



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.

G02B 6/00 (2006.01)

(45) 공고일자	2006년12월13일
(11) 등록번호	10-0657601
(24) 등록일자	2006년12월07일

(21) 출원번호	10-2001-7010452	(65) 공개번호	10-2001-0113694
(22) 출원일자	2001년08월17일	(43) 공개일자	2001년12월28일
심사청구일자	2004년10월27일		
번역문 제출일자	2001년08월17일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2000/004404	(87) 국제공개번호	WO 2000/50941
국제출원일자	2000년02월22일	국제공개일자	2000년08월31일

(81) 지정국

국내특허 : 아랍에미리트, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그라나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬랜드, 일본, 캐나다, 키르키즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투칼, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 세르비아 앤 몬테네그로, 남아프리카, 짐바브웨,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프리스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴,

(30) 우선권주장

60/121,169 1999년02월22일 미국(US)

(73) 특허권자

코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자

(72) 발명자

애버티, 존, 에스., III
미국, 14903뉴욕, 엘마이라, 브루크사이드씨클53

하쉬바저, 더글라스, 이.
미국, 14830뉴욕, 코닝, 혼비로드3459

(74) 대리인

청운특허법인

심사관 : 안병일

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 레이저 및 LED 원을 갖는 멀티모드 섬유로 최적화된 레이저와 사용방법 및 그 시스템

(57) 요약

본 발명의 멀티모드 광섬유(10)는 850nm 원도우에서 220MHz.km보다 큰 제1레이저 대역폭과 1300nm 원도우에서 500MHz.km보다 큰 제2레이저 대역폭을 가지며, 850nm 원도우에서 적어도 160MHz.km의 제1 OFL 대역폭과 1300nm 원도우에서 적어도 500MHz.km의 제2 OFL 대역폭을 갖는다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

850nm 원도우에서 385MHz.km보다 큰 제1레이저 대역폭;

1300nm 원도우에서 746MHz.km보다 큰 제2레이저 대역폭;

850nm 원도우에서 적어도 160MHz.km의 제1 OFL 대역폭; 및

1300nm 원도우에서 적어도 500MHz.km의 제2 OFL 대역폭을 포함하는 것을 특징으로 하는 원격통신 시스템용 멀티모드 광섬유.

청구항 2.

삭제

청구항 3.

삭제

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 제1레이저 대역폭이 850nm 원도우에서 적어도 500MHz.km; 및

상기 제2레이저 대역폭이 1300nm 원도우에서 적어도 1684MHz.km인 것을 특징으로 하는 원격통신 시스템용 멀티모드 광섬유.

청구항 5.

제4항에 있어서, 62.5 μ m 직경을 갖는 코어를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 원격통신 시스템용 멀티모드 광섬유.

청구항 6.

제4항에 있어서, 50 μ m 직경을 갖는 코어를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 원격통신 시스템용 멀티모드 광섬유.

청구항 7.

청구항 7은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제4항에 있어서, 상기 제1레이저 대역폭은 적어도 1 gigabit/sec.의 속도로 적어도 500m 이상의 거리에 정보를 전송할 수 있는 것을 특징으로 하는 원격통신 시스템용 멀티모드 광섬유.

청구항 8.

청구항 8은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제4항에 있어서, 상기 제2레이저 대역폭은 적어도 1 gigabit/sec.의 속도로 적어도 1000m 이상의 거리에 정보를 전송할 수 있는 것을 특징으로 하는 원격통신 시스템용 멀티모드 광섬유.

청구항 9.

청구항 9은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제5항에 있어서, 상기 제1레이저 대역폭은 적어도 1 gigabit/sec.의 속도로 적어도 600m 이상의 거리에 정보를 전송할 수 있는 것을 특징으로 하는 원격통신 시스템용 멀티모드 광섬유.

청구항 10.

청구항 10은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제5항에 있어서, 상기 제2레이저 대역폭은 적어도 1 gigabit/sec.의 속도로 적어도 2000m 이상의 거리에 정보를 전송할 수 있는 것을 특징으로 하는 원격통신 시스템용 멀티모드 광섬유.

청구항 11.

청구항 11은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1항에 있어서, 1300nm 대역폭은 단일모드 광섬유와 함께 사용될 레이저로부터 중심 론치 상에서 측정되는 것을 특징으로 하는 원격통신 시스템용 멀티모드 광섬유.

청구항 12.

제4항에 있어서, 1 gigabit/sec.이상의 전송 속도를 수행할 수 있는 전송 시스템을 더 포함하되,

상기 시스템은 정보를 적어도 1 gigabit/sec.의 전송 속도로 전파하는 레이저원을 포함하며;

상기 멀티모드 광섬유는 850nm 윈도우에서 적어도 500m 및 1300nm 윈도우에서 적어도 1000m 이상의 거리에 정보를 전송하기 위해 상기 레이저원으로 통신하는 것을 특징으로 하는 원격통신 시스템용 멀티모드 광섬유.

청구항 13.

제12항에 있어서, 상기 제1레이저 대역폭은 850nm 윈도우에서 적어도 500MHz.km를 포함하고, 상기 제2레이저 대역폭은 1300nm 윈도우에서 적어도 1684MHz.km를 포함하며, 상기 제1레이저 대역폭 및 제2레이저 대역폭은 각각 적어도 600m와 2000m의 거리에 정보를 전송할 수 있는 것을 특징으로 하는 멀티모드 전송 시스템.

청구항 14.

제12항에 있어서, 상기 멀티모드 광섬유는 약 $62.5\mu\text{m}$ 의 직경을 갖는 코어를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티모드 전송 시스템.

청구항 15.

제13항에 있어서, 상기 멀티모드 광섬유는 약 $50.0\mu\text{m}$ 의 직경을 갖는 코어를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티모드 전송 시스템.

청구항 16.

청구항 16은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제12항에 있어서, 상기 레이저원은 850nm VCSEL인 것을 특징으로 하는 멀티모드 전송 시스템.

청구항 17.

청구항 17은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제12항에 있어서, 상기 레이저원은 1300nm 파브리-파로 레이저인 것을 특징으로 하는 멀티모드 전송 시스템.

명세서

기술분야

본 출원은 1999. 2. 22일에 출원된 미국 특허출원 제60/121,169호와 2000. 1. 6일에 출원된 미국 특허출원 제 60/174,722호를 35 U.S.C. §120에 의거하여 우선권 주장한다.

본 발명은 높은 전송 속도뿐만 아니라 낮은 전송 속도를 사용하는 원격통신 시스템 사용하는 멀티모드 광섬유 및 그 방법에 관한 것으로, 특히 통상의 발광 다이오드원 뿐만 아니라 레이저원으로 설계된 응용에 최적화된 멀티모드 광섬유와 그 방법에 관한 것이다.

본 발명은 광범위한 응용에 쓰일 수 있으나, 특히 1 gigabit/sec. 이상의 전송 속도로 설계된 원격통신 시스템에 사용하기에 특히 적합하다.

배경기술

원격통신 산업에서는 보다 많은 양의 정보를, 더 먼 거리에, 더 짧은 시간 주기로 전송하는 것을 목표로 한다. 이러한 목표는 시간이 지날수록 점점 더 발전하고 있다. 또한, 시스템 사용자의 수와 사용 빈도가 증가할수록, 시스템 자원에 대한 요구도 증가하고 있다.

최근까지, 데이터 네트워크는 상대적으로 전송 속도가 낮은 LANs(Local Area Networks; 협역통신망)에서 사용되어 왔다. 이로 인해 LED(Light Emitting Diodes; 발광 다이오드)가 이러한 장비에 있어서 가장 일반적인 광원으로 사용되어 왔다. 그러나 전송 속도가 LED의 변조 수행 능력을 넘어서기 시작하면서 시스템 프로토콜은 LED 대신에 레이저원으로 옮겨지기 시작했다. 이러한 움직임은 최근 들어 1 gigabit/sec. 이상의 속도로 정보를 전송할 수 있는 시스템으로의 발전을 명시하는 것이다.

상기 전송 속도가 LANs의 수행 범위를 훨씬 넘어섰으므로, 이는 시스템 소유자의 즉각적인 관심을 자아내게 된다. 현재 원격통신 시스템에 사용되는 멀티모드 광섬유는 기본적으로 LED원의 사용을 위해 설계되어 있고, 레이저 사용을 위해 최적화되어 있지는 않다. 상기 레이저는 1 gigabit/sec. 이상의 속도로 정보를 전송하도록 설계된 시스템에서 작동될 것이다. LED원과 비교하면, 레이저원은 멀티모드 섬유의 품질과 설계에 있어서 다른 요구를 갖게 된다. 역사적으로, 멀티모드 섬유의 코어에 있어서 굴절률 프로파일(index profile)은 LED원과 함께 높은 대역폭을 생성하도록 조정되어 왔고, 이는 코

어를 과도하기 쉬웠다. 상기 LED원의 입력 펄스(pulse)와 섬유의 굴절률 프로파일로부터의 광 세기 분포의 조합은 형태상의 과도한 가중치(weighting)를 생성하고, 이는 상대적으로 스무스한 상승과 하강 곡선을 갖는 출력 펄스를 형성한다. 비록 이상적인 집속형(near-parabolic; 集束形) 굴절률 프로파일로부터 미세한 편차를 야기하는 피크(peaks)와 평탄역(plateaus; 平坦域)이 발생하더라도, 그들의 크기는 낮은 전송 속도에서는 시스템 작동에 영향을 미치지 않는다. 그러나 레이저를 기반으로 하는 시스템에서는 상기 공급원(source)의 세기 분포는 그 파워를 멀티모드 섬유의 중심 주위로 집약시킨다. 따라서, 섬유 프로파일에서 미세한 편차는 임펄스(impulse)의 상승과 하강에 있어서 주목할 만한 섭동(perturbation; 撮動)을 생성할 수 있고, 이것은 시스템 성능에 큰 영향을 미칠 수 있다. 상기 영향은 매우 높은 일시적인 저터(jitter)로써, 또는 매우 낮은 대역폭의 형성으로, 또는 두 가지 모두로써 명백히 드러날 수 있다. 비록 패치 코드(patch cord) 조정용 오프셋 론치 모드(offset launch mode) 또는 레이저빔 확장과 같이, 공급원의 론치(launch) 조건을 변경함으로써 어느 정도의 이러한 결함을 수정할 수 있다하더라도 이것은 사실상 시스템 소유자에게는 실질적인 해결책이 아니다.

통상적인 LAN 시스템용 캠퍼스 레이아웃(campus layout)은 특수화된 링크 길이를 만족하도록 설계된다. 표준 캠퍼스 백본(campus backbone)(빌딩 사이에서의 전송)은 통상적으로 약 2km까지의 링크 길이를 갖는다. 빌딩 백본(building backbone) 또는 라이저(riser)(빌딩의 층 사이에서의 전송)는 통상적으로 약 500m까지의 링크 길이를 갖는다. 수평 링크 길이(빌딩의 한 층에서 사무실 사이에서의 전송)는 통상적으로 약 100m까지의 링크 길이를 가진다. 10 메가비트 이더넷(Ethernet)과 같은, 현재까지의 LAN 기술은 멀티모드 광섬유의 표준 등급으로 2km 링크 길이까지 전송할 수 있다. 그러나 gigabit/sec. 및 그 이상의 전송 속도 성능을 갖는 차세대 시스템은 현재 가능한 표준 멀티모드 섬유로 이러한 링크 길이 전부를 수행할 수는 없다. 표준 멀티모드 섬유는 850nm 윈도우에서 약 220m의 링크 길이로 제한되고, 1300nm 윈도우에서는 약 550m의 링크 길이로 제한된다. 따라서, 현재 기술은 기껏해야 3개의 캠퍼스 링크 길이 중 약 2개의 범위에서만 가능토록 하고 있다. Gigabit/sec. 전송 속도로 LAN을 완벽히 수행하기 위해서는 상기 3가지 링크 길이 각각으로 정보를 전송할 수 있는 멀티모드 섬유가 필요하다.

전술한 바와 같이, EIA/TIA 455-51 FOTP-51A, "멀티모드 유리 광섬유 정보 전송 능력의 펄스 왜곡 측정(Pulse Distortion Measurement of Multimode Glass Optical Fiber Information Transmission Capacity)"에서 기술된 표준 측정 기술을 사용한 대역폭으로써 OFL(overfilled; 지나치게 많아 넘침) 대역폭이 정의되고, EIA/TIA 455-54A FOTP-54, "멀티모드 섬유에 OFL 론치 조건을 위한 모드 스크램블러 요구 조건(Mode Scrambler Requirements for Overfilled Launching Conditions to Multimode Fibers)"에 의해 론치 조건이 정의된다.

전술한 바와 같이, EIA/TIA 455-51A FOTP-51에서 기술된 표준 측정 기술 및 하기 2가지 론치 조건 방법 중 하나를 사용하여 레이저 대역폭이 측정 및 정의된다. 방법(a)은 1300nm에서 3dB 레이저 대역폭을 결정하기 위해 사용되고, 방법(b)은 850nm에서 3dB 레이저 대역폭을 결정하기 위해 사용된다. 상기 방법(a)은 4nm RMS 스펙트럼 폭 1300nm 레이저를 활용하되, 2m, 표준 스텝 인덱스, 단일모드 섬유, 50mm 직경 맨드렐이 2번 권선된 패치-코드의 연결에 의해 변형된 카테고리 5급 커플링 전력비 론치(category 5 coupled power ratio launch)를 지닌다. 실험에 의해 멀티모드 섬유와 단일모드 섬유 패치코드의 코어 중심축 사이에 $4\mu\text{m}$ 측면 오프셋이 생성되는데, 이와 같은 방법에서 멀티모드 섬유의 코어 중심축에서 단일모드 섬유의 중심축을 기계적으로 오프셋함으로써 상기 론치 조건은 더 변형된다. 주의: EIA/TIA 526-14A OFSTP 14 부록A, "설정된 멀티모드 섬유 케이블 플랜트의 광파워 손실 측정(Optical Power Loss Measurements of Installed Multimode Fiber Cable Plant)"에서의 절차를 사용하여 카테고리 5급 커플링 전력비가 측정 및 정의된다. 상기 방법(b)은 EIA/TIA 455-54A FOTP 54에 기술된 바와 같이, 0.85nm RMS 분광 폭 850nm OFL 론치 조건을 활용하는데, 이는 특별히 설계된 1m의 멀티모드 섬유에 결합되어 있고, 0.208 치수의 구멍과 변화하는 굴절률 프로파일과 2의 알파를 갖는다. 상기와 같은 섬유는 굴절률 델타값 1.3 ($\Delta = n_0^2 - n_c^2 / 2n_0n_c$, 여기서 n_0 =코어의 굴절률이고 n_c =클래딩의 굴절률)을 갖는 표준 $50\mu\text{m}$ 직경 코어 멀티모드 섬유를 $23.5\mu\text{m}$ 직경 코어로 끌어냄으로써 생성될 수 있다.

오늘날 통신 거리를 증가하기 위해, 제조업자는 통상적으로 굴절률 프로파일의 형태를 변경함으로써 2개의 광장 윈도우 사이의 대역폭을 올린다. 상기 변경에 따라, 그 결과는 1300nm 윈도우에서 낮은 OFL 대역폭을 지니고 850nm 윈도우에서 높은 OFL 대역폭을 갖거나 1300nm 윈도우에서 높은 OFL 대역폭을 지니고 850nm 윈도우에서 낮은 OFL 대역폭을 갖게 된다. 예를 들면, 표준 2% 델타 $62.5\mu\text{m}$ FDDI-type 섬유에 대해, 굴절률 프로파일은 850nm에서 1000MHz.km의 OFL 대역폭 및 1300nm에서 300MHz.km의 OFL 대역폭에 이르도록 조정될 수 있다. 또는 850nm에서 250MHz.km의 OFL 대역폭 및 1300nm에서 4000MHz.km의 OFL 대역폭에 이르도록 조정될 수 있다. 그러나 표준 "알파" 프로파일을 갖는 멀티모드 광 도파관 섬유를 지닌 것은 850nm에서 1000MHz.km의 OFL 대역폭 및 1300nm에서 4000MHz.km의 OFL 대역폭을 갖기는 어렵다. 좀 더 일반적으로, 제조 공차는 600MHz.km/300MHz.km 또는 200MHz.km/1000MHz.km에 대하여 850nm/1300nm OFL 대역폭은 허용하나, 600MHz.km/1000MHz.km에 대하여는 허용되지 않는다.

그러나 상기 수직적 대역폭 증가와 gigabit/sec. 전송 속도에 요구되는 것 사이에는 연관 관계가 없다. 이는 고속의 레이저는 LAN의 표준 광원이고, gigabit/sec. 이상의 속도로 정보를 전달하도록 설계되어 있기 때문에 850nm 및 1300nm 원도우 모두에서 대역폭을 증가시킨 멀티모드 광섬유가 바람직하다.

더구나, 상기 LAN이 초창기에 있기 때문에 시스템의 모든 부품은 1 gigabit/sec.의 전송 속도 이상이어야 하는데, 아직 완전하게 제거, 실행, 최적화 및 실험되진 않았다. 따라서 실제로 종래의 LAN 시스템이 새로운 LAN 시스템으로 대체되지 않았는데, 상기 새로운 LAN은 고속의 전송 속도 이상을 만족하기 위해 추론적으로나마 설계되었다. 이러한 결과를 달성하는 것이 가능할지는 몰라도, 바람직하거나 최적의 해법은 아닐 것이고, 상기 기술된 작업은 전체 시스템의 재작업 및 시스템의 고성능화를 위해 많은 비용이 발생될 것이다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 멀티모드 광섬유에 관한 것으로, 전술된 링크 길이 요구량을 초과하면서, 1.0, 2.5 및 10 gigabit/sec.의 전송 속도를 갖는 고속의 레이저원에 최적화된 것이다. 게다가 높은 OFL 대역폭은 동일한 멀티모드 광섬유에 의해 충분히 유지되고, 상기 높은 OFL 대역폭은 현재 LAN 시스템에서 사용되는 1300nm 및 850nm LED원으로 정보 전송을 하기 위한 것이다. 상기 멀티모드 광섬유는 LAN 시스템에 기반한 현재 LED를 그들의 현 소유자가 그대로 유지하도록 해줄 것이고, 동시에 "기가비트 이더넷 시스템(Gigabit Ethernet System)"으로 쉽게 변환할 수 있게 해주는데, 이를 위해 높은 비용을 들여 멀티모드 섬유의 성능 강화를 수행하지 않아도 된다. 전술된 바와 같이, "기가비트 이더넷 시스템"은 원격 통신 시스템으로 정의되는데, 1 gigabit/sec. 이상의 전송속도를 수행할 수 있는 LAN과 같은 것이다.

또한, 본 발명의 한 측면은 멀티모드 섬유에 관한 것으로, 850nm 원도우에서 220MHz.km보다 큰 제1레이저 대역폭을 가진 멀티모드 섬유, 1300nm 원도우에서 500MHz.km보다 큰 제2레이저 대역폭을 가진 멀티모드 섬유, 850nm 원도우에서 적어도 160MHz.km의 제1 OFL 대역폭을 가진 멀티모드 섬유, 1300nm 원도우에서 적어도 500MHz.km의 제2 OFL 대역폭을 가진 멀티모드 섬유에 관한 것이다. 상기 멀티모드 광섬유는 원격통신 산업에서 다양하게 적용될 수 있으며, 특히 고속의 레이저원을 수용하는 원격통신 시스템에 가장 적당하다. 또 다른 이점은 현재 LAN 시스템에 사용되는 LED원을 위하여 상기 섬유는 충분한 OFL 대역폭을 제공한다.

다른 측면에서, 본 발명은 1 gigabit/sec. 이상의 전송 속도를 갖는 멀티모드 전송 시스템에 관한 것이다. 상기 멀티모드 전송 시스템은 적어도 1 gigabit/sec. 이상의 전송 속도를 갖는 레이저원을 포함하고, 멀티모드 광섬유는 레이저원으로 전송된다. 상기 멀티모드 광섬유는 850nm 원도우에서 적어도 385MHz.km의 제1레이저 대역폭을 갖되, 적어도 500m에 정보를 전송할 수 있다. 또한, 상기 멀티모드 광섬유는 1300nm 원도우에서 적어도 746MHz.km의 제2레이저 대역폭을 갖되, 적어도 1000m에 정보를 전송할 수 있다. 또한 상기 멀티모드 광섬유는 850nm 및 1300nm LED원에서 사용될 정도로 충분히 높은 제1 OFL 대역폭 및 제2 OFL 대역폭을 포함한다.

본 발명의 또 다른 측면은 62.5 μ m 코어 및 코어를 둘러싸는 클래딩을 갖는 멀티모드 광섬유에 관한 것이다. 상기 클래딩은 코어의 굴절률보다 낮은 굴절률을 갖고, 상기 멀티모드 광섬유는 DMD 프로파일을 제시하는데, 이는 1300nm의 파장에서 측정될 때, $(r/a)^2=0.0$ 내지 0.25에서 측정된 평균 기울기를 갖는 제1기울기 영역 및 $(r/a)^2=0.25$ 내지 0.50에서 측정된 평균 기울기를 갖는 제2기울기 영역을 포함한다. 제1영역의 기울기 값은 제2영역의 기울기 값보다 큰 것이 바람직하며, 더 바람직한 것은 상기 제1영역의 기울기 값이 상기 제2영역의 기울기 값보다 1.5배 큰 것이다.

또 다른 측면에서, 본 발명은 멀티모드 광섬유를 형성하는 방법에 관한 것이다. 본 방법은 수트(soot)를 형성하기 위해 1개 이상의 도편트 반응물(dopant reactant) 및 전구 반응물(precursor reactant)을 포함하는 석영이 열화학적으로 반응하는 단계 및 규격화된 특성을 갖는 유리 예형(glass preform)을 생산하기 위해 어느 정도 적합한 타깃(target)에 상기 수트를 전달하는 단계를 포함한다. 상기 유리 예형은 62.5 μ m 코어 영역 및 그 영역을 둘러싼 클래딩 영역을 갖는 멀티모드 광섬유로 들어간다. 상기 반응 단계는 정해진 전구 반응물 및 도편트 불순물을 포함하되, 이는 DMD 프로파일을 제시하는 멀티모드 광섬유가 되도록 수트 침전 방법에 따르게 되고, 1300nm의 파장에서 측정될 때, $(r/a)^2=0.0$ 내지 0.25에서 제1영역을 통해 측정된 제1평균 기울기 및 $(r/a)^2=0.25$ 내지 0.50에서 제2영역을 통해 측정된 제2평균 기울기를 갖고, 제1평균 기울기는 제2평균 기울기보다 더 크다.

본 발명의 멀티모드 광섬유는 상기 기술분야에서 알려진 다른 멀티모드 광섬유보다 많은 이점을 갖는다. 상기 이점 중 하나는 본 발명의 멀티모드 광섬유가 LED원 뿐만 아니라 고속의 레이저원과 완벽하게 호환이 가능하다는 것이다. 따라서, 본 발명의 멀티모드 광섬유는 LED원을 사용하는 일반적인 LAN에서의 사용이 가능하고, 고속의 레이저원을 사용하는 기가비트 이더넷 시스템에서도 사용될 수 있다.

또한 본 발명의 멀티모드 광섬유는 패치코드를 조정하는 고가의 모드의 사용을 없애되, 상기 패치코드는 기가비트 이더넷 시스템 프로토콜을 위하여 1300nm 동작 원도우에서의 작동을 위해 사용된다. 많은 멀티모드 광섬유에 있어서, 패치코드 조정 모드는 전원을 멀티모드 섬유의 중심으로부터 멀리 떨어뜨리기 위해 사용되며, 이는 몇몇 제조 공정으로부터 야기되는 중심선 프로파일 결점을 피하기 위한 것이다. 본 발명이 외부 증착 공정(Outside Vapor Deposition process; OVD)을 사용하여 제조되기 때문에, 바람직한 멀티모드 광섬유는 중심선 프로파일 결점을 제거해야 한다. 그에 따라, 본 발명의 적정 섬유인 1300nm 동작 원도우에서의 기능을 수행하도록 하는데 있어서 패치코드 조정 모드가 더 이상 필요는 없으며, 따라서 커넥터 공차의 과다에 의한 미세한 오프셋 또는 중심상의 론치를 수용하고, 설치와 사용상의 어려움을 덜어 준다.

또한 본 발명의 상기 멀티모드 광섬유는 다양한 레이저원을 이용하여 레이저를 최적화하도록 하여 주는데, 780nm 파브리-페롯 레이저(Fabry-Perot laser), 850nm 수직 캐비티 표면 방출 레이저(Vertical Cavity Surface Emitting Lasers; VCSELs), 1300nm 파브리-페롯 레이저와 같은 레이저를 말하나 이것으로 제한되진 않고, 또한 향후 계획인 저가의 1300nm 송신기도 포함된다. 또한 향상된 원격통신 시스템에서 고속의 레이저를 사용할 때, 본 발명의 상기 멀티모드 광섬유는 커다란 링크 길이를 통해 2.5 및 10 gigabit/sec.에서의 작동을 지원하도록 설계된다.

본 발명의 추가적인 특징과 이점이 하기된 상세한 설명에 개시되어 있으며, 당업자는 명세서로부터 그 일부를 알 수 있거나, 첨부도면과 아울러 청구범위 및 명세서에 개시된 바에 따라 본 발명을 실시함으로써 본 발명을 명백하게 이해할 수 있을 것이다.

전술한 개략적인 설명과 하기된 상세한 설명은 단지 본 발명을 설명하기 위한 것으로서, 청구된 본 발명의 특성과 특징을 이해할 수 있도록 하기 위한 기초를 제공한다.

첨부도면은 발명의 이해를 돋기 위한 것으로, 명세서의 일부를 구성한다. 상기 도면은 하나 이상의 실시예를 도시한 것으로, 상세한 설명과 함께 본 발명의 작동과 원리를 설명한다.

실시예

멀티모드 광섬유용 굴절률 프로파일이 개시되고, 이것은 통상적인 LED원뿐만 아니라 통상적인 레이저원의 응용에 모두 최적화된다. 알파 굴절률 프로파일은 반경에 따라 연속적으로 변하는 프로파일 형태를 말한다. 본 발명에서 굴절률 프로파일은 적어도 "알파(기호(a))"지수를 갖는 2개의 영역 이상을 포함하는 것이 바람직하되, 이는 프로파일의 중심 근처에서의 (하나 또는 그 이상의 파장에서) 하나 이상의 레이저원에 최적화된 알파로부터 프로파일의 외부 근처에서의 (하나 또는 그 이상의 파장에서) LED에 최적화된 알파까지 스무드하게 변화한다. 이와 같은 굴절률 프로파일을 갖는 멀티모드 광섬유는 전송 거리 및 속도 모두를 확장시키되, 1 gigabit/sec. 이상의 정보 전송 속도를 갖는 원격통신 시스템에서 증명된 것 이상의 수행 능력을 갖는다. 레이저원이 LED보다 더 작은 "스폿(spots)"을 갖기 때문에 상기 프로파일의 외측부가 OFL 대역폭 요구량(통상적으로 62.5 μ m 코어를 갖는 멀티모드 섬유에 대하여, 850nm에서 160~200MHz.km, 1300nm에서 500+ MHz.km임.)에 따라 최적화 될 수 있고, 또한 동시에 레이저 대역폭 요구량과 공급원 특성을 위해 프로파일의 내측부를 최적화 할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 이것이 제1프로파일이고, 1300nm 및 850nm 원도우 모두에서 작은 스폟 레이저와 큰 스폟 LED 모두를 동시에 최적화한 것이다. 상기 1300nm 레이저 스폟이 단파장(SX) 레이저원의 스폟보다 작기 때문에, 내측 프로파일 요구량은 SX 대역폭 요구량에 의해 결정되는 것이 바람직하다. 상기 내측 프로파일이 완벽히 최적화될 때, 단파장(예를 들면, 선택된 780nm CD 레이저 또는 850nm VCSELs)과 장파장(예를 들면, 1300nm 또는 1500nm 파브리-페롯 단일모드 레이저) 모두에서 높은 레이저 대역폭이 설정될 수 있다.

최적화된 굴절률 프로파일의 중요한 특성은 LED원과 함께 높은 1300nm OFL 대역폭을 제공한다는 것이고, 이는 레이저와 함께 우수한 수행능력을 발휘하기 위하여 전체 프로파일에 대한 조정을 작게 하기 위한 것이고, 또한 OFL 대역폭 수행에 영향을 미치지 않는 프로파일의 범위에 있기 위함이다. 또한 이것은 알파(r)가 급격한 변화없는 스무드한 r의 함수임을 요구한다.

본 발명은 높은 대역폭과 낮은 일시적인 지터를 제공하기 위해 특별히 설계된 굴절률 프로파일을 갖는 멀티모드 광섬유에 관한 것으로, 통상적으로 단파장(예를 들면, 780, 850 또는 980nm)레이저와 장파장(예를 들면, 1300nm 또는 1500nm)레이저를 갖으며, 종래의 1300nm와 850nm LED원으로 사용될 때 높은 대역폭과 낮은 지터를 충분히 유지한다.

본 발명의 멀티모드 광섬유의 굴절률 프로파일은 다수의 방법으로 설명될 수 있다. 제1방법은, M 모드를 갖는 멀티모드 섬유에서 출력 펄스 $P_{out}(t)=\sum P_m \delta(\tau_m - \tau_{ave})$ 로써 표현될 수 있으며, 여기서 m^{th} 모드는 전력 P_m 에 관한 것이고 지연 모드 τ_m 은 그 평균 $\tau_{ave}=\sum P_m \tau_m / \sum P_m$ 에 관한 것이다. 상기 OFL 또는 레이저 대역폭은 $P_{out}(t)$ 의 퓨리에 변환의 크기로 결정되고, 모든 τ_m 이 동일하다면 최적화된다.

지연 모드 τ_m 은 굴절률 프로파일과 상기 파장의 작동에 의해 결정된다. 형식상의 전력 P_m 은 상기 공급원(규정된 레이저, LED 등)의 특성에 의해 좌우된다. 본 발명의 멀티모드 섬유는 통상적으로 공급원에서 가장 바람직하게 사용되는 상기 OFL 또는 레이저 대역폭 요구량에 맞도록 설계되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 상기 OFL 대역폭은 850nm 및 1300nm LED원에서 각각 160MHz.km 및 500MHz.km보다 크고, 상기 레이저 대역폭은 850nm VCSEL 및 1300nm 파브리-페롯 레이저원에서 각각 385MHz.km 및 746MHz.km보다 크도록 상기 섬유는 요구할 것이다.

상기 섬유의 굴절률 프로파일을 설명하는 제2방법은 코어의 게르마니아 (germania) 함량 또는 굴절률의 직접적인 측정에 관한 것이다. 일반적으로 멀티모드 섬유는 굴절률을 갖도록 설계되는데 상기 굴절률은 방사상의 위치의 함수로써 변하고 게르마니아 함량에 비례한다. 이러한 굴절률 프로파일, $n(r)$ 은 다음 함수로서 설명된다:

수학식 1

$$r < a, n(r) = n_1 (1 - 2 \Delta (r/a)^g)^{0.5}$$

여기서 n_1 은 코어 중심에서의 굴절률 값이고, r 은 방사상의 위치이며, a 는 코어 클래드 접경 반지름이고, g 는 프로파일 형태 매개변수이며, Δ 는 하기와 같이 정의된다.

수학식 2

$$\Delta = (n_1^2 - n_0^2) / 2 n_1^2$$

이고, 여기서 n_0 는 코어 클래드 접경에서의 굴절률 값이다. 상기 프로파일에 대한 설명은 통상적으로 종종 알파(α)와 같이 사용되는 지수 "g" 와 함께 학술지에 기재된다. 당업자는 당연하게 두 용어 모두 교환하면서 사용한다.

본 발명의 측면에서 상기 굴절률 프로파일은 다음과 같이 정의된다:

수학식 3

$$0 < r < a, n(r) = n_1 (1 - 2 \Delta (r/a)^{g(r)})^{0.5}$$

여기서, $g(r)$ 은 프로파일 형태 매개변수로 반경을 따라 연속적으로 변하되, 굴절률 프로파일에 관한 상기 제1방법에서 기술된 OFL 및 레이저 대역폭 물질에 적합하도록 한다. 대략적으로, 중심 근처 모드의 상대 전력은 LED원보다는 레이저원에서 더 크고, 단파장 레이저원(예를 들면, 통상적인 850nm VCSEL원)보다는 장파장 레이저(예를 들면, 1300nm 파브리-페롯 레이저)에서 더 크다. 따라서, $g(r)$ 는 정중앙의 1300nm에서 최적화된 것으로부터 중간 반경의 850nm에 대한 최적화 까지, 또한 더 큰 반경을 위하여 1300nm에서 최적화된 것까지 변할 것이다. 실제로 $g(r)$ 는 중심 근처의 보다 큰 값(780-850nm에 근접한 지연 모드를 균등화)에서부터 외측에서의 더 낮은 값(1300nm에 근접하게 균등화)으로 변하는 것이 적합하다. 실제 $g(r)$ 가 의도적으로 1300nm의 적합한 값보다 낮아지진 않는다. $g(r)$ 가 부드럽고 연속적으로 변한다는 것은 상기 OFL 대역폭을 위해 중요하다.

상기 변수 $g(r)$ 를 갖는 굴절률 프로파일은 굴절률 프로파일을 설명하는 제3방법을 통해 가장 쉽게 가시화 할 수 있을 것이다. 이 방법은 상이 모드 지연(Differential Mode Delay; DMD)측정과 같이 당업자에게 널리 알려진 것을 이용한다. 명백

히 설명하기 위해, 상기 방법은 멀티모드 섬유 코어를 방사상으로 가로지르는 단일모드 광섬유에서 주사(scanning; 走査)한 펄스를 포함하고, 멀티모드 섬유의 코어에 대해 상이한 시작 위치에서 론치된 펄스의 평균 지연 시간과 출력 펄스를 측정하는 것이다. 상기 펄스 지연은 방사상의 위치의 함수와 DMD vs. $(r/a)^2$ 의 협역 기울기로써 도시되고, 여기서 "r"은 멀티모드 코어의 중심에 관한 단일모드 섬유의 반경 오프셋으로써 정의되며(즉, 단일모드 섬유의 중심축과 멀티모드 코어의 중심축 사이의 거리), "a"는 멀티모드 섬유의 코어 반경으로서 정의되고, 굴절률 프로파일 매개변수 $g(r)$ 에 근사하게 된다.

DMD vs $(r/a)^2$ 의 협역 기울기 곡선은 협역 $g(r)$ 에 비례하되, 상기 에러는 멀티모드 광섬유의 델타와 주어진 파장을 위한 최적의 g (또는 알파)에 관한 것이다. 상기 DMD, 굴절률 에러, 및 "알파 에러"사이의 관계들은 당업자에게는 명백하고, 다음으로서 참조된다. 마루쿠제의 저서로서, 광섬유 측정 원리(Principles of Optical Fiber Measurements), (아카데미 출판사, 1981), 255-310 페이지 및 알. 올스한스키(Olshansky, R.)의 저서인 "유리 광 도파관에서의 전파(Propagation in Glass Optical Waveguides)" Rev. Mod. Phys., 1979년 4월, 2번, 51권, 341-367페이지로, 이들을 참조하여 DMD 측정과 기술에 대해 상세히 설명된다. 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서, (DMD와 같은 것)상이한 굴절률 프로파일을 지닌 다수의 섬유의 레이저 대역폭 및 상기 OFL이 측정되고, 레이저 및 LED원 모두를 지닌 높은 대역폭을 이룬 섬유가 정의된다. 이러한 최적의 섬유 DMD는 멀티모드 광섬유와 더불어 이중으로 소정의 프로파일 또는 타깃 프로파일의 특성을 나타낸다. DMD를 사용한 실험 과정은 다른 공급원의 P_m 을 특성화하진 않는다. 오히려 공급원과 함께 작용하는 섬유의 특성을 나타낸다.

본 발명의 중요한 측면은 일반적으로 레이저 강도 분포가 LED보다 훨씬 더 작다는 것이다. 이러한 이유로 인해, 특히 레이저와 LED 작동 모두를 위한 섬유 굴절률 프로파일을 최적화할 수 있다. 본 발명의 한가지 실시예에 따라서, 굴절률 프로파일의 외측부는 130nm LED로 최적화되고, 좋은 수행 능력을 갖게 된다. 즉, OFL 대역폭은 종래의 시스템을 위한 500MHz.km보다 더 크다. 굴절률 프로파일의 내측부는 1300nm 및 850nm에서 더 균등한 레이저 대역폭을 제공하도록 최적화된다. 굴절률 변화를 매끄럽게 하는 제조 기술과 함께 이러한 설계를 증가시킴으로써, 두 파장의 레이저를 위해 낮은 지터와 높은 레이저 대역폭을 갖는 멀티모드 광섬유는 반복적으로 제조될 수 있다.

이하, 첨부 도면에 도시된 바람직한 실시예를 참조하여 본 발명을 상세하게 설명한다. 각 참조번호는 그 번호가 언급된 도면을 통해 사용된다. 본 발명의 멀티모드 광섬유의 실시예는 도 1에 도시되어 있고, 참조번호 10에 의해 나타난다.

바람직한 멀티모드 광섬유(10)는 $62.5\mu\text{m}$ 멀티모드 광섬유로서, 850nm에서 220MHz.km보다 더 큰 제1레이저 대역폭과 1300nm에서 500MHz.km보다 더 큰 제2레이저 대역폭을 가지도록 최적화되었다. 그러나, 본 발명에 따른 멀티모드 광섬유가 850 및 1300nm에서 동작하는 윈도우를 따라 넓은 대역폭을 갖되, 이는 당업자에게는 명백하고, 상기 윈도우는 약 810nm 내지 890nm, 더 바람직하게는 830nm 내지 870nm와 약 1260nm 내지 1340nm, 더 바람직하게는 약 1280nm 내지 1320nm를 말한다.

또한, 바람직한 멀티모드 광섬유(10)는 850nm 윈도우에서 적어도 160MHz인 제1 OFL 대역폭과 1300nm 윈도우에서 적어도 500MHz인 제2 OFL 대역폭을 포함한다. 그러나 더 바람직하게, 멀티모드 광섬유(10)는 $62.5\mu\text{m}$ 코어(12)를 가지며, 850nm에서 385MHz.km의 적어도 레이저 대역폭과 1300nm에서 746MHz.km의 적어도 레이저 대역폭으로 설계된다. 이 명세서의 전체에서 상술되고 전술된 1300nm 레이저 대역폭은 표준 단일모드 섬유로 사용되는 1300nm 레이저로 측정되는 것이 더 바람직하다는 것을 주목해야 한다. 1 gigabit/sec. 이상의 전송 속도를 수행하는 원격통신 시스템은 1300nm에서 레이저 론치를 오프셋하기 위해 패치코드를 조정하는 모드를 필요로 할 것이라는 것은 많은 당업자에게 명백한 것이다. 그러나 본 발명의 멀티모드 광섬유에 대해, 1300nm에서의 레이저 론치는 멀티모드 섬유의 중심축을 따라 론치된 대부분의 전력으로 측정된다. 이것은 패치코드를 조정하는 상기 모드의 요구를 미연에 방지하여, 시스템 실행, 비용, 복잡성을 제거한다. $50\mu\text{m}$ 코어(미도시)를 갖는 멀티모드 광섬유에 대해, 적어도 레이저 대역폭은 단파장 윈도우에서 500MHz 및 장파장 윈도우에서 1684MHz.km가 바람직하다. 1 gigabit/sec. 이상의 전송 속도를 수행하도록 설계된 원격통신 시스템과 같이, 고속 레이저원을 사용한 멀티모드 전송 시스템에 적용될 때, $62.5\mu\text{m}$ 코어(12)를 가진 멀티모드 광섬유(10)는 단파장에서 적어도 500m의 링크 길이 이상으로, 또한 장파장에서 1000m의 링크 길이 이상으로 1 gigabit/sec.의 정보를 전송할 수 있다. 상기 거리는 각각 $50\mu\text{m}$ 코어 멀티모드 광섬유에 대하여 600m 및 2000m이상의 링크 길이로 증가된다. 그러나 당업자는 바람직한 멀티모드 광섬유(10)는 1 gigabit/sec. 전송 속도로 제한되지 않는다는 것을 알 것이다. 오히려 본 발명은 커다란 링크 길이를 넘어 10 gigabit/sec.를 초과하는 전송 속도를 수행할 수 있다. 도시된 도 2 내지 도 5는 전술된 동작 매개변수를 충분히 만족하기 위한 특성을 지닌 $62.5\mu\text{m}$ 코어 멀티모드 광섬유를 나타내는 DMD 측정 곡선이다.

도 2는 본 발명에 따라 제조된 멀티모드 광섬유(10)의 DMD 측정 곡선(20)을 도시한 것이다. 멀티모드 광섬유(10)의 상기 DMD 측정은 표준 펄스에 기초한 측정 기술을 사용하여 1300nm에서 채택되고, 이것은 마루쿠제의 저서인 "광섬유 측정 원리", (아카데미 출판사, 1981), 255-310 페이지와 알. 올스한스키의 저서인 "유리 광 도파관에서의 전파", Rev. Mod. Phy., 1979년 4월, 2번, 51권, 341-367페이지에서 참조하여 설명된다. 1300nm DMD 측정 곡선의 기울기가 상승하는 영

역에서, 굴절률 프로파일은 1300nm보다 작은 파장을 위해 최적화되고, 상기 DMD 곡선의 기울기가 하강하는 영역에서, 굴절률 프로파일은 1300nm보다 큰 파장을 위해 최적화되는 것은 당연하다. 상기 DMD 곡선이 거의 평탄한 영역에서는, 굴절률 프로파일은 1300nm를 위해 최적화되는 것은 당연한 것이다.

도 3은 멀티모드 광섬유(10)의 DMD 측정 곡선(30)을 도시하되, 상기 곡선은 상업적으로 이용 가능한 광자 동역학(Photon-Kinetics; 光子 動力學) 모델 2500 광섬유 측정대를 사용하여 850nm에서 측정되었다. 또한, 상기 DMD 곡선이 가파르게 상승하는 영역에서, 굴절률 프로파일은 850nm보다 작은 파장을 위해 최적화되고, 상기 DMD 곡선의 기울기가 하강하는 영역에서는 850nm보다 큰 파장을 위해 최적화됨을 나타낸다.

도 4는 제2 바람직한 멀티모드 광섬유(미도시)의 1300nm에서 측정된 DMD 프로파일(40)을 도시한다. 비록 DMD 프로파일(40)이 DMD 프로파일(20)과는 미세한 차이를 갖지만, 이는 $62.5\mu\text{m}$ 또는 $50\mu\text{m}$ 코어를 갖는 멀티모드 광섬유를 만족하기 위해 소정의 동작 매개변수를 갖도록 특징 지어진 멀티모드 광섬유를 나타낸다.

도 5는 동일 그레프 상에 1300nm에서 측정된 DMD 프로파일(20) 및 (40)을 도시한다. 상기 곡선은 그 기울기가 유사한($(r/a)^2=0$ 이상) 공통 지점에서 만나기 위해 각각 상승하고 있고, 이 지점이 독단적으로 "0" 지연점으로 정의된다. 대략적으로 말하면, 1300nm의 파장에서 측정될 때, 타깃 DMD 프로파일은 $(r/a)^2=0.0$ 내지 0.25로 측정된 평균 기울기를 갖는 제1 영역과 $(r/a)^2=0.25$ 내지 0.50으로 측정된 평균 기울기를 갖는 제2영역을 포함하고, 제1영역의 기울기는 제2영역의 기울기보다 크다. 다시 말하면, 타깃 DMD 프로파일은 선형이 아니다. 더 바람직하게는 상기 제1영역의 기울기는 상기 제2영역의 기울기보다 1.5배 이상 크다. 가장 바람직하게는 상기 타깃 DMD 프로파일은 $(r/a)^2=0.4$ 내지 0.6으로 측정된 평균 기울기를 갖는 제3영역을 포함하는 것이며, $(r/a)^2=0.4$ 내지 0.6으로의 DMD에서의 변화는 최대 + 0.20nsec/km.이다.

전술한 타깃 DMD 프로파일을 갖고 본 발명에 의한 멀티모드 광섬유를 형성하는 바람직한 방법은, 수트을 형성하기 위해 1개 이상의 도편트 반응물 및 전구 반응물을 포함하는 석영을 열화학적으로 반응시키는 단계를 포함하되, 규격화된 특성을 가지는 유리 예형을 생산하기 위해 어느 정도 적합한 타깃에 상기 수트을 전달하고, 유리 예형에서 $62.5\mu\text{m}$ 또는 $50\mu\text{m}$ 코어 영역을 갖는 멀티모드 광섬유를 인출하는 것이다. 상기 반응 단계는 하나 이상의 도편트 반응물 및 전구 반응물을 더 포함하되, 이것은 타깃 DMD 프로파일로 나타난 멀티모드 광섬유에 충분히 이르기 위해서 수트 침전 방법에 따른 것이다. 바람직한 실시예에서, 상기 수트 침전 방법은 적정 비율의 실리콘 테트라 클로라이드(SiCl_4) 및 게르마늄 테트라 클로라이드(GeCl_4)를 포함하되, 이는 상기 소정의 타깃 프로파일의 요구량을 만족한 멀티모드 광섬유가 된다. 1300nm의 파장에서 측정될 때, 상기 멀티모드 광섬유는 $(r/a)^2=0.0$ 내지 0.25의 제1영역에서 측정된 제1평균 기울기와 $(r/a)^2=0.25$ 내지 0.50의 제2영역에서 측정된 제2평균 기울기를 가질 것이고, 상기 제1평균 기울기는 상기 제2평균 기울기보다 크다. 그러나 본 발명은 실리콘 테트라 클로라이드(SiCl_4) 및 게르마늄 테트라 클로라이드(GeCl_4)로 제한되진 않는다.

도 7은 대체로 포물선 형태의 굴절률 프로파일 곡선을 도시하되, 본 발명의 멀티모드 광섬유의 제1 바람직한 실시예의 곡선이다(도 2 및 도 3의 DMD 프로파일 곡선을 나타낸 동일 섬유). 도 8은 대체로 포물선 형태의 굴절률 프로파일 곡선을 도시하되, 본 발명의 멀티모드 광섬유의 제2 바람직한 실시예의 곡선이다(도 4의 DMD 프로파일을 나타낸 동일 섬유). 비록 이러한 형태가 본 발명을 수행하기 위해 요구되는 것은 아니지만, 전술한 바와 같이, 상기 형태는 본 발명에 따라 사용된 DMD 측정 기술의 이점을 분명하게 나타낸다. 도 7 및 도 8에서는, 굴절률 프로파일의 최고점에서의 굴절률 프로파일 섭동(perturbation; 撃動)의 미세한 차이를 제외하면, 그 밖의 굴절률 프로파일 영역은 본 발명의 멀티모드 광섬유의 제1 및 제2 바람직한 실시예 모두에 유사하게 직선으로 나타난다.

특별히 이곳에 도시되어 있지 않다면, $50\mu\text{m}$ 를 갖는 멀티모드 광섬유도 유사하게 형성될 수 있다. 그런 멀티모드 광섬유를 위한 타깃 DMD 프로파일은 전술한 바와 같이 $62.5\mu\text{m}$ 를 갖는 멀티모드 광섬유의 타깃 DMD 프로파일과 상이하다는 것은 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 상기 수트 침전 방법도 또한 다를 것이다. 타깃 DMD 프로파일은 기울기 영역을 $(r/a)^2=0.0$ 내지 0.2의 제1영역 및 $(r/a)^2=0.2$ 내지 0.4의 제2영역으로 정의함으로써 설명될 수 있다는 것은 더 명백할 것이다.

본 발명은 하기 실시예로서 더 명백하게 될 것이다.

제1실시예

멀티모드 섬유로 최적화된 레이저의 실행을 실험하는 한가지 방법은 소정의 DMD 특성을 갖는 섬유를 제조하고, 다양한 레이저원과 함께 실험하는 것이다. 도 6은 상기 실험 결과이다.

도 2, 도 3 및 도 7에 도시된 DMD 프로파일에 의해 특성화된 멀티모드 광섬유의 "유효" 대역폭(MHz.km)은 780nm 내지 850nm 기가비트 이더넷 시스템의 다양한 레이저로써 도 6에 도시된다. 상기 섬유의 OFL 대역폭은 850nm에서 288MHz.km 및 1300nm에서 1054MHz.km이고, 상기 대역폭은 본 명세서에서 참고된 롤치 기술과 표준 측정 방법을 사용하여 측정되었다. 상기 섬유의 레이저 대역폭은 850nm에서 930MHz.km(전술한 바와 같이, 0.85nm보다 적은 RMS 분광 폭을 갖는 850nm 공급원 레이저뿐만 아니라 $23.5\mu\text{m}$ 직경 코어를 갖는 패치코드를 사용함.) 및 1300nm에서 2028MHz.km(코어 중심에서 $4\mu\text{m}$ 의 롤치 오프셋을 확보한 패치코드와 단일모드 섬유의 일반적인 제품을 위한 파브리-페롯 레이저를 사용함)이며, 본 명세서에서 참고된 롤치 기술과 표준 측정 방법을 사용하여 측정되었다. 다양한 기가비트 이더넷 시스템 레이저원을 위하여 도 6에 도시된 상기 "유효" 대역폭은 $23.5\mu\text{m}$ 패치코드를 갖는 규정된 850nm 레이저 대역폭처럼 동일 측정 기술에 의해 측정되지만, 근시 및 원시 두 곳에서 각 레이저가 다른 분포의 전력을 갖기 때문에 각 개별의 기가비트 이더넷 시스템 레이저를 변화시키는 롤치 상태를 지닌다. 이는 큰 대역폭이 대단히 다양한 레이저 롤치와 함께 본 발명의 섬유를 사용하여 나타나게 된다는 것을 설명한다. 규정된 롤치(930MHz.km)를 갖는 상기 측정된 레이저 대역폭은 다수의 실제 기가비트 이더넷 시스템 레이저로 획득된 것과 대략적으로 같다. 단파장 기가비트 이더넷 시스템 레이저 대역폭은 288MHz.km의 850nm OFL 대역폭보다 분명히 우수하고, 상기 범위에서 기가비트 이더넷 시스템 링크 길이를 광범위하게 확장하도록 요구된다. 또한, $4\mu\text{m}$ 오프셋과 함께 1300nm 파브리-페롯 레이저를 사용하여 측정된 1300nm 레이저 대역폭은 1300nm OFL 대역폭보다 2배 이상 크다.

제2실시예

제2실시예로서, 도 4에 도시된 측정된 DMD의 섬유 및 도 8에 도시된 측정된 굴절률 프로파일의 섬유는 OFL 대역폭을 위해 실험되었고, 1300nm에서 $4\mu\text{m}$ 오프셋과 850nm에서 $23.5\mu\text{m}$ 패치코드를 사용한 "규정된" 레이저 대역폭을 위해 실험되었으며, 1세트의 13 기가비트 이더넷 시스템 레이저를 갖는 "유효" 대역폭을 위해 실험되었다. 상기 표준 OFL 대역폭은 850nm의 564MHz.km 및 1300nm의 560MHz.km에서 측정되었다. $23.5\mu\text{m}$ 직경 코어를 지닌 패치코드를 사용한 850nm의 상기 "규정된" 레이저 대역폭은 826MHz.km이고, 반면에 $4\mu\text{m}$ 오프셋을 갖는 파브리-페롯 레이저를 사용함으로써 정의된 1300nm 레이저 대역폭은 5279MHz.km의 값을 갖는다. 850nm 또는 780nm의 13기가비트 이더넷 시스템 레이저로 측정된 "유효" 대역폭은 다음과 같다: 1214, 886, 880, 876, 792, 786, 754, 726, 614, 394, 376, 434, 및 472MHz.km이다. 또한 $23.5\mu\text{m}$ 직경 코어를 갖는 패치코드와 함께 850nm를 위한 상기 규정된 레이저 롤치는 다수의 실제 기가비트 이더넷 레이저원과 함께 나타난 "유효" 대역폭에 근접한 대역폭을 산출한다.

본 발명의 사상과 범주를 벗어나지 않는 다양한 변경 및 변형이 이루어질 수 있음을 당업자는 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구범위에 속하는 본 발명의 변형, 변경 및 그 등가물을 포함한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 멀티모드 광섬유의 바람직한 실시예의 사시도이고,

도 2는 1300nm에서 측정된 도 1의 멀티모드 광섬유의 DMD 프로파일 곡선이며,

도 3은 850nm에서 측정된 도 1의 멀티모드 광섬유의 DMD 프로파일 곡선이고,

도 4는 1300nm에서 측정된 본 발명의 멀티모드 광섬유의 제2 바람직한 실시예의 DMD 프로파일 곡선이며,

도 5는 도 1의 멀티모드 광섬유의 DMD 프로파일 곡선 및 1300nm에서 측정된 제2 바람직한 멀티모드 광섬유의 DMD 프로파일 곡선을 도시한 그래프이고,

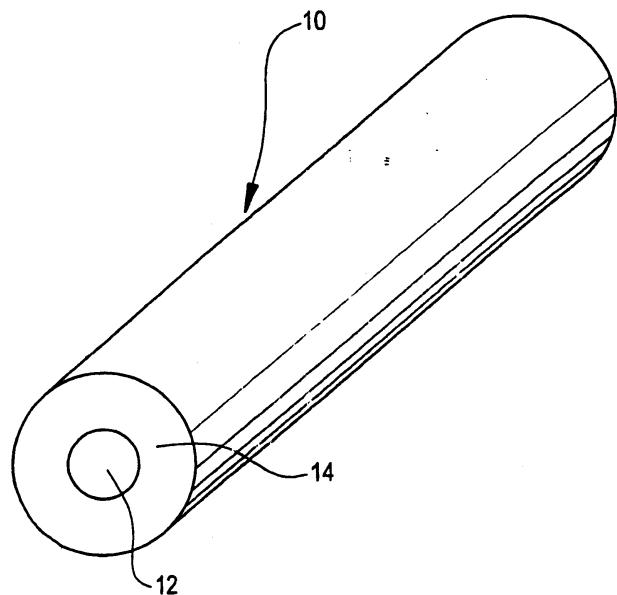
도 6은 다양한 레이저원을 위해 도 1의 광섬유의 대역폭을 도시하며,

도 7은 본 발명의 멀티모드 광섬유의 제1 바람직한 실시예의 굴절률 프로파일 곡선이 되며, 도 2의 DMD 프로파일을 가지고 있고,

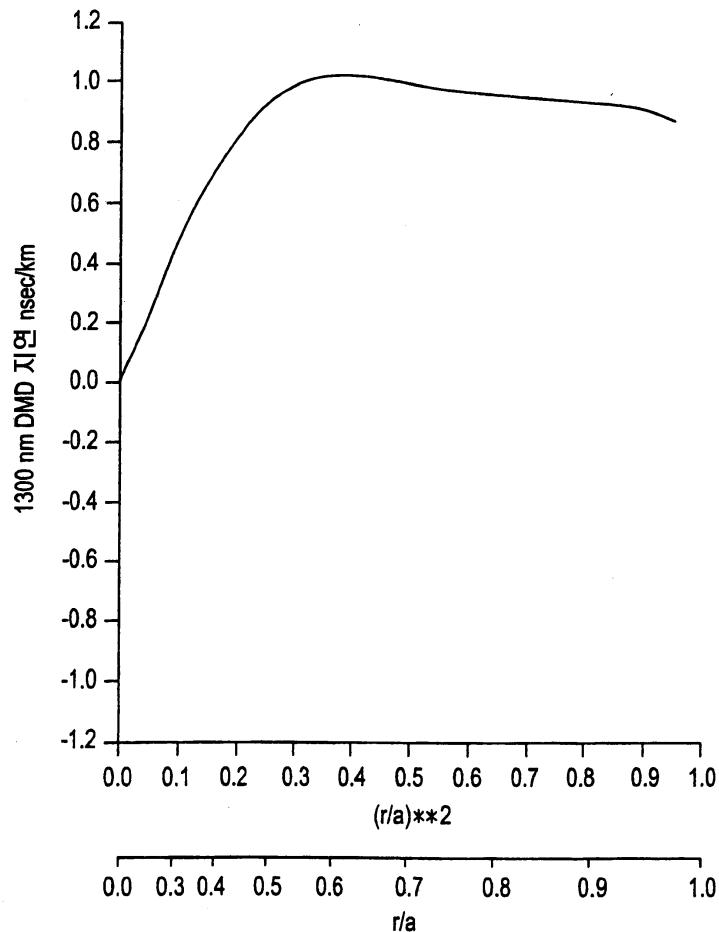
도 8은 본 발명의 멀티모드 광섬유의 제2 바람직한 실시예의 굴절률 프로파일 곡선이 되며, 도 4의 DMD 프로파일을 가진다.

도면

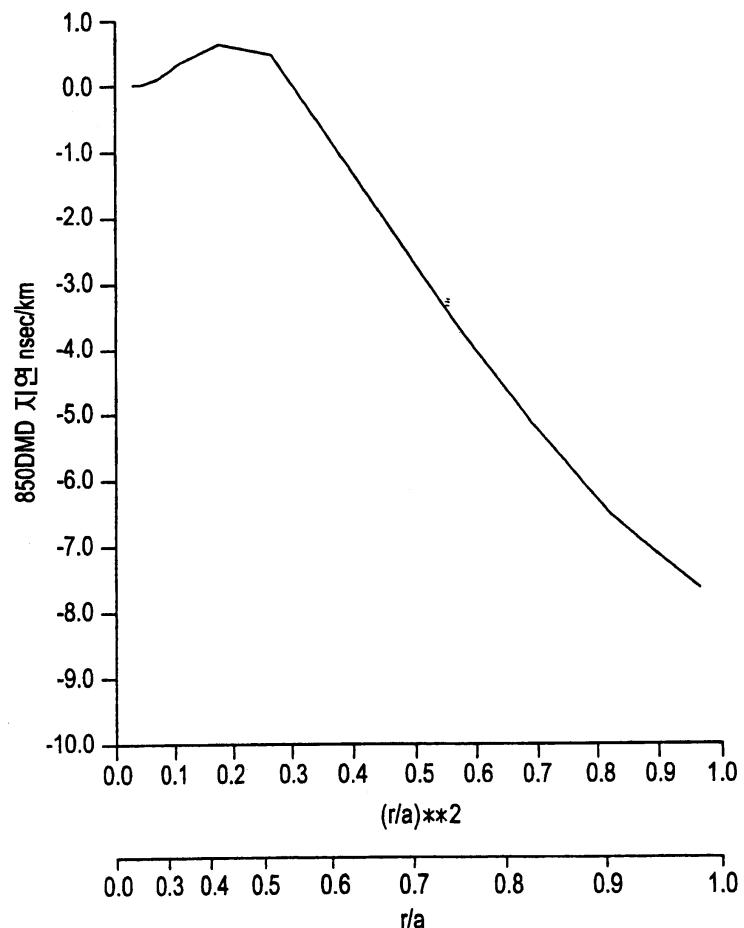
도면1



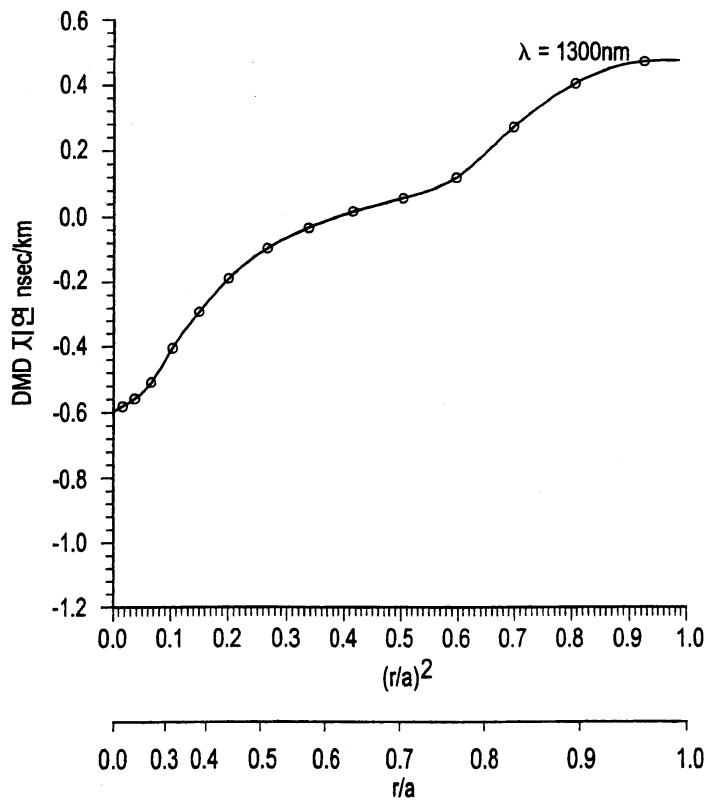
도면2



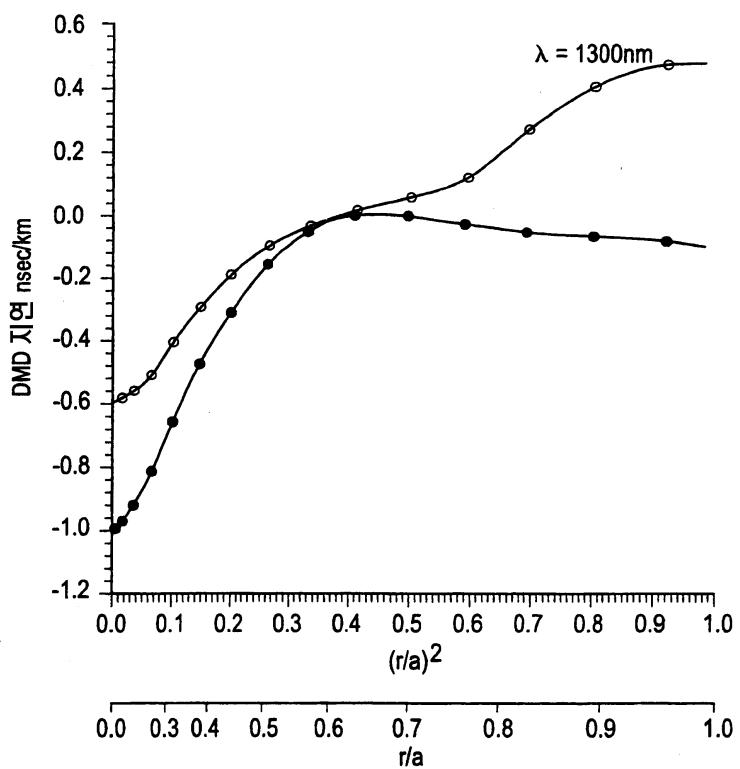
도면3



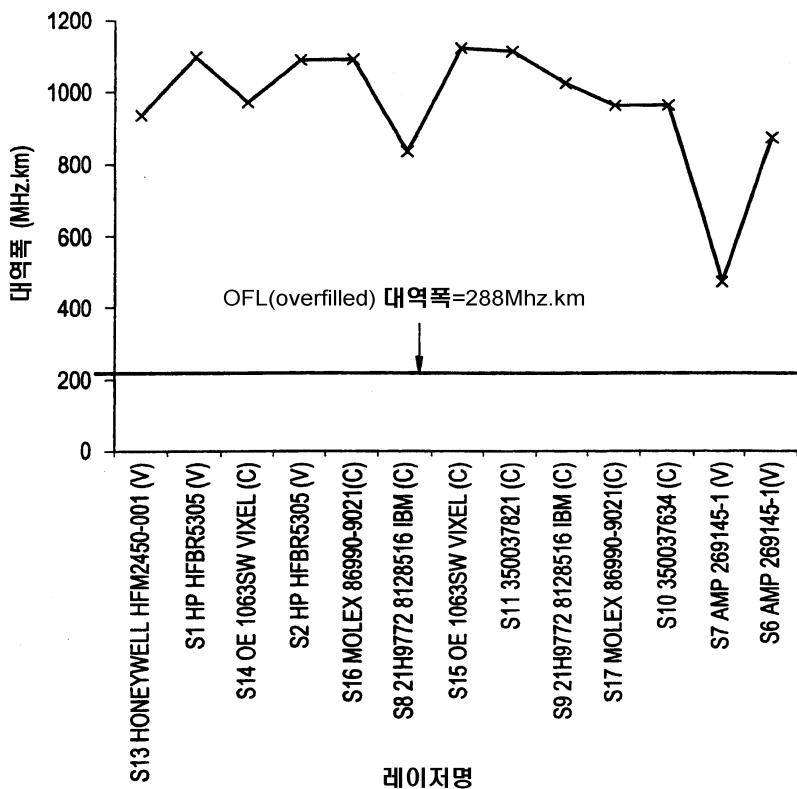
도면4



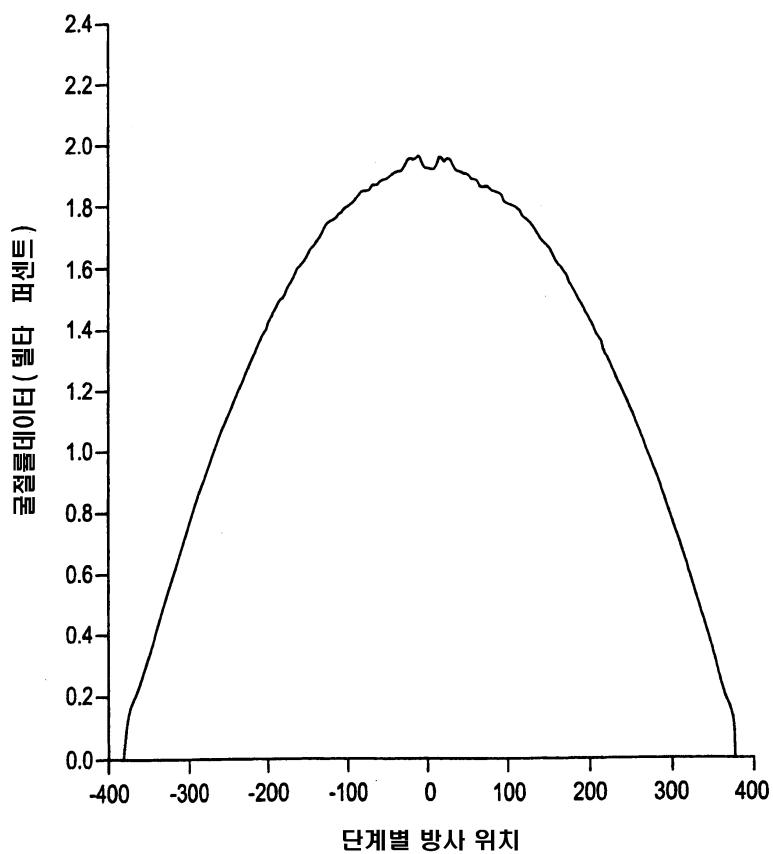
도면5



도면6



도면7



도면8

