

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G02B 6/42 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년10월16일 10-0633920 2006년10월04일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2004-0033648	(65) 공개번호	10-2005-0108662
(22) 출원일자	2004년05월12일	(43) 공개일자	2005년11월17일

(73) 특허권자

엘에스전선 주식회사  
서울특별시 강남구 삼성동 159

람다 크로싱 리미티드  
이스라엘 인더스트리얼 파크 카에사리아 하쇼암 스트리트 3

(72) 발명자

한재호  
서울특별시강동구명일2동고덕현대아파트15동1005호

신상길  
경기도수원시팔달구망포동LG빌리지108동2206호

문성욱  
서울특별시구로구고척1동52-149

최정호  
경기도안산시단원구초지동그린빌주공13단지1303동1101호

마갈릿모티  
이스라엘인더스트리얼파크카에사리아하쇼암스트리트3

보트만-아비브다프나  
이스라엘인더스트리얼파크카에사리아하쇼암스트리트3

베르코비치니콜라이  
이스라엘인더스트리얼파크카에사리아하쇼암스트리트3

아브니에이탄  
이스라엘인더스트리얼파크카에사리아하쇼암스트리트3

(74) 대리인

이상용  
김상우

(56) 선행기술조사문헌  
1019990010150 \* 1020020013106 \*  
\* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 변성철

## (54) 비대칭 Y자형 광도파로 구조 및 이를 이용한 양방향광송수신 모듈

### 요약

본 발명은 비대칭 Y자형 광도파로 구조 및 이를 이용한 양방향 광송수신 모듈을 제공한다. 본 발명에 따른 Y자형 광도파로 구조는, 길이 방향으로 연장된 주축 광도파로; 및 상기 주축 광도파로 내부의 연장 시작 지점으로부터 길이 방향으로 소정 구간 연장되다가 외부로 분지된 가지 광도파로;를 포함하고, 상기 주축 광도파로 및 상기 가지 광도파로는 제1과장대역 및 제2과장대역을 가지는 광신호에 대해 대소 관계가 역전되는 유효 굴절률을 가지는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 따른 광송수신 모듈은, 비대칭 Y자형 광도파로 구조와, 양방향 광신호의 송수신을 위하여 상기 광도파로 구조와 광 결합된 광섬유, 레이저 다이오드 및 포토 다이오드를 포함한다.

본 발명에 따르면, 광송수신 모듈의 경박 단소화가 가능하고, 패키징 비용이 절감되며, 광송수신 모듈의 신뢰성이 향상된다.

### 대표도

도 1

### 명세서

#### 도면의 간단한 설명

본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

도1은 종래의 양방향 광송수신 모듈의 구성을 개략적으로 도시한 평면도.

도2a는 본 발명의 실시예에 따른 비대칭 Y자형 광도파로 구조의 평면도.

도2b는 도2a의 A-A'선에 따른 단면도.

도3은 SiON 및 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>의 과장별 유효 굴절률 변화 그래프.

도4는 본 발명에 따른 비대칭 Y자형 광도파로 구조의 광도파 특성을 개략적으로 도시한 도면.

도5는 본 발명에 따른 비대칭 Y자형 광도파로 구조의 과장 선택적 광도파 특성을 보여주는 그래프.

도6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 비대칭 Y자형 광도파로 구조의 양방향 광신호 전송 과정을 도시한 도면.

도6b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 비대칭 Y자형 광도파로 구조의 양방향 광신호 전송 과정을 도시한 도면.

도7은 본 발명의 실시예에 따른 비대칭 Y자형 광도파로 구조의 제조 과정을 설명한 공정 순서도.

도8a는 본 발명의 실시예에 따른 양방향 광송수신 모듈의 구성을 보여주는 평면도.

도8b는 도8a의 B-B'선에 따른 단면도.

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 서로 다른 파장대역을 가지는 광신호의 양방향 전송이 가능한 광도파로 구조 및 이를 이용하여 구현된 광송수신 모듈에 대한 것이다.

최근 들어, 광통신 기술은 트렁크 라인의 구축 분야에서 가입자 라인의 구축분야로 그 응용분야가 점차 확대되고 있다. 이에 따라, 송수신 측간의 양방향 통신이 가능한 광섬유의 특성을 이용하여 서로 다른 파장대역을 가지는 광신호의 전송과 수신 기능이 하나의 소자에 통합된 양방향 광송수신 모듈이 널리 이용되고 있다.

일반적으로, 종래의 양방향 광송수신 모듈은 반도체 기판 상에 형성된 광도파로, 서로 다른 파장대역을 가지는 광신호를 선택적으로 분리시켜주는 파장분리기(WDM: Wavelength Division Multiplexer), 전기적 신호를 전광 변환하여 광신호(이하, '송신광'이라 칭한다)를 생성한 후 광섬유로 송출하는 레이저 다이오드, 및 광섬유로부터 광신호(이하, '수신광'이라 칭한다)를 수신하여 광전 변환을 통해 전기적 신호를 생성하는 포토 다이오드를 구비한다. 상기 송신광은 레이저 다이오드로부터 출력되어 광도파로 구조와 파장분리기를 거쳐 광섬유로 입력되고, 상기 수신광은 광섬유를 통해 외부에서 입력된 후 광도파로 구조와 파장분리기를 거쳐 포토 다이오드에 입력된다.

도1은 통상적인 양방향 광송수신 모듈이 광섬유와 접속되어 있는 상태를 보다 구체적으로 보여준다. 도면을 참조하면, 종래의 양방향 광송수신 모듈은 반도체 기판(S), 광섬유(10), 광섬유(10)의 실장을 위한 V자형 그루브(groove)(20), 송신광과 수신광의 분리를 위한 파장분리기(30), 송신광과 수신광의 도파를 위한 광도파로(40), 송신광을 출력하는 레이저 다이오드(50), 및 수신광을 수신하는 포토 다이오드(60)를 구비한다.

상기 광도파로(40)는 3개의 접속 노드를 가지며, 제1노드(A)는 광섬유(10)에, 제2노드(B)는 파장분리기(30)에, 제3노드(C)는 레이저 다이오드(50)에 광학적으로 커플링된다. 상기 파장분리기(30)는 제3노드(C)를 통해 수신한 송신광을 제2노드(B)에서 반사시켜 제1노드(A)를 통해 광섬유(10)로 광 결합시키고, 제1노드(A)를 통해 수신되는 수신광은 투과시켜 포토 다이오드(60)로 광 결합시킨다.

그런데, 위와 같은 구성을 가지는 종래의 양방향 광송수신 모듈은, 광도파로(40)와 파장분리기(30)가 개별적인 구조를 이루고 있고 구조적인 불안정성이 존재할 뿐만 아니라 광소자 요소의 증대에 따른 삽입 손실의 증가 문제가 발생된다.

나아가, 광도파로(40)와 광섬유(10), 광도파로(40)와 파장분리기(30), 파장분리기(30)와 포토 다이오드(60), 광도파로(40)와 레이저 다이오드(50) 등 다수의 지점에서 정밀한 광축 정렬을 시행하여야 하므로, 모듈의 패키징 비용이 그 만큼 증가될 수밖에 없는 한계도 있다.

뿐만 아니라, 레이저 다이오드(50)의 송신광 출력 방향이 포토 다이오드(60)의 수신광 입력 방향과 근사적으로 일치하고 있으므로, 레이저 다이오드(50)로부터 광도파로로 광 결합되지 않은 일부 누설 광이 존재할 경우, 크로스토크(crosstalk) 현상을 근본적으로 차단할 수 없는 한계 또한 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상술한 종래기술의 문제를 해결하기 위하여 창안된 것으로서, 별도의 파장분리기가 없이도 광도파로 구조 내에서 서로 다른 파장대역을 가진 송신광과 수신광의 분리가 가능한 비대칭 Y자형 광도파로 구조를 제공하는데 그 목적이 있다.

본 발명의 다른 목적은, 자체적인 파장분리 기능을 구비한 비대칭 Y자형 광도파로 구조를 구비함으로써, 간단한 내부 구조를 가지면서도 광축 정렬의 측면에서 안정성이 있고, 광축 정렬에 따른 패키징 비용의 절감이 가능한 양방향 광송수신 모듈을 제공하는데 있다.

### 발명의 구성 및 작용

상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 비대칭 Y자형 광도파로 구조는, 길이 방향으로 연장된 주축 광도파로; 및 상기 주축 광도파로 내부의 연장 시작 지점으로부터 길이 방향으로 소정 구간 연장되다가 외부로 분지된 가지 광도파로;를 포함하고, 상기 주축 광도파로 및 상기 가지 광도파로는 제1파장대역(예컨대, 1550nm) 및 제2파장대역(예컨대, 1310nm)을 가지는 광신호에 대해 대소 관계가 역전되는 유효 굴절률을 가지는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 제1과장대역에서는, 주축 광도파로가 가지 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지고, 제2과장대역에서는 상기 가지 광도파로가 주축 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가진다.

이러한 경우, 제1과장대역의 광신호가 상기 주축 광도파로의 일단으로 입력되면, 주축 광도파로의 타단까지 도파된다. 그리고, 제2과장대역의 광신호가 상기 가지 광도파로로 입력되면 상기 연장 시작 지점을 거쳐 상기 주축 광도파로의 일단까지 도파된다.

본 발명의 다른 측면에 따르면, 제1과장대역에서는, 상기 가지 광도파로가 주축 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지고, 제2과장대역에서는 상기 주축 광도파로가 가지 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가진다.

이러한 경우, 제1과장대역의 광신호가 상기 주축 광도파로의 일단으로 입력되면, 상기 가지 광도파로의 연장 시작 지점을 거쳐 가지 광도파로로 도파된다. 그리고, 제2과장대역의 광신호가 상기 주축 광도파로의 타단으로 입력되면, 상기 주축 광도파로의 일단으로 도파된다.

바람직하게, 상기 주축 광도파로와 가지 광도파로는 클래드층에 의해 감싸여진다. 그리고, 상기 주축 광도파로는 직선에 가까운 완만한 곡선을 이루는 것이 산란광이 포토 다이오드에 입사되는 것을 방지할 수 있어서 바람직하다.

바람직하게, 상기 가지 광도파로는 상기 주축 광도파로에서 분기되기 전에 상기 연장 시작 지점을 기준으로 소정 구간 일직선으로 연장된다.

상기 다른 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 양방향 광송수신 모듈은, 반도체 기판 상에 증착된 클래드층 내에 비대칭 Y자형 광도파로 구조를 구비하는 양방향 광송수신 모듈로서, 길이 방향으로 연장된 주축 광도파로; 상기 주축 광도파로 내부의 연장 시작 지점으로부터 길이 방향으로 소정 구간 연장되다가 외부로 분기된 가지 광도파로; 상기 주축 광도파로의 일단에 제1과장대역의 광신호를 입력할 수 있도록 광 결합된 광섬유; 상기 제1과장대역의 광신호를 광전 변환할 수 있도록 상기 주축 광도파로의 타단에 광 결합된 포토 다이오드; 및 상기 가지 광도파로로 전광 변환된 제2과장대역의 광신호를 입력할 수 있도록 광 결합된 레이저 다이오드를 포함하고, 상기 제1과장대역에서, 상기 주축 광도파로가 상기 가지 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지고, 제2과장대역에서, 상기 가지 광도파로가 상기 주축 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지는 것을 특징으로 한다.

상기 다른 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 측면에 따른 양방향 광송수신 모듈은, 반도체 기판 상에 증착된 클래드층 내에 비대칭 Y자형 광도파로 구조를 구비하는 양방향 광송수신 모듈로서, 길이 방향으로 연장된 주축 광도파로; 상기 주축 광도파로 내부의 연장 시작 지점으로부터 길이 방향으로 소정 구간 연장되다가 외부로 분기된 가지 광도파로; 상기 주축 광도파로의 일단에 제1과장대역의 광신호를 입력할 수 있도록 광 결합된 광섬유; 상기 제1과장대역의 광신호를 광전 변환할 수 있도록 상기 가지 광도파로와 광 결합된 포토 다이오드; 및 상기 주축 광도파로의 타단에 전광 변환된 제2과장대역의 광신호를 입력할 수 있도록 광 결합된 레이저 다이오드;를 포함하고, 상기 제1과장대역에서, 상기 가지 광도파로가 상기 주축 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지고, 제2과장대역에서, 상기 주축 광도파로가 상기 가지 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지는 것을 특징으로 한다.

바람직하게, 상기 반도체 기판의 상부에는 상기 광섬유의 수동 광축 정렬을 위한 V자형 그루브가 구비된다.

바람직하게, 상기 반도체 기판 상부에는 상기 포토 다이오드 및 레이저 다이오드를 표면 실장하기 위한 홈이 구비되고, 상기 포토 다이오드 및 레이저 다이오드는 각 홈에 플립칩 공정에 의해 실장된다.

바람직하게, 상기 레이저 다이오드의 후단에는 레이저 다이오드의 누설 광을 수신하여 광 출력을 모니터링하는 모니터 포토 다이오드가 더 구비된다. 이러한 경우, 상기 반도체 기판 상부에는 상기 모니터 포토 다이오드의 표면 실장을 위한 홈이 구비되고, 상기 모니터 포토 다이오드는 상기 홈에 플립칩 공정에 의해 표면 실장된다.

이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 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.

도2a는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비대칭 Y자형 광도파로 구조가 구현된 PLC(Planar Lightwave Circuit) 기판의 상부 평면도이고, 도2b는 도2a의 A-A' 선에 따른 단면도이다.

도2a 및 도2b를 참조하면, 상기 비대칭 Y자형 광도파로 구조(이하, '광도파로 구조'라 약칭한다)는 실리콘 반도체 기판(S) 상에 형성되며, 주축 광도파로(100)와 가지 광도파로(110)로 구성된다.

상기 주축 광도파로(100)는 직선에 가까운 완만한 곡선을 이루며 길이방향으로 연장되고, 상기 가지 광도파로(110)는 상기 주축 광도파로(100) 내부의 연장 시작지점(O<sub>1</sub>)으로부터 길이방향으로 소정 구간 연장되다가 주축 광도파로(100) 내부를 벗어나 연장 끝점(O<sub>2</sub>)까지 가지 형상으로 분지된다.

이처럼, 가지 광도파로(110)가 실질적으로 일직선을 이루는 주축 광도파로(100)의 내부로부터 외부로 소정의 각도를 이루며 분지됨에 따라, 본 발명에 따른 광도파로 구조는 비대칭 Y자형 구조를 가지게 된다. 상기 가지 광도파로(110)의 분지각(θ)은 주축 광도파로(100)를 기준으로 7 ~ 15 밀리 라디안(miliradian)인 것이 구부러짐 손실(bending loss)을 최소화하고 후술할 광송수신 모듈의 크기를 최소화할 수 있어 바람직하다.

상기 주축 광도파로(100)의 폭과 높이는 각각 5μm ~ 6μm 및 1μm ~ 2μm이고, 상기 가지 광도파로(110)의 폭과 높이는 각각 1μm ~ 2μm 및 0.07μm ~ 0.1μm인 것이 싱글 모드 광도파(single mode propagation)를 할 수 있어 바람직하다.

상기 주축 광도파로(100)와 분지된 가지 광도파로(110)는 클래드층(120, 130)에 의해 감싸여진다. 상기 클래드층(120, 130)은 상기 주축 광도파로(100)와 가지 광도파로(110)의 저면을 기준으로, 하부 클래드층(120)과 상부 클래드층(130)으로 구분된다. 상기 클래드층(120, 130)은 광신호가 주축 광도파로(100) 및 가지 광도파로(110)에 한정되어 전송될 수 있도록 굴절률이 조절된 투명한 유전물질로 구성된다. 바람직하게, 상기 클래드층(120, 130)은 굴절률이 조절된 SiO<sub>2</sub>로 형성할 수 있는데, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

상기 주축 광도파로(100)와 가지 광도파로(110)는 각각 제1 및 제2유전물질로 구성된다. 바람직하게, 제1 및 제2유전물질은 제1파장대역(예컨대, 1550nm)과 제2파장대역(예컨대, 1310nm)에서 대소 관계가 역전되는 서로 다른 유효 굴절률 값을 가진다. 다시 말해, 제1파장대역에서는, 주축 광도파로(100)의 유효 굴절률이 가지 광도파로(110)의 유효 굴절률보다 크지만, 제2파장대역에서는 그 반대가 된다. 대안적으로, 제1파장대역에서는 가지 광도파로(110)의 유효 굴절률이 주축 광도파로(100)의 유효 굴절률보다 크지만, 제2파장대역에서는 그 반대가 된다.

본 발명이 속한 기술분야에서, 주축 광도파로(100) 및 가지 광도파로(110)가 위와 같은 유효 굴절률 조건을 갖도록 제1 및 제2유전물질을 선택하는 것은 용이하게 달성될 수 있다. 예를 들어, 제1유전물질로 SiON(index=1.49)를, 제2유전물질로 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>(index=2)를 선택하면, 제1파장대역에서는 주축 광도파로(100)의 유효 굴절률이 가지 광도파로(110)의 유효 굴절률보다 크고, 제2파장대역에서는 그 반대가 된다. 이러한 파장 변화에 따른 SiON 및 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>의 유효 굴절률 변화 특성은 도 3에 도시된 바와 같다.

본 발명은 광도파로의 점진적 모드 천이(Adiabatic mode transition) 현상에 기초를 두고 있다. 점진적 모드 천이란 광신호가 도파되는 과정에서 Y분기 광도파로 만났을 때, 유효 굴절률이 상대적으로 큰 광도파로 쪽으로 도파되는 현상을 말한다. (참조 "William K. Burns and A. Fenner Milton, IEEE J. Quantum Electron., vol. QE-16, no. 4, pp. 446~454, 1980")

도4는 본 발명에 따른 광도파로 구조의 광도파 특성을 개념적으로 도시한 것이다. 도면을 참조하면, 제1파장대역의 광신호(실선 화살표)와 제2파장대역의 광신호(점선 화살표)가 상기 주축 광도파로(100)의 좌측 단으로 동시에 입력되면, 가지 광도파로(110)의 연장 시작 지점(O<sub>1</sub>)에서 단열적 모드 천이 현상에 의해 광신호의 파장대역에 따라 선택적 광도파가 이루어진다. 즉 각 광신호는 자신의 파장대역에서 상대적으로 큰 유효 굴절률을 가지고 있는 광도파로를 광도파 매질로 선택하여 도파를 하게 되는 것이다.

예를 들어, 제1파장대역의 광신호를 기준으로 주축 광도파로(100)가 가지 광도파로(110)보다 유효 굴절률이 크다면, 제1파장대역의 광신호는 주축 광도파로(100)를 통해서 계속 도파된다. 그리고 제2파장대역의 광신호를 기준으로 가지 광도파로(110)가 주축 광도파로(100)보다 유효 굴절률이 크다면, 제2파장대역의 광신호는 가지 광도파로(110)로 광도파 매질을 변경하여 도파하게 된다.

이와 같이, 가지 광도파로(110)의 연장 시작지점( $O_1$ )을 기준으로, 서로 다른 파장대역을 가지는 광신호의 도파 영역을 별도의 공간에 한정할 수 있다는 것은, 본 발명에 따른 비대칭 Y자형 광도파로 구조는 그 자체적으로 파장 분리 구조를 가진다는 것을 의미한다.

도5는 주축 광도파로(100) 및 가지 광도파로(110)를 각각 SiON(index=1.49) 및  $Si_3N_4$ (index=2)로 구성하고, 1310nm 대역과 1550nm 대역의 Tunable Laser Source를 사용하여 주축 광도파로(100)의 좌측 단에 1310nm 대역과 1550nm의 파장대역을 가지는 광신호를 입력했을 경우, 주축 광도파로(100)의 우측 단과 가지 광도파로(110)의 우측 단으로 출력되는 광신호의 세기를 측정한 결과이다. 도면에서, 'I'은 주축 광도파로(100)의 우측 단에서 측정한 광신호의 세기이고, 'II'는 가지 광도파로(110)의 우측 단에서 측정한 광신호의 세기이다.

도면에 나타난 바와 같이, 본 발명의 일예에 따른 광도파로 구조는 1310nm의 광신호와 1550nm의 광신호에 대하여 양호한 파장분리 특성이 있음을 확인할 수 있다. 따라서 도5는 본 발명의 일예에 따른 광도파로 구조에서는 1550nm의 파장대역과 1310nm의 파장대역이 양방향 광신호 전송을 위한 파장대역으로 사용되면 바람직하다는 것을 시사한다.

위와 같은 파장 선택적 광도파 특성으로 인해, 본 발명에 따른 광도파로 구조는 양방향 광신호의 송수신 동작이 가능한데, 이에 대하여 도6a 및 도6b를 참조하여 구체적으로 설명한다. 도면에서, 실선 화살표는 주축 광도파로(100)의 좌측 단을 기준으로, 외부로부터 입력되는 광신호(이하, 수신광이라 한다)를, 점선 화살표는 외부로 광 출력되는 광신호(이하, 송신광이라 한다)를 나타낸다. 이 때, 수신광의 파장대역은 제1파장대역(예컨대, 1550nm)을, 송신광의 파장대역은 제2파장대역(예컨대, 1310nm)을 가진다.

#### <조건1>

- 제1파장대역의 수신광: 1550nm
- 제2파장대역의 송신광: 1310nm
- 제1파장대역에서, 주축 광도파로(100)가 가지 광도파로(110)보다 유효 굴절률이 크고, 제2파장대역에서는 그 반대이다.
- 수신광은 주축 광도파로(100)의 좌측 단으로 입력.
- 송신광은 가지 광도파로(110)로 입력.

도6a에 도시된 바와 같이, 상기 조건1과 같은 경우, 수신광은 실질적으로 주축 광도파로(100)에만 한정되어 도파된다. 왜냐하면, 수신광의 파장대역에서는 주축 광도파로(100)가 가지 광도파로(110)보다 유효 굴절률이 크기 때문에, 주축 광도파로(100) 쪽으로 빛이 도파된다. 그리고 송신광은 실질적으로 가지 광도파로(110)에만 한정되어 전송되다가 가지 광도파로의 연장 시작지점( $O_1$ )을 통과하여 주축 광도파로(100)의 좌측 단까지 도파된다. 송신광은 연장 시작지점( $O_1$ )에 도달되더라도 점진적 모드 천이 현상은 무시될 수 있는 정도이므로 주축 광도파로(100)의 오른쪽 방향으로 도파되는 빛은 거의 없다.

#### <조건2>

- 제1파장대역의 수신광: 1550nm
- 제2파장대역의 송신광: 1310nm
- 제1파장대역에서, 가지 광도파로(110)가 주축 광도파로(100)보다 유효 굴절률이 크고, 제2파장대역에서는 그 반대이다.
- 수신광은 주축 광도파로(100)의 좌측 단으로 입력.
- 송신광은 주축 광도파로(100)의 우측 단으로 입력.

도6b에 도시된 바와 같이, 상기 조건2와 같은 경우, 수신광은 주축 광도파로(100)를 통해 도파되다가 가지 광도파로(110)의 연장 시작지점(O<sub>1</sub>)에서 점진적 모드 천이 현상을 통하여 수신광이 가지 광도파로(110)로 전파되기 시작하여 연장 시작지점으로부터 길이 방향으로 소정 구간 연장된 구간이 종료되는 지점인 O<sub>3</sub> 부터는 실질적으로 가지 광도파로(110)에 한정되어 도파된다. 그리고 송신광의 제2과장대역에서는 주축 광도파로(100)가 가지 광도파로(110)보다 큰 유효 굴절률을 가지므로, 송신광은 실질적으로 주축 광도파로(100)에 한정되어 주축 광도파로(100)의 좌측 단까지 도파된다.

본 발명에 따른 광도파로 구조를 이용하여 광신호의 양방향 송수신을 구현하기 위해서는, 광섬유, 포토 다이오드 및 레이저 다이오드를 반도체 기판 상의 적절한 위치에 배치하여야 하는 것은 당연하다. 이에 대해서는 이후에 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈의 구성에 대한 실시예에서 상술하기로 한다.

도7은 본 발명의 실시예에 따른 비대칭 Y자형 광도파로 구조의 구현을 위한 제조방법을 도시한 순서도이다.

도면을 참조하면, 먼저 실리콘 반도체 기판을 준비한다(S10). 그런 다음 실리콘 반도체 기판 상에 미리 결정된 굴절률 특성을 갖는 하부 클래드층을 증착한다(S20). 이어서, 상기 하부 클래드층 상에 가지 광도파로를 형성하기 위하여 미리 결정된 굴절률 특성을 갖는 제1유전물질을 증착한다(S30). 그런 다음, 사진 식각 공정을 적용하여 증착된 제1유전물질을 패터닝함으로써 가지 광도파로를 소정의 길이로 형성한다(S40). 그리고 나서, 세정 공정을 진행하여 식각 공정의 진행에 따른 불순물을 제거하고, 패터닝된 가지 광도파로 상에 주축 광도파로를 형성하기 위하여 미리 결정된 굴절률 특성을 갖는 제2유전물질을 증착한다(S50). 그 이후에, 광역 평탄화 공정을 적용하여 반도체 기판 전면을 평탄화한 다음, 사진 식각 공정을 적용하여 증착된 제2유전물질을 패터닝함으로써 주축 광도파로를 형성한다(S60). 그럼 다음, 세정 공정을 진행하여 식각 공정의 진행에 따른 불순물을 제거하고, 반도체 기판 전면에 미리 결정된 굴절률 특성을 갖는 상부 클래드층을 증착한다(S70). 그리고 나서, 광역 평탄화 공정을 적용하여 반도체 기판 전면을 평탄화함으로써, 비대칭 Y자형 광도파로 구조를 반도체 기판 상에 완성한다(S80).

상기와 같이 반도체 기판 상에 광도파로 구조를 구현하는데 있어서, 상부 및 하부 클래드층을 구성하는 물질과 제1 및 제2 유전물질의 굴절률 특성 및 구체적인 물질의 종류는 전술한 본 발명의 기술적 사상을 감안하여 광도파로의 설계자에 의해 사전에 미리 정의된다.

상기 상부 및 하부 클래드층과 제1 및 제2유전물질은 일반적인 광도파로 제조방법에서 사용되는 공지된 증착공정에 의해 증착 가능하다. 특히 제2유전물질이 증착되기 전의 반도체 기판 상부에는 가지 광도파로가 형성되어 있으므로, 제2유전물질의 증착방식으로는 스텝 커버리지 특성이 우수하다고 알려진 증착방법을 선택하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 상기 제2유전물질은 화학 기상 증착 (Chemical Vapor Deposition: CVD) 방법에 의해 증착할 수 있다.

이하에서는 전술한 비대칭 Y자형 광도파로 구조를 구비한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 양방향 광송수신 모듈의 구성을 상세하게 설명한다.

도8a는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 광송수신 모듈의 구성을 도시한 평면도이고, 도8b는 도8a의 B-B' 선에 따른 단면도이다. 광송수신 모듈에 채용된 광도파로 구조는 도6a에 도시된 바와 같은 광신호 도파 특성을 가진다. 하지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 경우에 따라 광도파로 구조는 도6b에 도시된 바와 같은 광신호 도파 특성을 가질 수도 있다.

구체적으로 도8a 및 도8b를 참조하면, 본 발명에 따른 광송수신 모듈은 이미 상술한 바 있는 주축 광도파로(100) 및 가지 광도파로(110)로 이루어진 비대칭 Y자형 광도파로 구조와, 상기 주축 광도파로(100)의 일 측으로 제1과장대역의 수신광을 광 결합시켜 입력하는 광섬유(200)와, 상기 주축 광도파로(100)를 통하여 도파된 수신광을 입력받아 광전 변환을 통해 전기 신호를 생성하는 포토 다이오드(210)와, 전기 신호의 전광변환에 의해 송신광을 생성하여 가지 광도파로(110)로 광 결합시켜 입력하는 레이저 다이오드(220)를 포함한다.

상기 광도파로 구조가 형성된 반도체 기판(S)에는 광섬유(200)가 실장될 지점에 V자형 그루브(230)가 제공된다. 광섬유(200)는 상기 V자형 그루브(230)를 매개로 하여 가이딩 되어 주축 광도파로(100)와 수동으로 광 정렬된다. 이를 위해, 상기 V자형 그루브(230)의 폭과 깊이는 광섬유(200)의 코어(C)와 주축 광도파로(100)의 광축 정렬을 감안하여 정밀하게 제어되는 것이 바람직하다.

상기 V자형 그루브(230)는 반도체 기판(S) 상에 광도파로 구조를 형성한 후 후속으로 사진 식각 공정을 적용하여 반도체 기판(S)의 해당지점을 식각함으로써 형성할 수 있다. 이 때 V자형 그루브(230)의 양측에 경사면이 형성되어야 하므로, 이 방향이 있는 식각 공정을 적용하는 것이 바람직하다. 상기 V자형 그루브(230)는 사진 식각 공정 이외에도 기타 기계적인 그라인딩 공정에 의해서 형성 가능함은 물론이다.

상기 반도체 기판(S)의 상부에는 광섬유(200)의 실장을 위한 V자형 그루브(230) 이외에도 포토 다이오드(210)와 레이저 다이오드(220)가 실장되기 위한 PD 실장홈('H' 참조)과 LD 실장홈(미도시)이 더 제공된다. 도8b에는 PD 실장홈만이 도시되어 있지만, PD 실장홈과 LD 실장홈의 구조는 폭과 깊이에서 차이는 있으나 기본적인 형태는 유사하다.

상기 PD 및 LD 실장홈은 반도체 기판(S) 상에 광도파로 구조를 형성하고 후속공정으로 사진 식각 공정을 진행하여 형성할 수 있다. 이 때, 상기 PD 및 LD 실장홈의 측면에는 경사면이 형성되는 것이 바람직하므로, 이 방향이 있는 식각 공정을 적용하는 것이 바람직하다.

바람직하게, 상기 PD 및 LD 실장홈 각각에는 포토 다이오드(210)와 레이저 다이오드(220)가 플립칩 공정에 의해 표면 실장된다. 이를 위해, 상기 PD 실장홈 및 LD 실장홈에는 플립칩 공정의 진행시 사용될 패터닝된 솔더 패드(240)가 더 제공된다. 이러한 경우, 포토 다이오드(210)와 레이저 다이오드(220)는 솔더 범프(250)를 이용한 플립칩 본딩 공정에 의해 솔더 패드(240)에 견고하게 고정된다. 이 때 솔더 범프(250)의 양을 조절하면 포토 다이오드(210)와 레이저 다이오드(220)의 높이를 정밀하게 제어할 수 있으므로, 플립칩 공정을 적용할 경우 광도파로와 포토 다이오드(210) 및 레이저 다이오드(220) 사이의 신뢰성 있는 광축 정렬을 용이하게 달성할 수 있다.

상기 PD 및 LD 실장홈의 형성과정에서, 그 깊이와 폭은 포토 다이오드(210)와 레이저 다이오드(220)의 크기와 광도파로와의 광축 정렬, 및 솔더 패드(240)와 솔더 범프(250)의 높이를 종합적으로 고려하여 정밀하게 제어되는 것이 바람직하다.

본 발명에 따른 광송수신 모듈은, 레이저 다이오드(220)로부터 출력되는 송신광의 출력 레벨을 균일하게 유지하기 위해 레이저 다이오드(220)의 후면에서 출력되는 누설 송신광을 입력받아 광전 변환을 통해 송신광의 출력 레벨을 전기 신호로 출력하는 모니터 포토 다이오드(260)를 더 포함할 수 있다.

이러한 경우, 상기 반도체 기판(S) 상에는 모니터 포토 다이오드(260)가 실장되는 모니터 PD 실장홈(미도시)이 더 제공되고, 모니터 포토 다이오드(260)는 플립칩 공정에 의해 상기 모니터 PD 실장홈에 표면 실장되는 것이 바람직하다. 도8b에서 모니터 PD 실장홈의 구조가 구체적으로 도시하지는 않았으나, 그 형태는 PD 실장홈의 구조와 유사하다.

모니터 포토 다이오드(260)를 상기 모니터 PD 실장홈에 표면 실장하기 위해, 상기 모니터 PD 실장홈에는 패터닝된 솔더 패드가 형성되고, 상기 모니터 PD 실장홈의 폭과 깊이는 모니터 포토 다이오드(260)의 크기, 레이저 다이오드(220)와 모니터 포토 다이오드(260)와의 광축 정렬, 및 솔더 패드와 솔더 범프의 높이를 감안하여 정밀하게 제어되는 것이 바람직하다.

한편, 도면으로 도시하지는 않았지만, 상기 반도체 기판(S) 상에는 와이어 본딩 기술을 이용하여 외부 회로 기판으로부터 전광 변환용 전기 신호를 레이저 다이오드(220)에 인가하기 위한 전극 패드, 포토 다이오드(210)의 광전 변환에 의해 생성된 전기 신호를 외부 회로 기판에 입력하기 위한 전극 패드, 및 모니터 포토 다이오드(260)의 광전 변환에 의해 생성된 전기 신호를 외부 회로 기판에 입력하기 위한 전극 패드가 더 구비될 수 있다.

본 발명에 따른 광송수신 모듈에 있어서, 비대칭 Y자형 광도파로 구조가 형성되고 광 능동소자가 실장된 반도체 기판(S)은 소정 두께의 세라믹 기판(270)에 마운트된다. 그리고 광섬유(200)는 일단을 V자형 그루브(230)에 가이딩 하여 주축 광도파로(100)와 수동으로 광축 정렬하기 전에, 타단을 세라믹 페룰(280)에 삽입하여 에폭시로 고정시킨다. 그런 다음, 페룰(280)을 연마하여 광섬유(200)의 타단을 노출시키고, 연마된 페룰(280)을 다시 슬리브(290)에 삽입한 후 페룰 하우징(300)에 견고하게 결합시킨다.

페룰(280)이 페룰 하우징(300)에 결합되고 나서, 페룰(280)의 일단은 세라믹 기판(270)에 형성된 거치 홈(310)에, 광섬유(200)의 일단은 V자형 그루브(230)에 장착하여 주축 광도파로(100)와 광축 정렬시킨다. 그리고 나서, 유리 덮개(320)와 페룰 덮개(330)로 광섬유(200)와 페룰(280)을 각각 덮고, 에폭시를 이용하여 페룰(280)은 세라믹 기판(270)에, 광섬유(200)는 반도체 기판(S)에 견고하게 결합시킨다. 그러면, 광섬유(200)는 가입자단으로부터의 수신광을 전송하는 외부 광섬유와 페룰(280)을 통해 연결될 수 있는 형태로 주축 광도파로(100)와 광축 정렬되게 된다.

한편, 상술한 본 발명에 따른 광송수신 모듈은 도6a에 도시된 광도파 특성을 가지는 광도파로 구조를 채용하고 있다. 하지만 도6b에 도시된 광도파 특성을 가진 광도파로 구조가 광송수신 모듈에 포함될 경우, 레이저 다이오드, 모니터 포토 다이오드 및 포토 다이오드의 배치 위치는 그에 상응하게 변경되어야 하는 것은 자명하다.

그러면, 이하에서는 도8a를 참조하여 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈의 동작을 상세하게 설명한다.

광섬유(200)를 통하여 수신되는 제1과장대역의 수신광은 주축 광도파로(100)의 일 측으로 광 결합되어 입력된 후 주축 광도파로(100)의 타 측으로 도파된다. 이 때, 가지 광도파로(110)로는 제1과장대역의 수신광이 도파되지 않는다. 도파된 수신광은 포토 다이오드(210)의 광 활성부에 입력되어 광전 변환을 거쳐 전기 신호로 변환된 후 외부 회로 기관으로 출력된다.

한편 외부 회로 기관으로부터 레이저 다이오드(220)에 인가되는 전기 신호는 전광 변환을 거쳐 제2과장대역의 송신광으로 변환된 후 가지 광도파로(110)로 광 결합되어 입력된다. 입력된 송신광은 가지 광도파로(110)의 연장 시작 시점(O<sub>1</sub>)에 형성된 광도파로(100, 110)간 계면을 거쳐 주축 광도파로(100)로 도파된 후 광섬유(200)로 광 결합되어 입력된다.

이와 같이, 본 발명에 따른 양방향 광송수신 모듈은 별도의 과장 분리기가 없이도 광도파로 구조 내에서 과장의 선택적 도파를 구현함으로써, 간단하면서도 안정적인 구조 하에서 광신호의 양방향 송수신을 실현할 수 있게 된다.

이상과 같이, 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.

### 발명의 효과

본 발명의 일 측면에 따르면, 종래의 광송수신 모듈이 채용하고 있는 별도의 과장 분리기가 없이도 광도파로 구조 내에서 과장 선택적인 광신호의 도파를 실현함으로써, 광송수신 모듈의 패키징 공정에 필요한 시간과 비용을 절감할 수 있다.

본 발명의 다른 측면에 따르면, 광송수신 동작을 위한 광신호 전송경로가 간단하기 때문에, 모듈의 경박 단소화가 가능한 것은 물론이고 패키징 공정에서 광축 정렬의 오차를 줄임으로써 광송수신 모듈의 높은 신뢰성을 확보할 수 있게 된다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 수신광의 도파 경로가 일직선을 이루고 있으므로, 광송수신 모듈의 구조적인 안정성 확보가 가능하다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 레이저 다이오드의 송신광 출력방향이 포토 다이오드의 수신광 입력방향과 일치하지 않으므로, 크로스토크 현상에 의해 야기되는 광송수신 모듈의 신뢰성 저하를 효과적으로 방지할 수 있게 된다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

길이 방향으로 연장된 주축 광도파로; 및

상기 주축 광도파로 내부의 연장 시작 지점으로부터 길이 방향으로 소정 구간 연장되다가 외부로 분지된 가지 광도파로;를 포함하고,

상기 주축 광도파로 및 상기 가지 광도파로는 제1과장대역 및 제2과장대역을 가지는 광신호에 대해 상기 제1과장대역에서 가지 광도파로가 주축 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지고, 제2과장대역에서는 그 반대인 것으로 그 대소 관계가 역전되는 유효 굴절률을 가지고,

상기 주축 광도파로는, 제2과장대역의 광신호를 일 측으로 입력받아 타 측으로 도파시키는 한편, 제1과장대역의 광신호는 타 측으로 입력받아 가지 광도파로로 도파시키고, 상기 가지 광도파로는 제1과장대역의 광신호를 연장 끝점 방향으로 도파시키는 것을 특징으로 하는 비대칭 Y자형 광도파로 구조.

**청구항 2.**

삭제

**청구항 3.**

삭제

**청구항 4.**

삭제

**청구항 5.**

삭제

**청구항 6.**

제1항에 있어서,

상기 주축 광도파로와 가지 광도파로는 클래드층에 의해 감싸여진 것을 특징으로 하는 비대칭 Y자형 광도파로 구조.

**청구항 7.**

제6항에 있어서,

상기 클래드층은 상기 주축 광도파로와 가지 광도파로의 저면을 기준으로 상부 클래드층과 하부 클래드층으로 구분되는 것을 특징으로 하는 비대칭 Y자형 광도파로 구조.

**청구항 8.**

제6항에 있어서,

상기 가지 광도파로는 상기 주축 광도파로에서 분기되기 전에 상기 연장 시작 지점을 기준으로 소정 구간 일직선으로 연장 되는 것을 특징으로 하는 비대칭 Y자형 광도파로 구조.

**청구항 9.**

반도체 기판 상에 증착된 클래드층 내에 비대칭 Y자형 광도파로 구조를 구비하는 양방향 광송수신 모듈에 있어서,

길이 방향으로 연장된 주축 광도파로;

상기 주축 광도파로 내부의 연장 시작 지점으로부터 길이 방향으로 소정 구간 연장되다가 외부로 분기된 가지 광도파로;

상기 주축 광도파로의 일단에 제1과장대역의 광신호를 입력할 수 있도록 광 결합된 광섬유;

상기 제1과장대역의 광신호를 광전 변환할 수 있도록 상기 주축 광도파로의 타단에 광 결합된 포토 다이오드; 및

상기 가지 광도파로로 전광 변환된 제2과장대역의 광신호를 입력할 수 있도록 광 결합된 레이저 다이오드를 포함하고,

상기 제1과장대역에서, 상기 주축 광도파로가 상기 가지 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지고, 제2과장대역에서, 상기 가지 광도파로가 상기 주축 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

#### 청구항 10.

제9항에 있어서,

상기 반도체 기관의 상부에는 상기 광섬유의 수동 광축 정렬을 위한 V자형 그루브가 구비되는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

#### 청구항 11.

제9항에 있어서,

상기 반도체 기관 상부에는 상기 포토 다이오드 및 레이저 다이오드를 표면 실장하기 위한 홈이 구비되고,

상기 포토 다이오드 및 레이저 다이오드는 각 홈에 플립칩 공정에 의해 실장되는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

#### 청구항 12.

제9항에 있어서,

상기 레이저 다이오드의 후단에서 레이저 다이오드의 누설 광을 수신하여 광 출력을 모니터링하는 모니터 포토 다이오드를 더 포함하고,

상기 반도체 기관 상부에는 상기 모니터 포토 다이오드의 표면 실장을 위한 홈이 구비되고, 상기 모니터 포토 다이오드는 상기 홈에 플립칩 공정에 의해 표면 실장되는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

#### 청구항 13.

제9항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 주축 광도파로는 직선에 가까운 완만한 곡선을 이루는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

#### 청구항 14.

제9항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가지 광도파로는 상기 주축 광도파로에서 분기되기 전에 상기 연장 시작 지점을 기준으로 소정 구간 일직선으로 연장되는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

#### 청구항 15.

반도체 기판 상에 증착된 클래드층 내에 비대칭 Y자형 광도파로 구조를 구비하는 양방향 광송수신 모듈에 있어서,

길이 방향으로 연장된 주축 광도파로;

상기 주축 광도파로 내부의 연장 시작 지점으로부터 길이 방향으로 소정 구간 연장되다가 외부로 분지된 가지 광도파로;

상기 주축 광도파로의 일단에 제1과장대역의 광신호를 입력할 수 있도록 광 결합된 광섬유;

상기 제1과장대역의 광신호를 광전 변환할 수 있도록 상기 가지 광도파로와 광 결합된 포토 다이오드; 및

상기 주축 광도파로의 타단에 전광 변환된 제2과장대역의 광신호를 입력할 수 있도록 광 결합된 레이저 다이오드;를 포함하고,

상기 제1과장대역에서, 상기 가지 광도파로가 상기 주축 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지고, 제2과장대역에서, 상기 주축 광도파로가 상기 가지 광도파로 보다 큰 유효 굴절률을 가지는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

## 청구항 16.

제15항에 있어서,

상기 반도체 기판의 상부에는 상기 광섬유의 수동 광축 정렬을 위한 V자형 그루브가 구비되는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

## 청구항 17.

제15항에 있어서,

상기 반도체 기판 상부에는 상기 포토 다이오드 및 레이저 다이오드를 표면 실장하기 위한 홈이 구비되고,

상기 포토 다이오드 및 레이저 다이오드는 각 홈에 플립칩 공정에 의해 실장되는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

## 청구항 18.

제15항에 있어서,

상기 레이저 다이오드의 후단에서 레이저 다이오드의 누설 광을 수신하여 광 출력을 모니터링하는 모니터 포토 다이오드를 더 포함하고,

상기 반도체 기판 상부에는 상기 모니터 포토 다이오드의 표면 실장을 위한 홈이 구비되고, 상기 모니터 포토 다이오드는 상기 홈에 플립칩 공정에 의해 표면 실장되는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

## 청구항 19.

제15항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 주축 광도파로는 실질적으로 일직선을 이루는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

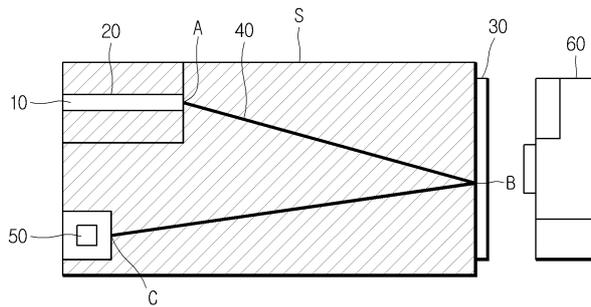
청구항 20.

제15항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

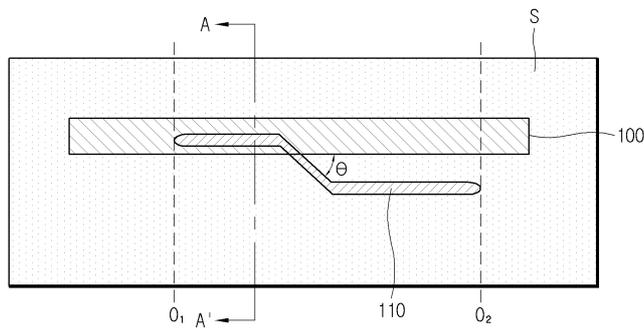
상기 가지 광도파로는 상기 주축 광도파로에서 분기되기 전에 상기 연장 시작 지점을 기준으로 소정 구간 일직선으로 연장 되는 것을 특징으로 하는 양방향 광송수신 모듈.

도면

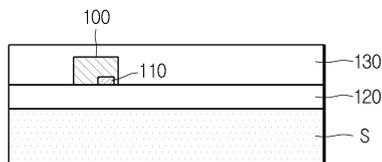
도면1



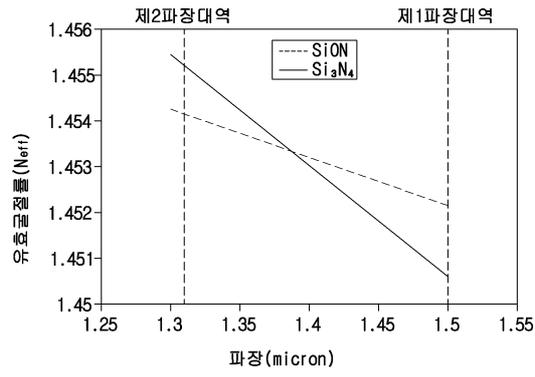
도면2a



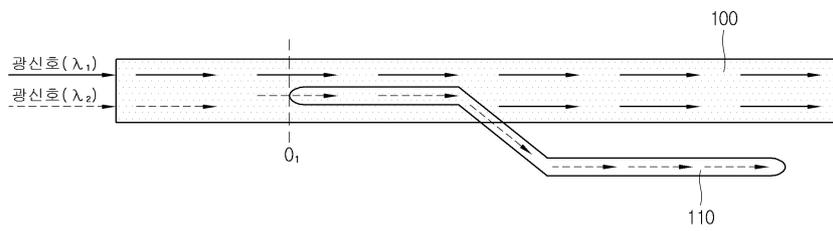
도면2b



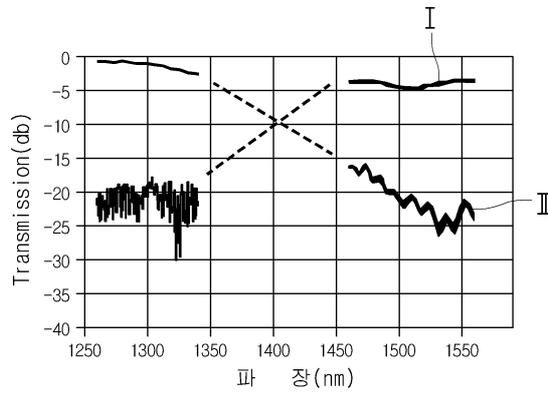
도면3



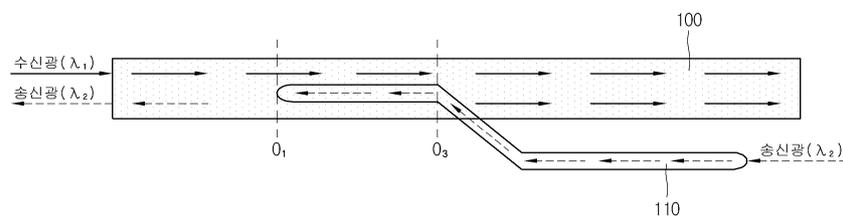
도면4



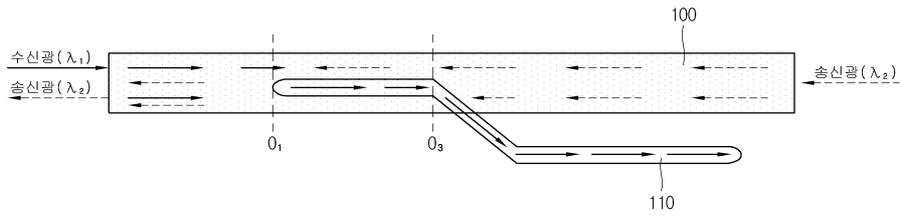
도면5



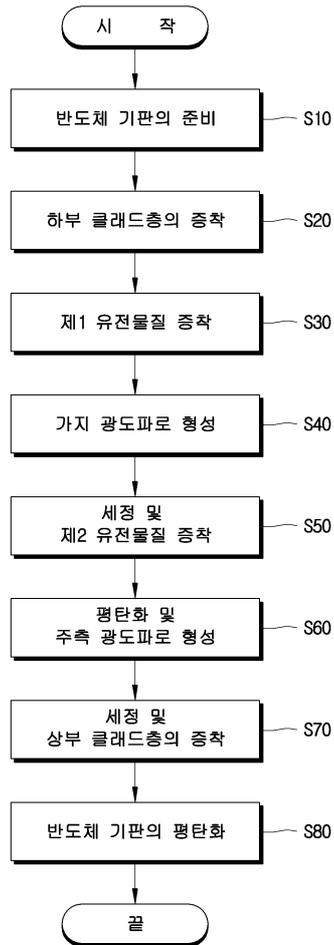
도면6a



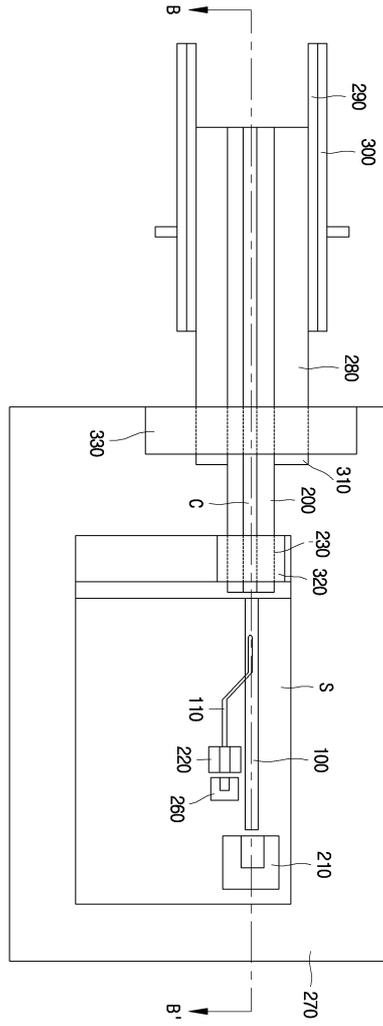
도면6b



도면7



도면8a



도면8b

