

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)(51) Int. Cl.⁵
G02B 6/24(45) 공고일자 1990년04월 16일
(11) 공고번호 특 1990-0002513

(21) 출원번호	특 1982-0005069	(65) 공개번호	특 1984-0002526
(22) 출원일자	1982년 11월 09일	(43) 공개일자	1984년 07월 02일
(30) 우선권 주장	319301 1981년 11월 09일 미국(US)		
(71) 출원인	더 보드 오브 트러스티스 오브 더 리랜드 스탠포드 주니어 유니버시티 로렌스 더블유. 오스본 미합중국 캘리포니아 스탠포드(우편번호 94305)		
(72) 발명자	허버트 존 샤우 미합중국 캘리포니아 스탠포드 알바라도 로우 719(우편번호 94305) 미셸 제이.에프. 디고네트 미합중국 캘리포니아 멘로 파크 클라우드 애비뉴 1070(우편번호 94025)		
(74) 대리인	장수길, 이세진		

심사관 : 이병일 (특허공보 제1837호)**(54) 수동 광학 섬유 멀티플렉서****요약**

내용 없음.

대표도**도 1****명세서**

[발명의 명칭]

수동 광학 섬유 멀티플렉서

[도면의 간단한 설명]

제 1 도는 각각의 기부의 각각의 아치형 홈에 장착된 한쌍의 광학섬유 가닥을 도시한, 본 발명에 멀티플렉서로서 사용된 광학 섬유 결합기이 횡단면도.

제 2 도는 및 제 3 도는 각각 선 2-2 및 선 3-3을 따라 절취하여 도시한, 제 1 도의 결합기의 횡단면도.

제 4 도는 관련된 광학 섬유의 장착 부재 및 광학 섬유의 타원형 접촉 표면을 도시하기 위해 다른 기부로부터 분리된 제 1 도의 결합기의 하부기부를 도시한 사시도.

제 5 도는 상호 작용 지역에 중첩된 한쌍의 광학 섬유의 미소 지역을 도시한 개략도.

제 6 도는 결합기의 파라메타로서, 곡선 반경, 코어 간격 및 상호 작용 길이를 도시한 제 1 도의 결합기의 개략도.

제 7 도는 "등가"결합기의 개략도.

제 8 도는 소정의 광학 섬유 코어 간격에 대한 상호 작용 길이의 함수인, 소정의 파장의 광선 신호에 대한 표준 결합 전력의 그래프도.

제 9 도는 다른 광학 섬유 코어 간격에 대한 상호 작용 길이의 함수인, 제 8 도와 동일한 파장의 광선 신호에 대한 표준 결합 전력의 그래프도.

제 10 도는 최소 광학 코어 간격(중첩된 간격 표면)의 함수인, 소정의 파장의 광선에 대한 표준 결합 전력의 그래프도.

제 11 도는 5 미크론(micron)의 최소 간격을 갖고 있는 결합기에 대한 유효 상호 작용 길이 대 광학 섬유 곡선 반경의 그래프도.

제 12 도는 5 미크론의 최소 간격과 25cm 및 100cm의 광학 섬유의 곡선 반경을 갖고 있는 한쌍의 결합기에 대한 신호 파장의 함수인 유효 상호 작용 길이의 그래프도.

제 13 도는 접촉 표면들이 측방향으로 편기(offset)된 상태를 도시한, 연마 후의 광학 섬유의 타원

형 표면들의 개략도.

제 14 도는 결합기내의 2개의 중첩된 광학 섬유에 제 1 직교 방향의 물리적 관계를 도시한 개략도.

제 15 도는 제 14 도의 그래프의 직교 방향으로 취해진 제 14 도의 광학 섬유의 개략도.

제 16 도는 편기된 광학 섬유에 대한, 제 14 도와 유사한 개략도.

제 17 도는 제 16 도의 편기된 광학 섬유에 대한, 제 1 도와 유사한 개략도.

제 18 도는 633cm의 파장, 25cm 및 100cm의 반경, 및 5 미크론의 최소 광학 섬유 간격을 갖고 있는 한쌍의 결합기에 대한 수평 광학 섬유 편기의 함수인, 본 발명에 따른 결합기의 유효 상호작용 길이를 도시한 그래프도.

제 19 도는 제 1 최소 광학 섬유 코어 간격에 대한 축방향 편기의 함수인 표준 결합 전력의 그래프도.

제 20 도는 제 2 광학 섬유 코어 간격에 대한 축방향 편기의 함수인 표준 결합 전력의 그래프도.

제 21 도는 제 3 광학 섬유 코어 간격에 대한 축방향 편기의 함수인 표준 결합 전력의 그래프도.

제 22 도는 시스템 효율 손실이 표준 결합 전력의 모든 범위에 걸쳐서 균일한 것을 나타내는 일예의 결합기에 대한 축방향 편기의 함수인 표준 결합 전력(a)와 축방향 편기의 함수인 시스템 효율 손실(b)의 그래프도.

제 23 도는 접촉 표면이 종방향으로 편기된 상태를 도시한, 광학 섬유의 접촉 표면의 개략도.

제 24 도는 접촉 표면들이 회전 가능하게 편기된 상태를 도시한, 광학 섬유의 접촉 표면의 개략도.

제 25 도는 단파장을 갖고 있는 본 발명의 결합기 내에 결합된 광학 섬유들 사이의 E전계 중첩 상태를 도시한 개략도.

제 26 도는 중간파장에 대한 E전계 중첩 상태를 도시한, 제 25 도와 유사한 도면.

제 27 도는 장파장에 대한 E전계 중첩 상태를 도시한, 제 25 도 및 제 26 도와 유사한 도면.

제 28 도는 표준 주파수의 함수인 코어/피복물 경계 및 코어 전력/총전력에서의 평균 전력 밀도의 그래프도.

제 29 도는 25cm의 광학 섬유 반경을 갖고 있는 제 1 형태의 광학 섬유 결합기에 대한 결합 길이 대 신호 파장을 도시한 도표.

제 30 도는 25cm의 광학 섬유 반경을 갖고 있는 제 2 형태의 광학 섬유 결합기에 대한 결합 길이 대 신호 파장을 도시한 도표.

제 31 도는 본 발명의 멀티플렉서를 도시한 개략도.

제 32 도는 4 미크론의 최소 광학 섬유 간격, 0미크론의 편기 및 25cm의 광학 섬유 반경을 갖고 있는 제 1의 형태의 광학 섬유 결합기에 대한 상대 결합전력 대 신호 파장을 도시한 도표.

제 33 도는 제 32 도와 유사하지만 200cm의 광학 섬유 곡선 반경을 갖고 있는 상대 결합 전력 대 신호 파장을 도시한 도표.

제 34 도는 상이한 최소 광학 섬유 간격들을 갖고 있는 여러 결합기에 대한 결합 길이 대 신호 파장에 의해 나누어진 상호 작용 길이의 상(quotient)을 도시한 도표.

제 35 도는 4 미크론의 최소 광학 섬유 간격, 200cm의 광학 섬유 반경, 및 선택가능한 광학 섬유 편기를 갖고 있는 제 1 형태의 광학 섬유 결합기에 대한 상대 결합 전력 대 신호 파장을 도시한 도표.

제 36 도는 결합기를 바람직한 결합 효율에 동조시키도록 접촉 표면의 편기를 조정하기 위해 마이크로미터를 갖고 있는 동조 장치의 사시도.

제 37 도는 본 발명의 멀티플렉싱 결합기를 사용하는 다중 파장 멀티플렉싱 시스템의 개략도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10 : 결합기	10a 및 10b : 결합기 절반부
12 : 광학 섬유	12a 및 12b : 광학 섬유 가닥
13 a 13b : 홈	14a 및 14b : 대향 표면
15a 및 15b : 코어	16a 및 16b : 블록
17a 및 17b : 대향표면	18a 및 18b : 타원형 접촉 표면
32 : 상호 작용 영역	33 : 임계영역
34 : 미소 지역	38 : 접촉제
70 : 동조 장치	71 : 마이크 로미터 캐리지(carriage)
72 : 계단식 U형 채널	74 : 저부
76 : 상부	78 : 리테이너(retainer)

80 : 마이크로미터(micrometer)

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 수동 광학 섬유 멀티플렉서에 관한 것으로, 특히 단일 광학 섬유상에 상이한 광학 섬유에 의해 이송된 상이한 광선 파장의 다수의 신호들을 결합하거나, 한쌍의 광학 섬유 상에 계속 전달하기 위해 공통광학 섬유에 이송된 상이한 광선 파장의 신호들을 분리시키는데 유용한 파장 응답 멀티플렉서에 관한 것이다.

종래에, 광학 섬유 멀티플렉싱은 한쌍의 도파관이 전압 응답 굴절률을 갖고 있는 석영 물자로 둘러싸여 있는 능동 시스템을 사용함으로써 이루어졌다. 이러한 능동 시스템은 양호한 작용을 하기 위해 사용 중에 조심스럽게 동조시키고, 조정해야 할 뿐만 아니라 전력을 인가시켜야 한다.

이 능동 시스템들 이외에도, 도파관들이 결합될 주파수를 제외한 모든 주파수에서 상이한 위상 전달 상수를 갖고 있어 모든 다른 주파수들로부터 이 주파수를 분리시키는, 1976년 5월 18일자로 하여된 헨리 에프. 테일러(Henry F. Taylor)의 특허 제 3,957,341 호에 기술된 바와같은 수동 주파수 선택 결합기가 고안되어 있다. 그러나, 이러한 시스템들은 바람직한 주파수 분리를 하기 위해 조심스럽게 물질을 선택해야 하고, 광범위한 주파수 대역에 걸쳐서 광학 신호들을 분리시키기 위해 제조 중 또는 제조후에 이 시스템 자체를 조정할 수가 없게 된다.

2 개의 동일한 병렬 유전성 도파관 사이의 광선 에너지 결합에 따른 주파수는 다수의 발간된 과학 논문지에 이론적으로 기술되어 있으나, 수동 시스템내의 광선 에너지의 결합은 일반적으로, 주파수 선택성이 비교적 명확하지 않기 때문에, 즉 이러한 시스템은 비교적 약한 해상도(resolution)만을 발생시키기 때문에, 대부분의 경우에 비실용적이다.

그러므로, 고해상도 주파수 선택을 제공하고 광범위한 주파수 대역내에서 선택된 주파수에 대한 이러한 해상도를 제공하도록 조정할 수 있는 수동 광학 결합기가 필요하다. 그러므로, 대부분의 광학 시스템에서는, 다중 신호들이 상이한 광학 주파수에서 단일 광학 섬유상에 동시에 전송되어, 광학 섬유의 전송 능력을 증배시키는 것이 바람직하다. 이러한 시스템에 사용하기 위한 멀티플렉서들은 특정한 사용 목적으로 단일의 전송 주파수가 검출될 수 있도록 상이한 주파수들을 멀티플렉싱 또는 분리하기 위해 최소한 제조시에 양호하게 동조될 수 있다. 이러한 멀티플렉싱은 시스템 효율이 멀티플렉서내의 손실에 의해 부당하게 제한되지 않도록 최저 가능 시스템 효율 손실로 이루어지는 것이 바람직하다.

본 발명은 제조시에 동조될 수 있고 소정의 광학 주파수 그룹을 실제로 분리시키거나 결합시키기 위한 광학 섬유 멀티플렉서를 제공한다. 이전의 수동 멀티플렉서와는 달리, 본 발명은 종래 기술에서 필요했던 바와같이 멀티플렉서 제한으로 인해 시스템을 억제시키지 않고, 광학 시스템의 시방서에서 부합하도록 광학 멀티플렉서를 용이하게 제조하기 위해 정확한 동조 능력에 따라 고해상도를 제공한다.

본 발명의 멀티플렉서는 한쌍의 단일 모우드 광학 섬유가 미소 지역 결합을 하고 선택된 주파수에서 과대 결합을 하도록 선택 가능한 상호 작용 길이를 통해 서로 인접하여 배치된 단일 모우드 광학 섬유 결합기를 사용한다. 피복된 단일 모우드 광학 섬유가 결합기를 구성할 때 사용되면, 이 광학 섬유는 광학 물질의 각각의 가닥을 장착시키기 위해 각각의 아치형 홈을 갖고 있는 한쌍의 기부 또는 블록(block)내에 장착 된다. 물질은 바람직한 량의 광학 섬유 물질이 제거될 때까지 블록 및 가닥들을 동시에 연마함으로써 제거된다. 그 다음, 블록들은 대향 관계로 배치되고, 가닥들은 서로 밀접하게 배치되며, 광학 섬유의 절단 부분들은 접촉 관계로 배치된다.

적당한 미소 지역 결합을 하기 위해, 광학 섬유로부터 제거된 물질의 량은 광학 섬유의 코어 부분들 사이의 간격이 선정된 "임계 지역"내에 있도록 조심스럽게 제어되어야 한다. 이것은 각각의 가닥이 다른 가닥으로부터의 미소 지역 에너지의 상당한 부분을 수용하게 하여, 결합은 에너지가 크게 손실되지 않고도 달성된다.

본 발명의 멀티플렉서에 사용된 결합기는 선택된 파장에서의 결합 전력이 시스템 효율 손실에 크게 악영향을 미치지 않고서 선정된 범위를 통해 바람직한 값으로 변화될 수 있도록 조정될 수 있다. 이러한 결합기 조정 또는 결합기 동조는 각각의 접촉 표면이 서로 미끄러질 수 있게 편기되도록 광학 섬유를 이동시킴으로써 달성될 수 있다.

이 결합기 형태의 중요한 특징은 시스템 효율 손실을 낮게 할 수 있다는 것이다. 실험결과, 시스템 효율 손실이 0.2db로 얻어졌는데, 통상적으로는 0.5db이다. 또한, 결합기는 모든 결합 전력이 결합기의 출력측에 전달되는 고도의 방향성을 갖고 있다. 실험결과, 방향성 결합 전력은 역방향성 결합 전력 보다 60db가 더 컸다. 결합기는 또한, 우수한 편광 응답을 갖고 있으므로, 동일한 편광으로 광선을 통과시킨다.

기부 또는 블록내에 있는 아치형 홈의 반경은 선정된 "상호 작용 길이"를 제공하도록 선택될 수 있다. 본 명세서에 사용된 바와같이, "상호 작용 길이"란 용어는 한 광학 섬유의 코어를 다른 광학 섬유의 미소 지역내에 배치시키는 광학 섬유의 축 방향의 길이를 의미한다.

단일 모우드 광학 섬유내의 미소 지역의 형태는 파장에 따라 변한다. 그러므로, 광학 섬유 결합기에서, 제 2 광학 섬유의 코어 위치에서의 제 1 광학 섬유의 미소 지역의 세기는 제 1 광학 섬유에 의해 전송된 광선의 파장에 따라 변한다. 이 사실은 광학 섬유 결합기 내의 상이한 파장들에 대해 상이한 결합 효율을 발생 시키므로 상이한 광선 파장들에 대해 상이한 "결합 길이"를 발생시킨다. 본 명세서에 사용된 바와같이, "결합 길이"는 소정의 파장의 광선을 한 광학 섬유로부터 다른 광학 섬유로 100%결합시키는데 필요한 "상호작용 길이"내의 광학 섬유 축에 평행한 길이를 의미한다. 선정된 파장에서의 결합기의 상호 작용 길이가 결합 길이와 같으며, 결합기는 광선을 제 1광학 섬유로부터 제 2 광학 섬유로 100%이송하게 된다. 그러나, 선정된 파장에서의 상호 작용 길이가 결합 길이의 2 배이면, 모든 광선 에너지는 제 1 광학 섬유로부터 제 2 광학 섬유에 결합된 다음, 제 1 광

학 섬유내의 결합기에서 나오도록 제 2 광학 섬유로부터 다시 제 1 광학 섬유로 결합되어, 0의 순수 결합효율을 발생시킨다. 이 설명으로부터, 상호작용 길이가 선정된 주파수에서의 결합 길이의 짝수 배이면, 결합기의 결합 효율이 0으로 된다는 것을 알 수 있다. 한편, 상호 작용 길이가 소정의 주파수에서의 결합 길이의 홀수배이면, 결합기의 결합효율은 100%로 된다.

상술한 바와같이, 결합 길이가 파장에 따라 변하므로, 결합기의 과대 결합 능력 및 상술한 짝수/홀수배 관계는 결합기가 제 1 파장의 제 1 신호의 광선을 아무것도 결합시키지 못하게 하고, 제 2 파장을 갖고 있는 제 2 신호의 광선을 모두 결합시키게 한다.

부수적으로, 상호 작용 길이가 분리되는 2 개의 파장의 결합길이보다 더 높은 배수로 되면, 결합기의 해상도 또는 주파수 식별 능력이 증가한다. 그러므로, X가 제 1 파장에 대한 결합길이이고 Y가 제 2 파장에 대한 결합 길이이며, 짝수/홀수배 관계가 존재하면, L이 결합기의 상호작용 길이이고 N이 상호 작용 길이 L내의 제 1 파장의 결합 길이의 짝수배인 경우에, $NX=L$ 로 되고 $(N+1)Y=L$ 로 된다. 이러한 상황에서, $N+1$ 은 이 동일한 상호작용 길이 L내의 제 2 신호의 결합길이의 홀수배이다. 이 정의의 따라, $X/Y=(N+1)/N$ 로 된다.

이 관계로부터, N이 증가할 때, 상호작용 길이 X 및 Y사이의 비례차가 감소하므로, 한 신호는 결합되고 한 신호는 결합되지 않는 2 개의 신호의 파장들 사이의 차이는 감소 된다는 것을 알 수 있다.

그러므로, 상호 작용 길이 L은 소정의 시스템에 필요한 주파수 식별 해상도를 제공하는 결합 배수 N을 제공하도록 선택될 수 있다.

본 발명에 따라 구성된 멀티플렉서들은 상이한 광학 주파수의 대다수의 신호들을 분리하거나 이러한 신호들을 단일 광학 섬유상에 결합하기 위해 결합해서 사용될 수 있다.

본 발명의 이 장점 및 장점들에 대해서 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 기술하겠다.

제 1 도 내지 제 4 도에 도시한 바와같이, 본 발명에 사용된 결합기(10)은 각각의 장방형 기부 또는 블록(16a 및 16b)의 광학적으로 평평한 대향 표면(14a 및 14b)내에 각각 형성된 종방향 아치형 홈(13a 및 13b)내에 장착된 단일 모우드 광학 섬유 물질로 된 2 개의 가닥(12a 및 12b)을 포함한다. 가닥(12a)가 홈(13a)내에 장착된 블록(16a)를 결합기 절반부(10a)라고 하고, 가닥(12b)가 홈(13b)내에 장착된 블록(16b)를 결합기 절반부(10b)라고 하겠다.

각각의 가닥(12a 및 12b)는 각각의 중심 코어(19a 및 19b) 및 각각의 외부 피복물(17a 및 17b)을 갖도록 도우프(dope)된 시판중인 석영유리로 된 광학 섬유로 구성된다. 가닥(12a 및 12b)는 전형적으로 10 미크론 이하 정도의 코어 직경 및 125 미크론 정도의 피복물 직경을 갖고 있는 단일 모우드 광학 섬유이다. 도시한 실시예에서, 가닥(12)의 직경 및 각각의 코어는 명확히 도시하기 위해 확대되어 있다.

각각의 아치형 홈(13a 및 13b)는 광학 섬유(12)의 직경에 비해서 매우 큰 곡선 반경을 갖고 있고, 광학섬유(12)가 이 홈속에 장착될 때 홈(13)의 저면벽에 의해 정해진 통로에 일치하게 하기 위해 광학 섬유 직경보다 약간 큰 폭을 갖고 있다. 홈(13a 및 13b)의 깊이는 각각의 블록(16a 및 16b)의 중심부에서의 최소치로부터 각각의 블록(16a 및 16b)의 연부에서의 최대치로 변한다. 이것은, 유리하게도, 광학 섬유 가닥(12a 및 12b)가, 홈(13a 및 13b)내에 장착될 때, 중심부를 향해 점점 모이게 하고 블록(16a 및 16b)의 연부를 향해 분기되게 하므로, 모우드 섭동을 통해 전력 손실을 야기시킬 수 있는 광학 섬유(12)의 변형으로의 뾰족한 만곡 또는 갑작스런 변화들을 제거시킨다. 도시한 실시예에서, 홈(13)은 단면이 장방형인 것으로 도시되어 있으나, 광학 섬유(12)를 수용하는 U형 단면이나 V형 단면과 같은 다른 적당한 단면 외형이 선택적으로 사용될 수도 있다.

도시한 실시예에서, 블록(16)의 중심부에서의 가닥(12)를 장착시키는 홈(13)의 깊이는 가닥(12)의 직경보다 작고, 블록(16)의 연부에서의 홈(13)의 깊이는 양호하게도 최소한 가닥(12)의 직경만큼 크다. 광학 섬유 물질은 대향표면(17a 및 17b)와 각각 동일 평면에 각각의 타원형 프래너표면(18a 및 18b)를 형성하도록 각각의 가닥(12a 및 12b)로부터 제거되었다. 이 표면(18a 및 18b)를 본 명세서에서는 광학 섬유 "접촉 표면" 이라고 부르겠다. 그러므로, 제거된 광학 섬유 물질의량은 블록(16)의 연부를 향한 0로부터 블록(16)의 중심부를 향한 최대치로 점점 증가한다. 광학 섬유 물질의 테이퍼식(tapered)제거는 광학 섬유가 점점 모이고 분기되게 하여, 광선 에너지의 후방 반사 및 과대 손실을 방지하는 데 이롭게 된다.

도시한 실시예에서, 결합기 절반부(10a 및 10b)는 동일하고, 블록(16a 및 16b)의 대향 표면(14a 및 14b)를 함께 배치시킴으로써 조립되므로, 가닥(12a 및 12b)의 접촉 표면(18a 및 18b)는 접촉 관계로 있게 된다.

인덱스(index)정합 오일과 같은 인덱스 정합 물질(도시하지 않았음)은 대향 표면(14)들 사이에 제공된다. 이 물질은 피복물의 굴절률과 거의 같은 굴절률을 갖고 있고, 또한 광학적으로 평평한 표면(14)들이 함께 영구적으로 록크(lock)되지 못하게 한다. 이 오일은 모세관 작용에 의해 블록(16)들 사이에 삽입된다.

상호작용 지역(32)는 가닥(12)의 접합부에 형성되어, 광선이 미소 지역 결합에 의해 가닥들 사이로 이송되게 한다. 미소 지역 결합을 적당히 하기 위해, 광학 섬유(12)로부터 제거된 물질의량은 가닥(12)의 코어부분들 사이의 간격이 선정된 "임계 지역" 내에 있도록 조심스럽게 제어되어야 한다. 미소 지역은 피복물 속으로 연장되고 각각의 코어(15a 및 15b)외측에서 일정 거리로 신속하게 감소한다. 그러므로, 각각의 코어(15a 및 15b)가 다른 코어의 미소 지역내에 배치되게 하기 위해 충분한 물질이 제거되어야 한다. 너무 적은 물질이 제거되면, 코어(15a 및 15b)는 미소 지역이 안내된 모우드의 바람직한 상호 작용을 야기시킬만큼 충분히 밀접하게 되지 못하므로, 불충분한 결합이 생기게 된다. 반대로, 너무 많은 물질이 제거되면, 광학 섬유의 전달 특성이 변경되어, 모우드 섭동으로 인해 광선 에너지가 손실된다. 그러나, 가닥(12a 및 12b)의 코어(15a 및 15b)사이의 간격이 임계 지역내에 있으면, 각각의 가닥은 다른 가닥으로부터 미소 지역 에너지의 상당한 부분을 수용하

여, 에너지를 크게 손실하지 않고서 양호한 결합을 하게 된다. 임계 지역은 광학 섬유(12a 및 12b)의 미소 지역(34a 및 34b)가 각각 결합하기에 충분한 세기로 중첩된, 즉 각각의 코어가 다른 코어의 미소 지역내에 있는 지역(33)을 포함하는 것으로 제 5 도에 개략적으로 도시되어 있다. 그러나, 이미 기술한 바와같이, 코어(15a 및 15b)가 너무 밀접하게 되면 지역(33)내에 모우드 섭동이 생긴다. 예를들어, 단일 모우드 광학 섬유내의 TE_{11} 모우드와 같은 약하게 안내된 모우드의 경우에, 이러한 모우드 섭동은 충분한 물질이 코어들을 노출 시키도록 광학 섬유(12)로부터 제거될 때 생기기 시작한다. 그러므로, 임계 지역은 미소지역(34)과 상당한 모우드 섭동-유발 전력손실이 없이 결합을 시키기에 충분한 세기로 중첩되는 지역으로 정해진다.

특정한 결합기에 대해 임계 지역을 연장시키는 것은 광학 섬유 자체의 파라메타와 결합기의 기하학적인 구조와 같은 다수의 상호관련 요인에 좌우된다. 또한, 계단식 인덱스 측면을 갖고 있는 단일 모우드 광학 섬유의 경우에, 임계 지역은 매우 좁게 될 수 있다. 제 1 도 내지 제 4 도에 도시한 형태의 단일 모우드 광학 섬유의 경우에, 예를들어, 결합기의 중심부에서의 가닥(12)들 사이의 필요한 중심-대-중심 간격은 전형적으로 몇 개(예를들어, 2 내지 3개)의 코어 직경이하이다.

양호하게도, 가닥(12a 및 12b)는 (1)서로 동일하고, (2)상호작용 지역(32)에서의 곡선 반경이 동일하며, (3) 각각의 접촉 표면(18a 및 18b)를 형성하도록 이로부터 제거된 광학 섬유 물질의 양이 동일하다. 그러므로, 광학 섬유(12)는 상호작용 지역(32)를 통해 접촉 표면(18)의 평면에 대칭으로 놓이므로, 접촉 표면(18)은 중첩될 경우에 동일하게 연장된다. 이것은 2 개의 광학 섬유(12a 및 12b)가 상호 작용 지역(32)에서 동일한 전달 특성을 갖게 하므로, 상이한 전달 특성에 관련된 결합 감쇠를 방지시킨다.

블록 또는 기부(12)는 적당한 강성 물질로 제조될 수 있다. 한 양호한 실시예에서, 기부(12)는 길이가 약 1 인치(2.54cm)이고, 폭이 1 인치(2.54cm)이며, 두께가 0.4 인치(약 1.016cm)인 응용 석영 유리의 장방형 블록으로 구성된다. 이 실시예에서, 광학 섬유 가닥(12)는 에폭시 접착제와 같은 적당한 접착제(38)에 의해 슬롯트(13)내에 고착된다. 응용 석영 블록(16)의 한가지 장점은 이 블록들이 유리 섬유의 열팽창 계수와 유사한 열팽창 계수를 갖고 있다는 것인데, 이 장점은 특히 블록(16) 및 광학 섬유(12)가 제조 공정 중에 열처리를 받을 경우에 중요하다. 블록(16)용의 다른 적당한 물질은 이 응용의 경우에 우수한 열특성을 갖고 있는 실리콘이다.

[결합기(10)의 동작]

결합기(10)은 제 1 도에 A, B, C 및 D로 표시한 4개의 포오트를 포함한다. 제 1 도의 사시도를 고찰하면, 가닥(12a 및 12b)에 각각 대응하는 포오트 A 및 포오트 C는 결합기(10)의 좌측에 있고, 가닥(12a 및 12b)에 각각 대응하는 포오트 B 및 포오트 D는 결합기(10)의 우측에 있다. 설명을 하기 위해서, 입력 광선이 포오트 A로 인가된다고 가정한다. 이 광선은 가닥(12)들 사이에 결합되는 전력량에 따라 결합기를 통과하여 포오트 B 및 포오트 D에서 출력으로 된다. 이에 관해서, "표준 결합 전력"이란 용어는 결합 전력 대전체 출력 전력의 비로서 정해진다. 상기 예에서, 표준 결합 전력은 포오트 D에서의 전력 대 포오트 B 및 포오트 D에서의 전력 출력의 합계의 비와 동일하게 된다. 이 비는 또한 "결합 효율"이라고도 불리우는데, 이렇게 사용될 때는 전형적으로 %로서 표시된다. 그러므로 "표준 결합 전력"이란 용어가 본 명세서에 사용되면, 대응하는 결합 효율이 표준 결합 전력의 배와 동일하게 된다는 것을 알아야 한다. 이에 관해서, 검사 결과, 결합기(10)이 100%까지의 결합 효율을 갖는 것으로 나타났다. 그러나, 결합기(10)은 0과 최대치 사이의 바람직한 값으로 결합 효율을 조정하도록 "조정"될 수도 있다는 것도 알 수 있다.

또한, 결합기(10)은 방향성이 높으므로, 결합기의 한측에 인가된 전력은 거의 모두 결합기의 다른 측으로 전달된다. 결합기 방향성은 포오트 A로 입력이 인가될 때, 포오트 D에서의 전력 대 포오트 C에서의 전력의 비로서 정해진다. 검사결과, (포오트 D에서의)방향성 결합 전력은 (포오트 C에서의)역방향성 결합 전력보다 6db 가 더 큰 것으로 나타났다. 또한, 이 결합기 방향성은 대칭이다. 즉, 결합기는 결합기 측이 입력측이거나 출력측이거나 간에 관계없이 동일한 특성으로 동작한다. 또한, 결합기(10)은 매우 낮은 시스템 효율 손실로서 이 결과들을 달성한다. 시스템 효율 손실은 1에서 뺀 전체 출력 전력(포오트 B 및 포오트 D)대 입력 전력(포오트 A)의 비[즉, $1-(P_B + P_D)/P_A$]로서 정해진다. 실험결과, 0.5db의 손실이 통상적이었으나, 0.2db의 효율 손실이 얻어진 것으로 나타났다. 또한, 이 실험들은 결합기(10)이 인가된 입력 광선의 편광에 거의 무관하게 동작한다는 것을 나타낸다.

결합기(10)은 광선이 가닥(12)들 사이로 이송되도록 가닥(12)의 안내 모우드가 미소 지역들을 통해 상호 작용하는 미소 지역 결합원리로 동작한다. 이미 기술한 바와 같이, 이 광선 이동은 상호 작용 지역(32)에서 생긴다. 이동된 광선의 양은 상호 작용 지역(32)의 유효 길이 뿐만 아니라, 코어(15a 및 15b)의 근접도 및 배향에 따라 변한다. 다음에 상세하게 기술하는 바와 같이, 이송된 광선의 양은 광선의 파장에 따라서도 변한다. 상호 작용 지역(32)의 길이는 광학 섬유(12)의 곡선 반경에 따라 변하고, 코어 간격의 제한 크기에 따라 변하지만, 상호 작용 지역(32)의 유효 길이는 코어 간격에 무관하다. 그러나, 다음에, 더욱 상세하게 기술하는 바와 같이, 결합 길이는 코어간격 뿐만 아니라 파장의 함수이다. 약 1.4 미크론의 연부-대-연부코어 간격 및 25cm 정도의 곡선 반경을 사용하는 한 예시적인 실시에서, 유효 상호 작용 지역은 633nm의 광선 신호 파장에서 길이가 약 1mm이다. 이러한 결합기내에서, 633nm에서의 결합 길이가 또한 1mm이기 때문에, 광선은 상호 작용 지역(32)를 통해 이동할 때 가닥(12)들 사이로 단 한번만 이동하게 된다. 그러나, 상호 작용 지역(32)의 길이가 증가되거나, 코어 간격이 감소되면, 결합 길이가 유효 상호 작용 길이보다 짧기 때문에 본 명세서에서 "과대 결합"이라고 칭한 현상이 생긴다. 이러한 상황에서, 광선은 이 광선이 발생된 가닥으로 다시 이동하게 된다. 상호 작용 길이가 더욱 증가되거나 코어 간격이 더욱 감소되면, 유효 상호 작용 길이는 결합 길이의 더 큰 배수로 되고, 광선은 다른 가닥으로 다시 이동된다. 그러므로, 광선은 지역(32)를 통해 이동할 때 2 개의 가닥(12) 사이에서 앞뒤로 여러번 이동하게 되는데, 이러한 이동 횟수는 상호 작용 지역(32)의 길이, (다음에 기술한 바와 같은)광선 파장 및 코어 간격에 따라 변하게 된다.

[유효 상호 작용 길이]

상기 내용을 제 1 도의 결합기(10)를 개략적으로 도시한 제 6 도를 참조하여 더욱 상세하게 기술하겠다. 광학 섬유(12a 및 12b)의 코어들은 결합기의 중심부에서 H로 표시된 최소 간격으로 점점 모이고 결합기의 연부를 향해 분기되는 것으로 도시되어 있다. 유효 상호 작용 길이는 L로 표시되어 있고, 가닥(12a 및 12b)의 곡선 반경은 R로 표시되어 있다. 상술한 바와같이, 유효 상호 작용 길이 L은 곡선 반경 R의 함수로 되지만, 광학 섬유(12)들 사이의 최소 간격 H와는 거의 무관하게 된다. 이 무관성은 비교적 큰 코어 간격과 짧은 파장의 경우에만 유효하게 되지만, 대부분의 경우에 양호한 근사치를 제공하므로, 유리하게도 제 6 도에 도시한 결합기가 제 7 도에 도시한 바와 같이 제 6 도의 간격 H와 동일한 간격 H 만큼 상호 작용 길이 L(제 6 도의 결합기의 유효 상호 작용 길이 L과 동일함)을 통해 분리된 2 개의 평행한 도파관을 포함한 "등가" 결합기로서 분석될 수 있게 된다.

제 7 도에 도시한 "등가" 결합기의 유효 상호 작용 길이 L 또는 광학 섬유 간격 H를 변화시키는 효과는 제 8 도 및 제 9 도를 참조함으로써 알 수가 있다. 제 8 도는 결합 전력 P0가 소정의 광학 섬유 간격 H1 및 소정의 파장에 대한 상호 작용 길이 L의 함수로서 정현파 형태로 변하는 것을 나타내는 정현파 곡선(40)을 도시한 것이다. 이 광학 섬유 간격에서, 결합 전력은 상호 작용 길이가 L1일 때 약 50% 이고, 상호 작용 길이가 L2로 증가할 때 100%로 증가된다. 상술한 정의에 따르면, L2는 이 소정의 파장에 대한 결합 길이와 같다. 상호 작용 길이가 더욱 증가되어 결합 길이보다 더 길어지면, "과대 결합"이 생기어, 광선은 이 광선이 발생된 가닥으로 다시 이동되고, 결합 전력 P0는 0을 향해 감소하기 시작한다. 그 다음, 결합 전력은 L3에서 0으로부터 예를 들어 50%로 증가한다. 그러므로, 결합량은 제 7 도의 "등가 결합기"의 상호 작용 지역의 길이 L을 변화시킴으로써 변화될 수 있다.

이 "등가 결합기"의 광학 섬유들 사이의 간격 H를 감소시킴으로써, 결합 세기가 증가되어, 제 8 도의 정현파 곡선과 제 9 도의 정현파 곡선(42)를 비교함으로써 알 수 있는 바와 같이, 소정의 상호 작용 길이 L을 통해 이동되는 광선량이 증가된다. 예를 들어, 광학 섬유 간격이 H1(제 8 도)에서 H2(제 9 도)로 감소되면, 결합 전력은 제 8 도 내의 동일한 상호 작용 길이 L1의 50%에 비교된 바와 같이, 제 9 도 내의 상호 작용길이 L1에서 100%로 될 수 있다. 그러므로, 이 간격 변화는 소정의 파장에 대한 결합 길이를 효율적으로 L2(제 8 도)에서 L1(제 9 도)로 감소시킨다. 그 다음, 곡선(42)는 과대 결합을 나타내기 시작하고 결합 전력은 상호 작용 길이 L2에서 50%로 감소된다. 결합 길이 L1의 홀수배(5배)인 상호 작용 길이 L3에서, 곡선(42)는 결합 전력의 다시 100%로 된 것을 나타낸다. 그러므로, 제 7 도의 "등가 결합기"내의 소정의 상호 작용 길이(예를 들어, L1, L2 또는 L3) 및 광선 파장의 경우에, 결합 길이는 광학 섬유 코어 간격을 변화 시킴으로써 조정될 수 있다.

제 7 도의 "등가 결합기"의 소정의 상호 작용 길이 L 및 소정의 광선 파장에 대한 최소 광학 섬유 간격 H와 결합 전력 P0 사이의 관계는 제 10 도에 곡선(44)로 도시되어 있다. 이 도면에 도시한 바와 같이, 표준 결합 전력은 0 과 1 사이로 진동하는데, 코어 간격 H를 감소시킴으로써 결합 길이가 감소될 때 주파수가 증가된다. 곡선 H상의 기준점 a, b 및 c는 0.5, 1.0 및 0.25 의 표준 결합 전력을 각각 나타내도록 다소 임의로 선택되었다. 지점 "a"에서, 전력의 50%는 한 광학 섬유로부터 다른 광학 섬유로 결합된다. 지점 "b"에서는 완전 결합이 이루어져, 광학 전력의 100%가 가닥들 사이로 이동된다. 한편, 지점 "c"는 결합 전력의 완전 결합으로부터 25%로 감소된 과대결합 상태를 나타낸다.

전술한 바와같이, 제 6 도에 개략적으로 도시한 결합기의 상호 작용 길이는 제 7 도에 도시한 "등가 결합기"를 사용함으로써 가장 유리하게 분석되는데, 이 도면에서 최소 간격 H는 실제광학 섬유의 최소 간격 H와 동일하지만, 제 6 도의 실제 광학 섬유의 최소 간격 H와 동일하지만, 제 6 도의 실제 광학 섬유의 "유효 상호 작용 길이"는 제 7 도의 "등가 결합기"의 실제 상호 작용 길이와 동일하다. 이 분석시에, 제 6 도의 결합기의 "유효 상호 작용 길이"는 주로 실제 결합기의 곡선 반경 R에 따라 변하는 복소 함수이다. 이 분석은 광학 섬유의 축 방향에 있는 최소 간격의 지점으로부터 양 방향의 결합 계수를 적분하는 것을 포함하는데, 결합 계수는 광학 섬유의 변화 간격에 따라 변한다. 중첩된 구부러진 광학 섬유에 대한 이 변화 간격은, R이 최소 간격 지점으로부터의 광학 섬유의 곡선 반경 이고 H0 가 최소 간격 거리인 경우, 식 $H(Z) = H_0 + Z^2/2R$ 로 된다.

이 분석으로부터, 결합기 "유효 상호 작용 길이"는 광학 섬유 곡선 반경 R과의 전형적인 의존 관계는 광범위한 신호 파장의 경우에 대해 제 11 도에 도시되어 있다. 예상한 바와 같이, 상호 작용 길이는 곡선 반경이 증가함에 따라 증가한다. 근사적으로, 최소 광학 섬유 간격 H0 가 광학 섬유 반경 a와 비교해 볼 때 큰 경우 및 값 V(신호 주파수), 즉 짧은 신호 파장이 큰 경우, 상호 작용 길이 값 L은 다음과 같이 된다.

$$L = (R)^{1/2} (V/\pi a + 1/4H_0)^{-1/2}$$

이 식으로부터, 상호 작용 길이 L은 $(R)^{1/2}$ 로 증가된다는 것을 알 수 있다. 이 결과는 제 11 도에 도시되어 있다. 계수 4 만큼 반경 R이 증가하면 유효 상호 작용 길이가 2배로 늘어난다.

상술한 바와 같이, 유효 상호 작용 길이 L은 제 6 도의 최소 광학 섬유 간격 H와 무관한 것으로서 생각 할 수 있다.

멀티플렉서로서 이 결합기를 사용하 때에는, 상기 L에 대한 근사식에 의해 기술된, 유효 상호 작용 길이 L(제 6 도)와 신호 파장과 의존 관계가 중요하다. 값 γ 가 광학 섬유 피복물 내부의 비-섬동 광학 섬유 모우드의 미소 지역의 투과 깊이인 경우에, $\gamma = v/a$ 로 된다. 상호 작용 길이에 대한 상기 식은 긴 신호 파장이 광학 섬유 피복물 내로 더 깊이 투과하기 때문에 이 길이가 파장에 따라 증가한다는 것을 나타낸다.

유효 상호 작용 길이(제 6 도)에 대한 신호 파장의 효과는 제 12 도에 도시되어 있다. 이 도면에서,

상호 작용 길이는 파장이 증가함에 따라 다소 선형으로 증가한다.

상술한 개념은 결합기(10)의 "동조능력" 개념을 이해하는 데 유용하다. 본 명세서에 사용한 바와같이, "동조"란 용어는 광학 섬유들 사이에 결합된 전력을 조정하기 위해 서로 관련해서 광학 섬유(12)를 이동시키는 것을 뜻한다. 광학 섬유(12)의 이러한 이동은 서로 관련해서 프래너 접촉 표면(18)을 미끄러트럼으로써 이루어지므로, 광학 섬유들은 중첩되지 않고, 편기된다. 즉, 광학 섬유(12)는 프래너 접촉 표면의 평면내에서 서로 이동된다. 다른 관점에서 보면, 이러한 이동은 각각의 광학 섬유가 놓이는 각각의 평면이 서로 관련하여 이동될 때 생긴다.

광학 섬유 이동의 한 양호한 방법에서, 접촉 표면(18)은 축방향으로 편기된다. 본 명세서에 사용한 바와 같이, "축방향 편기"란 용어는 광학 섬유(12)들 사이의 병렬 관계를 계속 유지하면서 광학 섬유 코어들 사이의 간격을 증가시키기 위해 중첩 위치로부터 접촉 표면(18)을 축방향으로 미끄러트럼하는 것을 뜻한다. 접촉 표면(18)의 이러한 축방향 편기는 제 13 도에 개략적으로 도시되어 있다. 물론, 이러한 축방향 편기의 효과는 광학 섬유(12)의 코어들 사이의 간격을 변화시키는 것이다. 그러나, 이 간격 변화외에도, 상호 작용 길이도 영향을 받는다. 식 $H(Z) = H_0 + Z^2 / 2R$ 은 중첩된 구부러진 광학 섬유 대한 변화 간격의 정의로서 제공되었다. 이러한 광학 섬유가 축방향으로 편기되면, 이식은 더욱 복잡해진다. 제 14 도 및 제 15 도는 이미 분석한 중첩된 형태에 대한 2 개의 개념(광학 섬유 평면에 대한 평행 및 수직 개념)을 간략하게 도시한 것이다. 제 16 도 및 제 17 도에 도시한 편기 형태에서, Y가 축방향 편기이면 최소 광학 섬유 간격은 $(H_0^2 + Y^2)^{1/2}$ 로 되지만, 제 17 도에 점선으로 표시한 이 최소 간격의 방향은 광학 섬유의 평면내에 더 이상 놓이지 않게 된다. 제 17 도에 도시한 새로운 축△는 평면에 대하여 비둘어진다. 이 △축 방향으로부터 바라보면, 광학 섬유 곡선이 변하고, 곡선의 투영된 반경은 실제 반경 R보다 더 크게 된다. 그러므로, 광학 섬유들 사이의 간격 H(Z)는 두 형태가 동일한 최소 간격을 갖고 있을 때 중첩된 형태에서만큼 빠르게 Z축을 따라 증가하지 못한다. 그러므로, 이 편기 형태에서의 H(Z)에 대한 상기 식은 $H(Z) = [(H_0 + Z^2 / R)^2 + Y^2]^{1/2}$ 로 된다.

이 예상된 동작은 결합기 상호 작용 길이 대 광학 섬유 편기 Y를 계산함으로써 직접 증명 될 수 있다. 제 18 도는 광학 섬유 편기가 증가함에 따라 결합기 상호 작용 길이가 증가하는 상태를 도시한 것이다.

상술한 설명으로부터, 소정의 신호 파장에서 유효 상호 작용 길이 L(제 6 도)은 주로 광학 섬유의 곡선 반경에 따라 변한다는 것을 알 수 있다. 최소 광학 섬유 간격 H와의 의존성은 모든 실제목적들을 위해 무시될 수 있다. 다른 파장을 갖고 있는 신호들이 피복물내로의 다른 투과 깊이를 갖고 있으므로, 신호 파장에 따라 상호 작용 길이가 변하게 된다. 즉, 상호 작용 길이는 파장이 증가함에 따라 증가된다. 부수적으로 구부러진 광학 섬유 결합기의 기하학적 형태는 각각의 광학 섬유의 유효 곡선 반경이 증가된다. 부수적으로 구부러진 광학 섬유 결합기의 기하학적 형태는 각각의 광학 섬유의 유효 곡선 반경이 증가하게 하여, 광학 섬유의 축방향 편기가 증가함에 따라 상호 작용 길이를 증가시킨다. 이 설명으로부터의 중요한 결론은, 소정의 광학 섬유 형태 및 신호 파장의 경계, 중첩된 형태의 제 6 도의 구부러진 광학 섬유들 사이의 유효 상호 작용 길이가 광학 섬유 곡선 반경 R을 선택함으로써 제조시에 셋트된다는 것이다.

제 19 도의 곡선(46)은 "a"(제 10 도)와 동일한 최소 연부-대-연부 코어 간격 H와 소정의 파장 광선을 갖고 있는 결합기에 대한 광학 섬유 접촉 표면(18)의 축방향 편기 효과를 그래프로 도시한 것이다. 광학 섬유의 접촉 표면(18)이 중첩되면(즉, 편기가 없으면), 표준 결합 전력은 제 10 도의 곡선(44)에 의해 요구된 바와 같이 0.5로 된다. 그러나, 광학 섬유(12)의 접촉 표면(18)이 코어들 사이의 간격을 증가시키도록 어느 한 방향으로 축방향 편기되면, 결합 전력은 점차 0으로 감소한다.

제 20 도의 곡선(48)을 참조하면, "b"(제 10 도)와 동일한 연부-대-연부 코어 간격과 동일한 광선 파장을 갖고 있는 결합기에 대한 표준 결합 전력에 따른 축방향 광학 섬유 편기 효과가 도시되어 있다. 편기가 없고 접촉 표면(18)들이 중첩될 때, 표준 결합 전력은 제 10 도의 곡선(44)에 의해 요구된 바와같이 1.0 이지만, 광학 섬유(12)의 접촉 표면(18)이 어느 한 방향으로 축방향 편기될 때 결합 전력은 점차로 감소한다.

제 21 도의 곡선(50)은 "c"(제 10 도)와 동일한 코어 간격과 동일한 광선 파장에 대한 관련된 광학 섬유 편기함수로서 결합 전력을 나타내는데, 이 곡선은 과대 결합 상태를 나타낸다(즉, 유효 상호 작용 길이는 결합 길이를 초과한다). 이 곡선(50)으로부터의, 광학 섬유(12)의 접촉 표면(18)들이 중첩되면, 표준 결합 전력이 0.25로 된다는 것을 알 수 있다. 코어 간격은 접촉 표면(18)을 축방향으로 편기되도록 미끄러트럼으로써 증가되므로, 표준 결합 전력은 처음에 유효 상호 작용 길이가 결합 길이와 동일하도록 감소될 때 1.0으로 증가하고, 그 다음 코어 간격이 더욱 증가될 때 0을 향해 감소한다.

제 19 도, 제 20 도 및 제 21 도에 도시된 모든 상술한 경우에 있어서, 이 도면들에 대응하는 물리적 파라메타와 광선 파장이 0 편기에서의 광학 섬유 간격을 제외하면 동일하다고 가정하면, 결합 전력은 동일한 축방향 편기에서 0으로 감소한다. 제 19 도, 제 20 도 및 제 21 도의 곡선(46, 48 및 50)을 각각 비교함으로써, 이 곡선들의 각각의 기울기는 코어 간격이 감소할 때 증가한다는 것을 알 수 있다. 그러므로, 축방향 편기에 대한 결합기의 감도는 제 19도 또는 제 20 도에 도시한 특성을 가진 결합기 보다는 제 21 도에 도시한 특성을 가진 결합기의 경우에 더 높게 된다.

[시스템 효율 손실]

실험결과, 결합기(10)의 시스템 효율 손실은 코어의 축방향 편기가 비교적 클때를 제외하면, 거의 일정하였다. 한 예시적인 결합기 상에서의 검사는 시스템 효율 손실이 어느 한 방향으로 10 미크론 까지 축방향 편기될 경우, 0.2db로 최소 손실되었다는 것을 나타냈다. 이 결합기는 1.460의 코어 인덱스, 1.4559의 피복물 인덱스 및 4 미크론의 코어 직경을 갖고 있는 단일 모드 광학 섬유를 사용하였다. 광학 섬유의 곡선 반경은 25cm이고, 연부-대-연부 코어 간격은 약 0.9 미크론이었으며, 사

용된 광선의 파장은 632.8nm이었다. 제 22 도는 이 예시적인 결합기의 경우의, 접촉표면(18)의 측방향 편기의 함수로서, 참조 번호(60)으로 표시된 시스템 효율 손실의 그래프와 참조번호(62)로 표시된 표준 결합 전력의 그래프를 도시한 것이다. 제 14 도의 중심부를 통해 그려진 2개의 수평파선은 0.2db 전력 손실 대역의 상부 및 하부 영역을 제공한다. 전력 손실 곡선(60)은, 어느한 방향으로 약 12 미크론까지 측방향 편기될 경우, 이 대역내에 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 12 미트론 측방향 편기때에, 표준 결합 전력은 약 0.1 이라는 것도 알 수 있다. 그러므로, 결합 전력이 0.1 및 1 인 경우, 전력 손실은 약 0.2db의 최소 전력 손실로 있게 된다. 전력 손실 대역이 0.5db로 확장되면, 전력 손실 대역은 15 미크론 까지의 광학 섬유 편기의 경우에, 0.5dB 대역내에 있게 되는데, 이것은 0.05(즉, 5%) 이하의 결합 전력에 대응한다. 그러므로, 이 결합기는 장치의 전체 동작 범위에 걸쳐서 거의 일정한 시스템 효율 손실, 즉 비교적 좁은 전력 손실 대역폭을 나타낸다. 또한, 시스템 효율 손실은 매우 낮고, 10%와 100% 사이의 결합 전력의 경우에는, 비교적 일정하다.

검사 결과, 상술한 예시적인 예에서와 같이, 0.5dB의 손실이 통상적이지만, 약 0.2dB 정도로 낮은 시스템 효율 손실이 얻어진다는 것을 나타냈다.

결합 손실이 결합 효율의 전체 범위에 걸쳐서 접촉 표면(18)의 측방향 편기에 비교적 둔감하기 때문에, 이러한 측방향 편기는 바람직한 결합 전력량을 제공하도록 결합기(10)를 동조시키기에 특히 유리한 방법이다. 그러나, 결합기 특성은 접촉 표면을 종방향 편기 시킴으로써 변화될 수 있다. 이 의미로 사용된 바와 같은 "종방향 편기"란 용어는 제 23 도에 개략적으로 도시한 바와 같이, 광학 섬유(12)와 평행 방향으로 중첩 위치로부터 편기 위치로 접촉표면(18)을 이동시키는 것을 뜻한다. 사실상, 이러한 종방향 편기는 광학 섬유(12)의 최소 코어 간격을 증가시킨다. 예를 들어, 제 10 도를 다시 참조하면, 접촉 표면(18)들이 중첩될 때 광학 섬유 간격 H가 "a"와 같을 때, 접촉 표면(18)을 종방향 편기시키면 이 지점 "a"는 곡선(44)를 따라 "a"라 칭한 지점으로 이동하게 된다. 이와 마찬가지로, 이 종방향 편기는 "b"를 곡선(44)를 따라 "b"로 이동시키고 지점 "c"를 곡선(44)를 따라 "c"로 이동 시킨다. 물론, 이것은 표준 결합 전력을 0 편기로 감소 시킴으로써, 제 19 도, 제 20 도 및 제 21 도의 편기 곡선을 대응하게 변화시킨다.

실험결과, 비교적 작은 측방향 편기에 의해 이루어진 변화와 등가인 결합 변화를 발생시키기 위해 비교적 큰 종방향 편기가 필요한 것으로 나타났다. 그러므로, 결합기는 종방향 편기에 비교적 둔감하다. 부수적으로, 시스템 효율 손실이 종방향 편기에 의해 크게 영향을 받지 않기 때문에, 접촉 표면(18)의 배열은 제한되지 않는다.

결합기(10)의 결합 특성은 상호 작용 지역의 유효 길이를 감소시키기 때문에, 서로 관련해서 접촉 표면(18)을 회전시킴으로써 악영향을 받을 수 있다. "회전 편기"란 용어는 공동축, 예를 들어 축(66) 주위에서 접촉 표면(18)을 회전시킴으로써, 제 24 도에 개략적으로 도시한 바와 같이, 광학 섬유를 이동시키는 것을 뜻한다. 이러한 회전 편기의 효과는 표면을 종방향 편기시키기 위한 상술한 효과와 유사하다. 즉, 결합기(10)은 결합 전력 뿐만 아니라 시스템 효율 손실의 변화 면에서 작은 회전 편기에 비교적 둔감하다.

그러므로, 접촉 표면을 회전 편기시키거나 종방향 편기시킴으로써 결합 전력을 소수 조정할 수 있고, 결합 전력의 주요 조정은 전형적으로 접촉 표면(18)을 측방향 편기시킴으로써 행해지지만, 이 기술들을 결합해서 사용할 수도 있다.

[결합 길이]

상술한 바와 같이, 결합기(10)내의 결합 길이(35)는 소정 파장이 광선을 한 광학 섬유(12)로부터 다른 광학 섬유(12)로 완전히 이동시키는데 필요한 길이이다. 특히 제 8 도, 제 9 도 및 제 10 도를 참조하여 기술한 바와 같이, 결합 길이(35)는 최소 광학 섬유 간격 H (제 6 도)에 의해 직접적으로 악영향을 받는다. 부수적으로, 결합 길이(35)는 광선 파장의 함수이다. 상술한 바와 같이, 광학 섬유 피복물 내부의 비-섭동 광학 섬유 모드이 미소 지역의 투과 깊이는 파장이 증가함에 따라 증가한다.

이 현상은 각각의 2 개의 밀접하게 간격을 두고 떨어진 광학 섬유에 대한 미소 지역 크기를 도시한 제 25 도, 제 26 도 및 제 27 도에 그래프로 도시되어 있다. 제 25 도에 도시한 바와 같이, 단파장에서는, 이러한 파장들에서의 미소 지역이 광학 섬유 코어 부근(파선으로 표시함)에 대부분 제한되므로, 즉 모드들이 각각의 도파관내에 양호하게 안내되고 양호하게 제한되므로, 미소 지역(E1 및 E2) 사이에 불충분한 중첩이 존재한다. 제 26 도에 도시한 바와 같이, 신호 파장이 증가되면, 미소 지역(E1 및 E2)는 광학 섬유 코어로부터 떨어져 더욱 연장되고, 모드 중첩은 증가한다. 결합 계수는 광학 섬유의 코어(제 25 도 내지 제 27 도의 교차 부분)를 통해 미소 지역 값(E1 및 E2)를 적분한 결과이기 때문에, 이 결합 계수도 마찬가지로 증가한다. 그러나, 제 27 도에 도시한 바와 같이, 장파장인 경우, 모드들은 대부분의 이용가능한 모드 에너지가 상호 작용의 교차 영역(광학 섬유 코어)에 없는 주위 피복물 내로 멀리 늘어난다.

이 현상은 또한, 피복물(또는 코어)에 의해 이동된 표준 전력과 코어-피복물 공유 영역에서의 전력 밀도가 약하게 안내된 광학 섬유에 대한 표준 주파수의 함수로서 도시된 제 28 도에 도시되어 있다. 더 긴 파장(저 주파수)에서, 대부분의 모드는 광학 섬유 피복물내에 있게 된다(약하게 안내된다). 코어-피복물 경계 영역, 또는 피복물내의 소정 방사 위치에서의 전력 밀도(및 전체의 크기)는 소정 신호 파장의 경우에 최대가 된다. 더 짧은 파장에서, 에너지 분포는 코어를 향해 전이되고(양호하게 안내된 모드), 더 긴 파장에서, 에너지는 더욱 확산되므로, 코어내의 소정 방사 위치에서 감소되지만 (양호하게 안내된 모드), 더 긴 파장에서, 에너지는 더욱 확산되므로 코어 또는 피복물내의 소정 방사위치에서 감소 된다(느슨하게 안내 된다). 병렬 광학 섬유 결합기 내에 최대 결합 파장이 존재하면 모델 전력 밀도 곡선내에 이 최대치가 생기게 된다.

모드 중첩은 최대 결합 파장에서 최대가 되기 때문에, 결합 길이(광학 섬유들 사이에서 에너지가 완전히 이동하는 데 필요한 길이)는, 소정의 광학 섬유 간격 H의 경우, 이 최대 결합 파장에서 최소로 나타난다. 또한, 최적한 결합 또는 가장 짧은 결합길이의 파장은 광학 섬유 간격이 증가될 때 적

외선을 향해 전이 된다.

신호 파장과 결함 길이의 의존 관계는 제 29 도 및 제 30 도에 2 개의 상이한 형태의 광학 섬유에 대해 도시되어 있다. 제 29 도에 도시한 제 1 형태의 광학 섬유는 2 미크론의 광학 섬유 반경, 1.460의 코어 굴절률 및 14599의 피복물 굴절률을 갖고 있다. 제 30 도에 도시한 제 2 형태의 광학 섬유는 3 미크론의 코어 반경, 1.458의 코어 굴절률 및 1.14551의 피복물 굴절률을 갖고 있다. 이 도면들로부터, 소정의 광학 섬유 간격 H의 경우에, 결함 길이는 처음에 신호 파장이 적외선을 향해 가시 스펙트럼의 한 단부로부터 증가할 때 감소되고, 그 다음 파장이 더욱 증가할 때 증가한다는 것을 알 수 있다. 그러므로, 소정의 광학 섬유 간격의 경우에는, 가장 짧은 결함 길이를 갖고 있는 파장이 있는데, 이 파장은 광학 섬유 간격이 증가할 때 적외선을 향해 전이된다.

[파장 멀티플렉싱]

제 1 도 내지 제 4 도를 참조하여 기술한 바와 같이, 단일 모우드 광학섬유 결합기내의 결함 길이가 제 29 도 및 제 30 도에 도시한 바와 같이, 신호파장과 강력한 의존관계에 있기 때문에, 제 2 신호 파장이 기본적으로 비결합된 상태로 유지되는 동안 1 개의 신호 파장을 완전히 결합시키도록 결합기 (10)에 대한 기하학적 파라메타들을 양호하게 선택할 수 있다. 이 현상은 2 개의 중첩된 신호들이 결합기의 단일 포트 내로 분리되어 공급되게 하거나, 2 개의 신호들이 결합기(10)의 한 축상의 포트내로 결합되어 공급되게 한다. 그러므로, 제 31 도에 도시한 바와같이, 파장 λ_1 을 갖고 있는 제 1 신호, 즉 신호 1이 결합기(10)의 포트 A내로 공급되고, 파장 λ_2 를 갖고 있는 제 2 신호, 즉 신호 2가 포트 C에 결합되며, 기하학적인 파라메타가 양호하게 선택되면, 두 신호 들은 사실상, 포트 D에 광선 출력이 없게, 포트 B에 결합될 수 있다. 이 현상은 반대로 될 수 있다. 즉, 신호 1 및 신호 2가 포트 B에 입력되면, 이 신호들은 포트 A 및 C에서 분리되어 출력된다.

이 파장 의존 관계를 설명하기 위해, 제 35 도는 특정한 결합기의 기하학적인 파라메타에 대한 결합 전력대 가시스펙트럼 및 적외선 스펙트럼내의 신호 파장의 관계를 도시한 것이다. 이 결합기 형태의 경우, 결합기의 유효상호작용 길이가 파장이 720nm인 경우에는 결함 길이의 홀수배로 되고 파장이 550nm인 경우에는 결함 길이의 짝수배로 되기 때문에, 파장 720nm는 100% 결합되고, 파장 550nm는 효율적으로 비결합된다. 상이한 효율로, 상이한 파장들이 결합되거나 분리될 수 있다. 예를들어, 590nm 및 650nm는 80% 효율로 분리 되거나 결합될 수 있다.

사실상, 소정 쌍의 파장(λ_1, λ_2)는 유효 상호 작용길이가 1 파장인 경우에 결함 길이의 짝수로 되고 다른 파장의 경우에 결함 길이의 홀수배로 되는 한 효율적으로 결합되거나 분리될 수 있다. 이미 기술한 바와 같이, 유효 상호작용 길이 내의 결함 길이의 수가 증가하면, 멀티플렉서의 해상도가 향상된다. 상술한 바와 같이, 유효 상호작용 길이는 주로 결합기(10)의 곡선 반경 R의 함수이므로, 멀티플렉서 해상도는 곡선반경 R을 증가시킴으로써 향상될 수 있다. 결합기의 상호 작용 길이가 충분히 크면, 2 개의 신호들은, 이 신호들의 파장들이 얼마나 밀접하게 간격을 두고 떨어져 있는 가에 관계없이, 정확히 혼합되거나 분리될 수 있다.

제 29 도 및 제 30 도를 참조하여 기술한 바와같이, 결함길이가 전형적인 단일 모우드 광학섬유의 경우에 중요한 스펙트럼 범위 내에서 최소치를 나타내므로, 이 저해상도 지점에서 멀리 떨어져서 멀티플렉서를 동작 시키도록 주의를 해야한다. 제 29 도 및 제 30 도를 참조하여 기술한 바와같이, 최소 결함 길이의 위치는 최소 광학섬유 간격에 따라 변한다. 그러므로, 이 파라메타는 높은 결함 편차를 위해 결합기를 해당 파장 범위내에 양호하게 바이어스 시키기 위해 사용될 수 있다.

제 12 도를 참조하여 기술한 바와같이, 상호 작용길이는 파장의 함수이고, 해상도는 $(R^{-1/2})$ 에 거의 비례한다. R이 증가하면, 유효 상호작용 길이가 증가하여, 결함길이의 더 높은 배수로 되어, 해상도가 개량된다. 이 결과는 유효 상호작용 길이가 증가하여 더 높은 결함길이의 배수로되어, 해상도가 개량하는 것으로 제 33 도에 도시되어 있다. 이 결과는 곡선 반경이 200cm로 증가되어 있는 것을 제외하면, 제 32 도의 그래프와 비교될 수 있는, 제 33 도에 도시되어 있다. 예상한 바와같이, 이 반경증가는 $\lambda=600\text{nm}$ 부근에서의 결합기 해상도를 25cm 반경에서의 약 170nm로부터 200cm 경우의 약 60nm로 개량시킨다. 또한, 제 29 도로부터 예상한 바와같이, 결함 길이가 $\lambda=1$ 미크론에서 최소인데, 이것은 이미 설명한 바와같이 이 범위내의 더 불충분한 해상도를 나타낸다.

제 12 도를 참조하면, 유효 상호작용 길이가 파장의 함수로 되는 것으로 도시되어 있다. 제 29 도 및 제 30 도를 참조하여 기술한 바와같이, 결함 길이가 또한 파장의 영향을 받기 때문에, 멀티플렉서 해상도를 정하는 유효상호 작용 길이 내의 결함길이의배수는 이 파장 의존관계들의 영향을 받는다. 이 점에 관해서, 제 34 도는 결함길이에 나눈 유효 상호작용 길이의 상(quotient)이 최대치를 나타내고, 이 최대치와 이에 따라 생기는 파장이 최소 광학섬유 간격 H에 따라 변하는 상태를 도시한 것이다. 이미 기술한 바와같이, 제 34 도의 한 곡선의 최대치 근처에서 동작되는 멀티플렉서로 양호한 해상도를 얻기가 어렵다. 왜냐하면, 이 범위 근처의 상이 파장에 따라 천천히 변하기 때문이다. 그러므로, 이 상의 기울기가 비교적 큰 범위내에서 멀티플렉싱 결합기를 동작시키는 것이 매우 바람직하다. 제 34 도로부터, 이 목적은 소정파장 상의 경우에 광학섬유 간격인 파라메타 H를 양호하게 선택함으로써 이루어질 수 있다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 유효 멀티플렉싱이 제 1 형태의 광학섬유에서 0.9 미크론의 파장 근처에서 바람직하게 되면, 5 내지 6 미크론의 광학섬유 간격은 더 높은 기울기를 제공하므로, 해상도를 더욱 좋게 한다.

최고 광학섬유 H가 결정되면, 곡선반경 R은 멀티플렉스될 주파수 상들에 필요한 $(\lambda_1 - \lambda_2)$ 주파수 분리를 제공하도록 선택될 수 있다. 이 관계는 이미 설명되었고, 유효 상호작용 길이는 곡선 반경의 함수로 되며, 분기될 2 개의 주파수의 경우의 결함 길이에 대한 홀수/짝수 배수 필요조건으로 된다. 곡선 반경 R의 변화는 유효 상호작용 길이에만 비례하고, 결함 길이에 비례하지 않는다. 그러므로, 제 34 도의 곡선의 최대치 위치는 결함길이 (제 29 도 및 제 30 도)의 최소치 위치의 함수이므로, 반경 R의 변화는 제 34 도의 곡선 들의 최대치를 거의 편기시키지 않고서 이 곡선들에 비례한다.

그러므로, 멀티플렉싱 결합기의 해상도는 2 개의 독립파라메타, 즉 H(광학섬유 간격) 및 R(광학섬유의 곡선반경)에 따라 변한다. 소정쌍의 신호 파장의 경우, 효율적으로 혼합시키는 것은 우선 해당 파장 근처에서 제 34 도의 상에 대해 큰 파장 의존 관계를 발생시키는 결합기에 대한 광학섬유 간격을 양호하게 선택한후 (H의 선택), 그다음 파장들 사이의 차와 동일한 해상도를 발생시키는 곡선 반경을 선택 (R의 선택) 함으로써 이론적으로 이루어질 수 있다.

결합기의 해상도가 분리될 파장에 따라 셋트된 후, 결합기는 유효 상호작용 길이가 한 파장의 결합 길이의 짝수 배로되고 다른 파장의 결합 길이의 홀수배로 되도록 해당 파장에 대해 겨합 길이를 정확하게 조정하기 위해 동조될 수 있다. 이것은 제 16 도 및 제 17 도를 참조하여 기술한 바와같이, 광학섬유를 편기시킴으로써 이루어진다. 이미 기술한 바와같이, 이러한 편기는 최소 광학섬유 간격 H를 증가시키고 광학섬유의 유효 곡선 반경을 증가시키는 효과를 갖고 있다. 요구된 편기가 매우 작으면, 멀티플렉서 해상도를 나쁘게 하지 않는다. 이것은 큰 반경 결합기의 간격 H가 광학섬유 편기에 따른 유효 곡선 반경의 변화와 비교하여 광학섬유 편기에 따라 신속하게 변한다는 사실로부터 유래된다.

멀티플렉싱 결합기의 동조 능력을 설명하기 위해, 제 35 도는 광학섬유 편기의 3 개의 증가치(0 미크론, 0.5 미크론 및 1.0 미크론)에 대한 상대 결합 전력 대 파장의 그래프가 도시되어 있다. 이 곡선은 편기가 증가할 때 증가 파장을 향해 전이되는 것으로 도시되어 있으나, 진동(또는, 해상도)의 주기는 거의 변하지 않는다. 이 특정한 예 ($R=200\text{cm}$, $H=4\text{미크론}$)에서, 1 미크론 편기는 곡선을 약 45nm 정도 전이시킨다.

전술한 설명으로부터, 소정 쌍의 파장(λ_1 , λ_2)에서 유효한 멀티플렉서의 설계는 다음 수단들을 포함한다는 것을 알 수 있다.

1. 최소 광학섬유 간격은 해당 주파수들이 제 34 도의 곡선의 최대치로부터 멀리 떨어지도록 선택된다.
2. 곡선 반경 R은 요구된 해상도를 달성하도록 선택된다. 즉, 곡선 반경은 상술한 홀수/짝수 배수 관계를 제공하도록 유효 상호작용 길이내의 필요한 길이를 제공하는 상호 작용 길이가 생기게 한다.
3. 제조후, 멀티플렉서는 파장 해상도를 크게 변형시키지 않고서 파장(λ_1 및 λ_2)에서의 결합에 악영향을 미치는 광학섬유 간격 H를 증가시키기 위해 2 개의 광학섬유를 편기시킴으로써 조정된다. 결합기(10)은 제 36 도에 도시한 동조 장치(70)에 의하여 상술한 개념들에 따라 기계적으로 동조될 수 있다. 이 장치(70)는 계단식 U형 채널(72)을 갖고 있는 마이크로미터 캐리지(carriage, 71)를 포함한다. 채널(72)의 하부(74)는 상부(76)보다 좁고, 결합기 블록(16B)를 견고하게 장착하기 위한 크기로 되어 있으며, 블록(16B)의 저면은 채널(72)의 저면위에 있다. 채널(72)의 상부(76)와 하부(74) 사이에는 계단식 이동부분(79)이 있다. 상부(76)와 하부(74) 사이의 계단식 이동부분(97)은 블록의 대향표면(14) 밑에 있으므로, 상부 블록(16A)는 채널(76)에 수직 방향으로 이동될 수 있다. 결합기(10)은 이러한 이동이 접촉 표면(18)을 측방향으로 편기시킬 수 있게 하기 위해 가닥(12)가 채널(72)에 평행한 방향으로 있도록 배향되어 있다.

한쌍의 원통형 리테이너(78)는 채널(72)의 상부(76)의 한 측면으로부터 돌출하도록 미끄러질 수 있게 장착되어 있다. 이 리테이너(78)는 블록(16A)의 한 측면을 누르도록 스프링 하중 되어 있다. 차동 마이크로미터(80)는 채널 상부(76)의 대향 측벽상에 장착되어 있다. 이 마이크로미터(80)는 블록(16A)의 대향 측면을 누르므로, 블록(16A)는 마이크로미터(80)과 스프링 바이어스리테이너(78) 사이에 유지된다.

마이크로미터(80)를 회전시킴으로써, 블록(16A)의 위치는 접촉 표면(18)을 중첩시키도록 블록(16B)에 관련해서 조정될 수 있다. 블록(16)은 투명한 석영으로 구성되어 있기 때문에, 접촉 표면(18)의 상대 위치는 현미경을 이용함으로써 관찰될 수 있다. 표면(18)은 바람직한 경우에, 마이크로미터(80)를 회전시킴으로써 바람직한 결합 효율로 결합기(10)을 동조시키도록 중첩 위치로부터 측방향 편기될 수도 있다. 결합기(10)이 동조되면, 블록(16)은, 바람직한 경우에, 영구적으로나 반영구적으로 편기가 고정된 결합기를 제공하도록 함께 클램프(clamp) 되거나, 접착되거나 응용 될 수 있다.

장치(70)는 블록(16)을 비틀도록 한 마이크로미터(80)를 회전시킴으로써 서로 관련해서 접촉 표면(18)을 회전시키기 위해 사용될 수도 있다.

제 37 도는 본 발명의 멀티플렉싱 결합기가 더 큰 다수의 신호 파장들을 분리하기 위해 사용될 수 있는 방법을 개략적으로 도시한 것이다. 이 도면에서는, 다수의 멀티플렉싱 결합기(100-112)가 사용된다. 결합기(100)의 한 입력 광학 섬유는 λ_1 내지 λ_2 로 표시된 8개의 분리된 광학 파장들이 이동되는 광학섬유에 결합된다. 이 시스템에서, 각각의 인접 광학섬유쌍의 주파수 간격, 즉($\lambda_1 - \lambda_2$), ($\lambda_2 - \lambda_3$), ($\lambda_3 - \lambda_4$)등은 동일하고, $\Delta\lambda$ 로 표시된다. 제 1 멀티플렉싱 결합기(100)은 $\Delta\lambda$ 와 동일한 해상도를 갖고 있으므로 파장 λ_2 , λ_4 , λ_6 및 λ_8 은 결합시키지만, 나머지 파장 λ_1 , λ_3 , λ_5 및 λ_7 은 비결합시킨다. 이 후자의 파장들은 결합기(102)의 광학섬유입력에 결합된다. 이와 마찬가지로, 파장 λ_2 , λ_4 , λ_6 및 λ_8 은 결합기(104)의 광학섬유 입력에 결합된다. 결합기(102 및 104)는 $2\Delta\lambda$ 와 동일한 해상도를 갖고 있으므로 분리된 출력 광학섬유상에서 $2\Delta\lambda$ 정도 간격을 두고 입력 파장들을 분리한다. 예를 들어, 결합기(102)는 파장 λ_1 및 λ_5 를 결합시키지 않지만, 파장 λ_3 및 λ_7 을 완전히 결합시킨다. 결합기(102 및 104)로부터의 광학섬유는 각각 $4\Delta\lambda$ 의 해상도를 갖고 있는 결합기(106 내지 112)에 입력을 제공하므로 분리된 출력 광학섬유상에 입력 파장의 최종 간격을 제공한다. 방금 기술한 디멀티플렉싱 동작은 제 37 도에 도시한 바와같이 결합기(106 내지 112)의 적당한 광학섬유 상에 입력 파장(λ_1 내지 λ_8)을 제공함으로써 반대로 될 수 있다. 이 멀티플렉싱 동작은 모든 파장들이 결합기(100)의 단일 출력광학섬유상에 결합되게 한다.

이 시스템을 구성하기 위해서, 상술한 해상도는 상술한 설명에 따라 조정될 수 있고 각각의 멀티플렉싱 결합기에 대한 주파수는 결합기를 동조시킴으로써 선택될 수 있다. 결합기(102 및 104)에 대한

해상도는, 결합기(106 내지 112)에 대한 해상도와 동일하다. 그러므로, 이 결합기 그룹들은 구조는 동일하지만 다르게 동조되어, 필요한 주파수 선택을 하기 위해 제 36 도에 도시한 장치에 대해 3 개의 결합기 형태만을 필요로 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

각각의 광학섬유(12a, 12b)가 동일한 전달 상수를 갖고 있고 또한 각각 2 차원의 프래너 타원형 접촉 표면(18a, 18b)를 형성하도록 피복물의 일부가 한 측면에서 제거되어 있는 한쌍의 광학섬유(12a, 12b)와, 이 접촉 표면(18a, 18b)를 서로 밀접하게 중첩되도록 배치하고 또한 이들 접촉 표면을 중첩 식으로 편기시킴으로서 2 차원 프래너 피복물의 상호작용 영역(32)를 형성시키고 광학섬유(12a, 12b)의 코어(15a, 15b)를 상기 2 차원 프래너 피복물의 상호작용 영역(32)의 양측에 밀접하게 근접시켜 배치하여서 상기 광학섬유(12a, 12b)의 사이에 미소 지역결합을 발생시키기 위한 수단(16a, 16b)로 구성된, 한 쌍의 광학 파장을 결합 또는 분리시키기 위한 광학섬유 멀티플렉서에 있어서, 상기 프래너 타원형 접촉 표면(18a, 18b)는 선택된 정도로 중첩되도록 상기 배치수단(16a, 16b)에 의해 배치되며, 제거된 피복물의 양과 프래너 타원형 접촉표면(18a, 18b)의 중첩도는 상기 한 쌍의 광학 파장의 제 1 파장에 대해 거의 결합 길이의 짝수배로 되고 한 쌍의 광학 파장의 제 2 파장에 대해 거의 결합길이의 홀수배로 되는 유효 상호작용 길이를 제공하도록 선택됨으로써 상기 멀티 플렉서가 상기 제 1 및 제 2 광학 파장을 식별하게 되는 것을 특징으로 하는 광학섬유 멀티플렉서.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 한 쌍의 광학섬유(12a, 12b)가 상기 배치수단(16a, 16b)에 의해 서로 측방향으로 편기됨으로써 상기 한 쌍의 광학 파장을 선택하도록 되어 있는 광학섬유 멀티플렉서.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 배치수단을 상기 한 쌍의 광학섬유(12a, 12b)가 장착되어 있는 강성 블록(16a, 16b)로 이루어지고, 상기 멀티플렉서는 상기 한 쌍의 광학 파장을 선택하도록 상기 블록들을 서로 대하여 이동시키기 위한 수단을 더욱 포함하는 광학섬유 멀티플렉서.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 한 쌍의 광학섬유(12a, 12b)가 아치형으로 되어 있고, 상기 아치형 광학섬유(12a, 12b)의 곡선 반경은 상기 제 1 및 제 2 광학 파장들 사이의 주파수 차이를 정하도록 선택되는 광학섬유 멀티플렉서.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 한 쌍의 광학섬유(12a, 12b)가 아치형으로 되어 있고, 상기 유효 상호작용 길이는 상기 아치형 광학섬유(12a, 12b)의 곡선 반경의 제곱근의 함수로 되어 있는 광학섬유 멀티플렉서.

청구항 6

중심 코어(15a, 15b)와 외부 피복물(17a, 17b)를 각각 갖고 있는 한 쌍의 광학섬유(12a, 12b)를 곡선반경(R)을 따라 아치형으로 만곡되도록 장착하고, 각각의 타원형 프래너 접촉 표면(18a, 18b)가 형성되도록 상기 한 쌍의 광학섬유(12a, 12b)로부터 피복물(17a, 17b)의 일부를 제거시키며, 유효 상호작용 길이에 걸쳐 상호작용 영역(32)에서 광학섬유(12a, 12b)들의 사이에 미소 지역 결합을 발생시키도록, 광학섬유(12a, 12b)의 코어(15a, 15b)가 코어 간격(H)에 대한 곡선반경(R)로 수렴된 다음 곡선반경(R)로 서로에 대하여 분기되는 상호작용 영역(32)를 형성하도록 광학섬유(12a, 12b)의 상기 타원형 접촉 표면(18a, 18b)를 중첩식으로 나란히 배치함으로써 형성된 광학섬유 결합기를 사용하여 제 1 및 제 2 파장(λ_1 , λ_2)의 광선 신호를 결합 또는 분리시키기 위한 광학섬유 멀티플렉싱 장치를 제조하는 방법에 있어서, 피복물(17a, 17b)의 제거는, 상기 파장(λ_1 , λ_2)에 대한 유효 상호작용 길이(L)대 결합길이(35)의 비율의 실질적인 차이를 발생시키는 코어간격 (H)가 제공되도록 파장(λ_1 , λ_2)를 기준으로 해서 달성되고, 광학섬유(12a, 12b)의 아치형 장착은, 곡선 반경(R)이 코어 간격(H)에서 제 1 파장(λ_1)에 대한 결합길이 (35)의 짝수배와 동일하고 제 2 파장(λ_2)에 대한 결합길이의 홀수배와 동일한 상호작용 길이(L)을 제공하도록 파장(λ_1 , λ_2)를 기준으로 해서 달성되며, 광학섬유(12a, 22b)의 타원형 표면(18a, 18b)의 병렬배치는 코어 간격(H)를 제공하도록 타원형 표면(18a, 18b)를 상대적으로 배치시킴으로써 달성되는 것을 특징으로 하는, 광학섬유 멀티플렉싱 장치의 제조방법.

청구항 7

제 9 항에 있어서, 코어간격(H)에서 상기 광학섬유(12a, 12b)를 나란히 배치시키는 단계가, 코어간격(H)를 제공하도록 타원형표면(18a, 18b)를 편기시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학섬유 멀티플렉싱 장치의 제조방법.

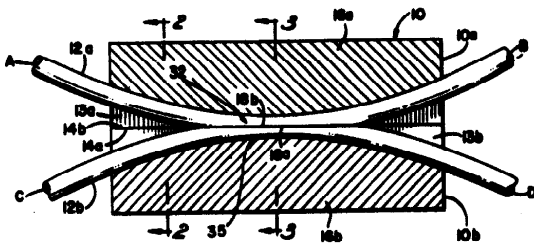
청구항 8

각각 동일한 전달상수를 갖는 한 쌍의 광학섬유(12a, 12b)로 이루어지는 광학섬유 결합기를 이용하여 제 1 및 제 2 파장(λ_1 , λ_2)의 광선 신호들을 결합 또는 분리시키는 방법에 있어서, 상기 광학섬유(12a, 12b)의 한 측면에서 피복물의 일부를 제거함으로써 2 차원의 프래너 타원형 접촉 표면(18a, 18b) 각각 형성하고, 상기 접촉표면(18a, 18b)를 서로 밀접하게 중첩되도록 배치하고, 이들 접촉 표

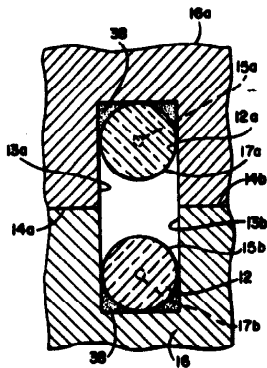
면(18a, 18b)를 중첩식으로 편기 시킴으로서 2차원 프래너 피복물의 상호작용 영역(32)을 형성시키고 상기 광학섬유(12a, 12b)의 코어(15a, 15b)를 상기 2 차원 프래너 피복물의 상호작용 영역(32)의 양측에 밀접하게 근접시켜 배치하여서 상기 광학섬유(12a, 12b)의 사이에 미소 지역 결합이 제공되도록 상기 코어(15a, 15b)를 배치하고, 상기 프래너 타원형 접촉 표면(18a, 18b)를 선택된 정도로 중첩되도록 배치하고, 상기 한 쌍의 광학 파장의 제 1 파장에 대한 결합길이의 거의 짝수배이고 상기 한 쌍의 광학 파장의 제 2 파장에 대한 결합 길이의 정의 홀수배인 유효 상호작용 길이를 제공하도록, 제거된 피복물의 양과 프래너 타원형 접촉표면(18a, 18b)의 중첩도를 선택하고, 상기 제 1 파장(λ_1)의 광선 신호를 상기 광학섬유(12a, 12b)의 입력 포오트와 상기 상호작용 영역(32)에 공급하고, 상기 제 2 파장(λ_2)의 광선 신호를 상기 광학섬유(12a, 12b)의 동일한 입력 포오트 또는 다른 쪽 입력포오트와 상기 상호작용 영역(32)에 공급함으로써, 상기 광선 신호들이 분리되어서 광학섬유(12a, 12b)의 상이한 출력 포오트들로부터 출력되거나 또는 결합되어 광학섬유(12a, 12b)의 동일한 출력 포오트로부터 출력되도록 하여 주는 것으로 구성되는, 한 쌍의 광선 신호들을 결합 또는 분리시키는 방법.

도면

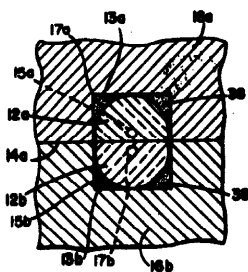
도면1



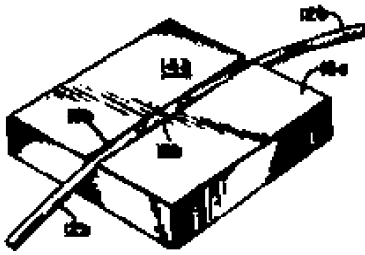
도면2



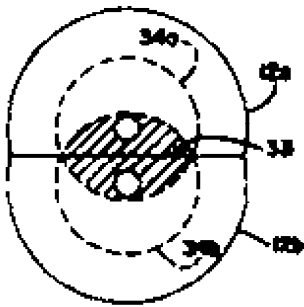
도면3



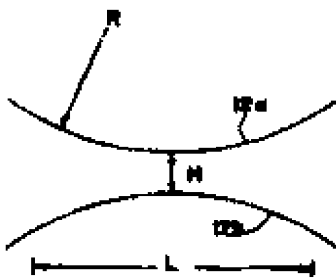
도면4



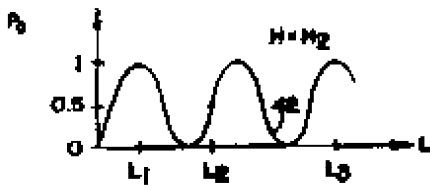
도면5



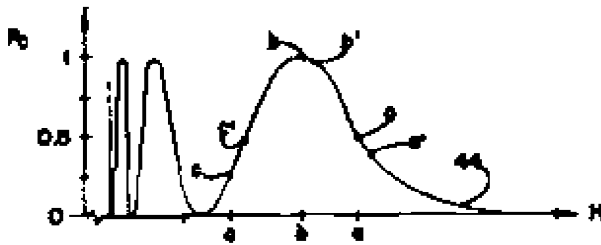
도면6



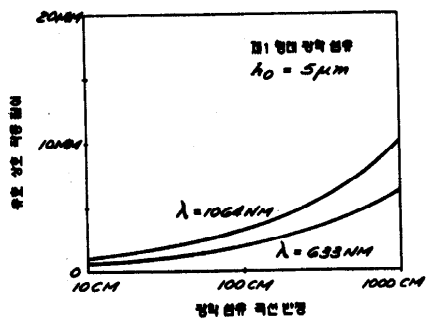
도면9



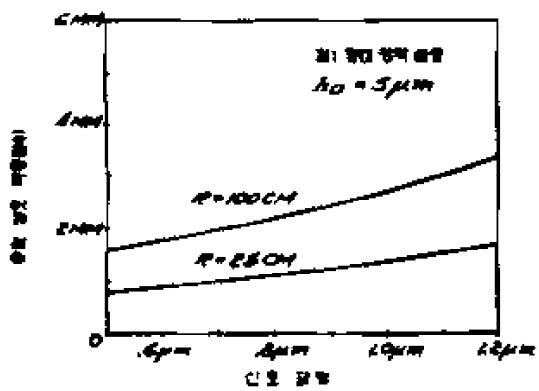
도면10



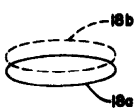
도면11



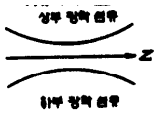
도면12



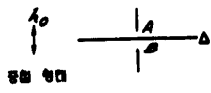
도면13



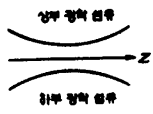
도면 14



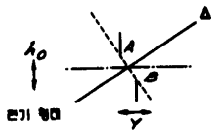
도면 15



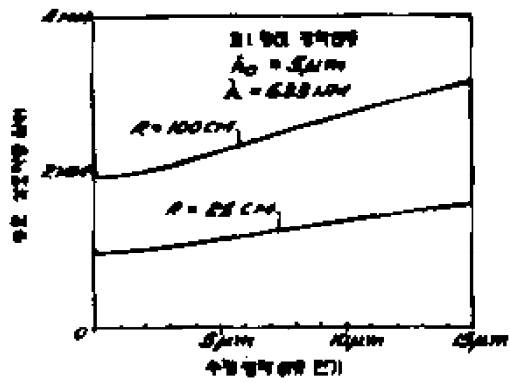
도면 16



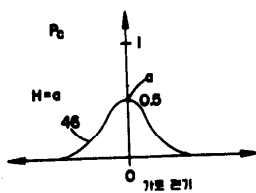
도면 17



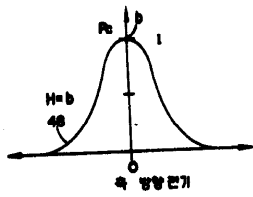
도면 18



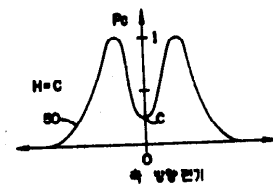
도면 19



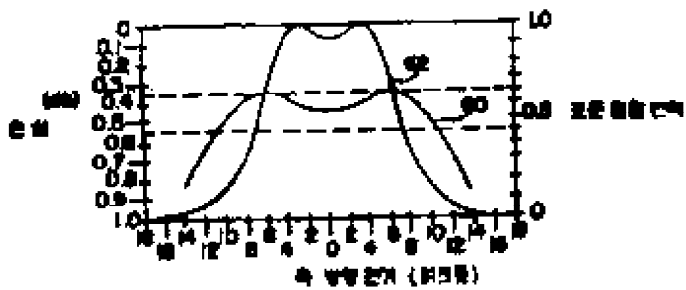
도면20



도면21



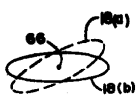
도면22



도면23



도면24



도면25



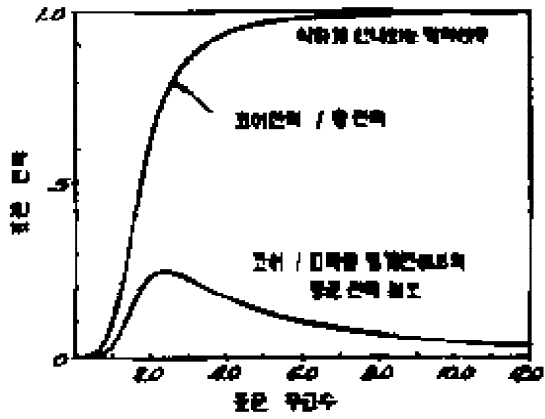
도면26



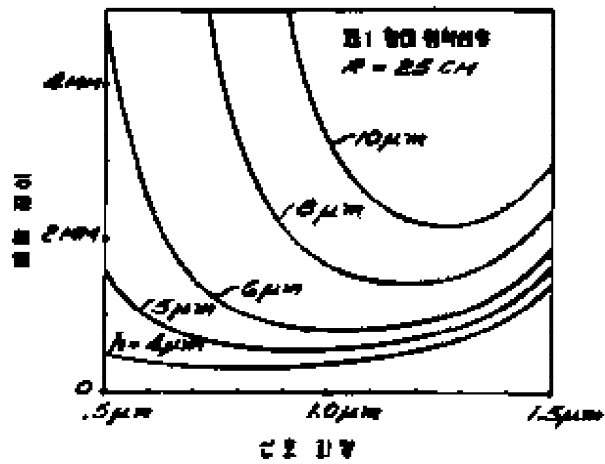
도면27



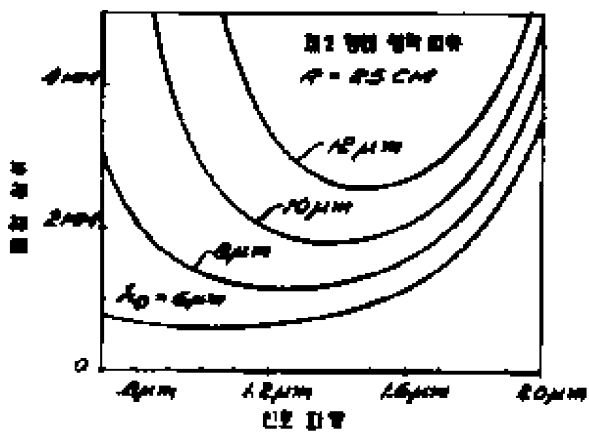
도면28



도면29



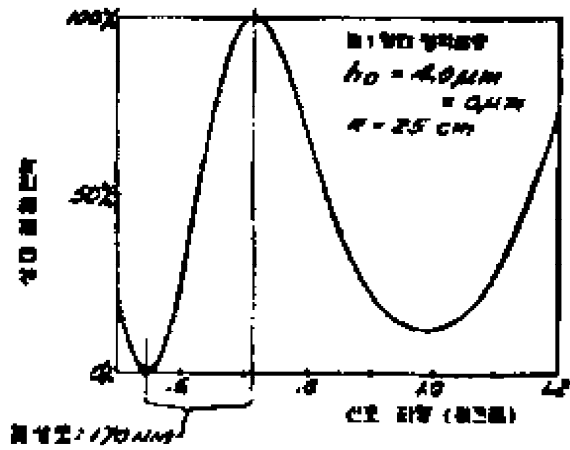
도면30



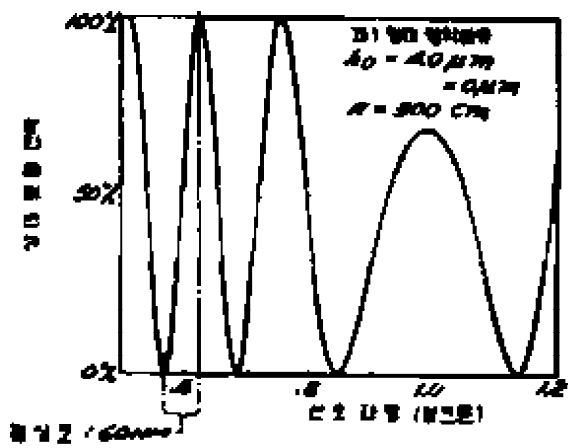
도면31



도면32



도면33



도면34

