 단순화된 개략도.

<5> *도면의 주요부분에 대한 부호의 설명*

<6> 10. 광섬유의 제조 방법 12. 코어 로드부 형성단계

<7> 14. 유리 코어 로드의 형성단계 16. 유리 코어 로드의 탈수단계

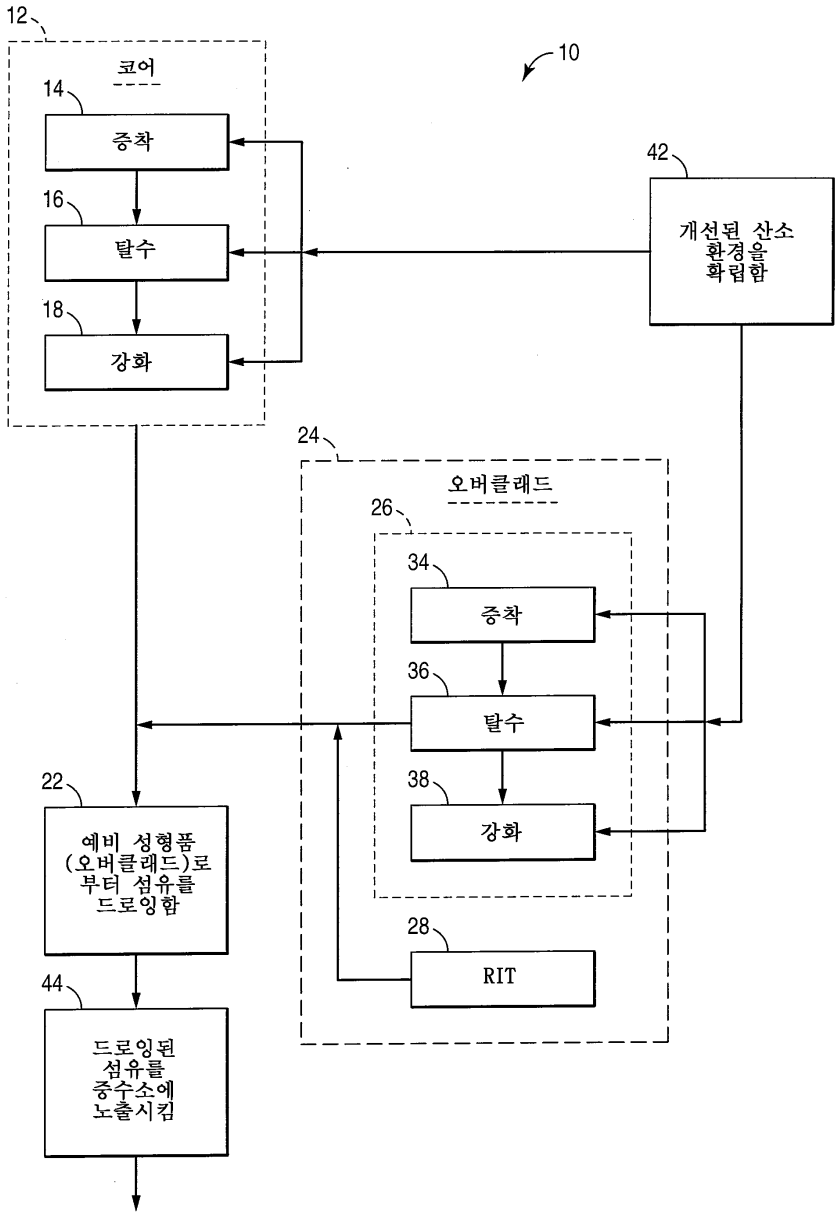
<8> 18. 유리 코어 로드의 강화 단계 22. 섬유를 드로잉하는 단계

<9> 24,26,28. 오버클래드 영역의 형성단계 50. 광통신 시스템

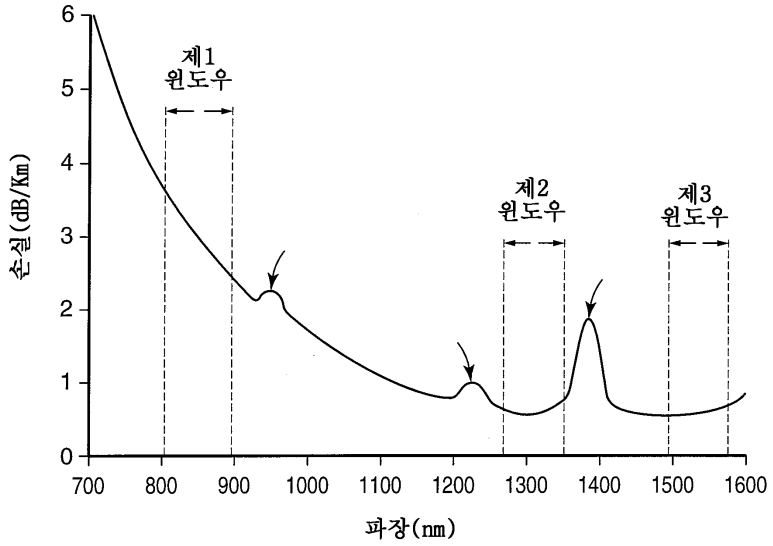
<10> 52. 광원 54. 광섬유

도면

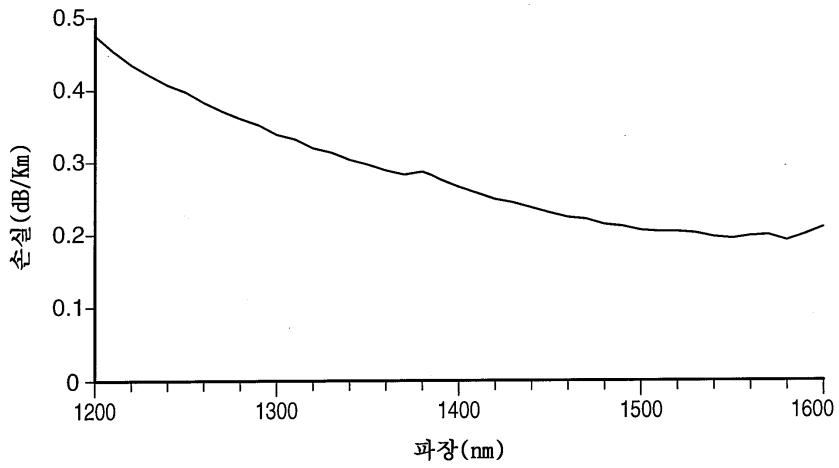
도면1



도면2a


6
5
4
3
2
1
0
손실(dB/Km)
제1
윈도우
제2
윈도우
제3
윈도우
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
파장(nm)

도면2b


0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
손실(dB/Km)
1200
1300
1400
1500
1600
파장(nm)

도면3

