



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0115255
(43) 공개일자 2017년10월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/02 (2006.01) F21V 8/00 (2016.01)
G02B 6/12 (2006.01) G02B 6/36 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 6/02347 (2013.01)
G02B 6/0056 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0042620
(22) 출원일자 2016년04월07일
심사청구일자 2016년04월07일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
김경현
인천광역시 연수구 먼우금로 126, 209동 501호(동춘동, 현대대림2차아파트)
이문혁
인천광역시 남동구 구월로 192, 1506동 3303호(구월동, 구월힐스테이트롯데캐슬골드아파트)
(74) 대리인
특허법인세원

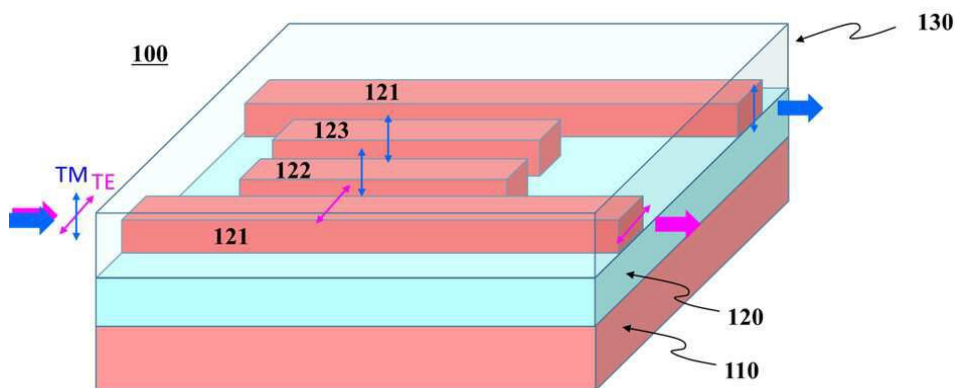
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기

(57) 요약

본 발명에 따른 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기는, 반도체 기판; 상기 반도체 기판 상부에 구비된 평판형의 하부 클래드 층; 상기 하부 클래드 층 상부에 각각 소정의 폭과 높이를 가지며 서로 평행하게 위치하는 구간이 생기도록 이격되어 구비되고, 각각 입력단 및 출력단을 가지는 한 쌍의 광 도파로; 및 상기 하부 클래드 층 상부 중 상기 한 쌍의 광 도파로가 서로 평행하게 위치한 구간에 소정의 폭과 높이를 가지고 서로 이격되어 구비되며, 상기 한 쌍의 광 도파로와 나란히 구비되어 편광을 분리시키는 기능을 하는 2개 이상의 브릿지형 광 도파로;를 포함하여 구성된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G02B 6/12004 (2013.01)

G02B 6/366 (2013.01)

(72) 발명자

김동욱

서울특별시 강서구 방화대로34길 62, 207호(
방화동, 마곡경남아너스빌)

김유덕

인천광역시 연수구 동곡재로117번길 22, 109동 40
4호(동춘동, 대우3차아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

반도체 기관;

상기 반도체 기관 상부에 구비된 평판형의 하부 클래드 층;

상기 하부 클래드 층 상부에 각각 소정의 폭과 높이를 가지며 서로 평행하게 위치한 구간이 생길도록 이격되어 구비되고, 각각 입력단 및 출력단을 가지는 한 쌍의 광 도파로; 및

상기 하부 클래드 층 상부 중 상기 한 쌍의 광 도파로가 서로 평행하게 위치한 구간에 소정의 폭과 높이를 가지고 서로 이격되어 구비되되, 상기 한 쌍의 광 도파로와 나란히 구비된 2개 이상의 브릿지형 광 도파로;를 포함하여 구성된 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기.

청구항 2

제1항에서,

상기 한 쌍의 광 도파로와 상기 브릿지형 광 도파로는 상기 하부 클래드 층과 비교하여 상대적으로 높은 굴절률을 가지는 코어 매질로 구성된 것을 특징으로 하는 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기.

청구항 3

제1항에서,

상기 하부 클래드 층 상부와 상기 한 쌍의 광도파로 및 상기 2개 이상의 브릿지형 광 도파로를 덮어주는 형태로 구비된 상부 클래드 층;을 더 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기.

청구항 4

제1항에서,

상기 한 쌍의 광 도파로 사이에 2개 이상의 브릿지형 광 도파로가 나란히 배치된 것을 특징으로 하는 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기에 관한 것으로 더욱 상세하게는, 광 신호처리용 광자집적회로에서 편광 분리 기능을 수행하되, 집적형 광 아이솔레이터 및 서큘레이터 등에 주요 부품으로 활용될 수 있을 만큼 높은 편광 소멸비(Polarization Extinction Ratio, PER) 및 낮은 삽입 손실(Insertion Loss, IL)을 가지며, 설계가 단순하면서도 소자 제작 공정도 용이한 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기에 관한 것이다.

배경 기술

[0003]

집적형 편광 분파기는 입력 광 신호의 편광에 따라 다른 광경로로 출력되도록 하는 광 소자로서 광 신호처리용

광자집적회로에서의 요소 부품으로 사용되고 있으며, 향후 코히어런트 광 통신과 양자 통신 등에서의 핵심 소자로 높은 활용도를 가질 것으로 예상된다. 또한 집적형 편광 분파기는 집적형 광 아이솔레이터 및 광 서큘레이터, 각종 편광 센서 등에 널리 사용될 수 있는 중요한 광 소자이다.

- [0004] 종래 여러 가지 구조의 집적형 편광 분파기가 개발되어 왔으나, 이들 대부분이 편광 소멸비가 낮거나 삽입 광 손실이 큰 문제를 가지고 있으며, 혹은 제작 공정이 복잡한 단점을 가지고 있다.
- [0005] 구체적인 종래 기술들을 살펴보면, 우선, 단열적으로 두께가 변하는 광 도파로(adiabatic waveguide)를 이용한 광 커플러 구조로 편광 회전 및 분파 기능을 동시에 가진 집적형 편광 분파기(US 8,855,449)가 있다. 이 편광 회전 및 분파기는 단일 광 커플러 구조를 가지고 있어 편광 소멸비가 높지 않다.
- [0006] 또 다른 종래의 기술로 한 쌍의 광 커플러형 편광 분파기와 편광 결합기, 그리고 2개의 편광 회전기로 구성된 편광 분파 및 회전기(US 8,238,697)를 찾아볼 수 있으나, 이 구조에서도 편광 분파기의 편광 소멸비를 높이는 데 있어서는 제한적인 특성을 가지고 있다.
- [0007] 또 다른 종래 기술로 광 도파로 커플러 구조의 커플링 영역에 회절격자(grating)를 형성하여 한 쪽 광 도파로의 편광이 다른 쪽 광 도파로로 광 커플링이 일어나게 하는 편광 커플러 구조(US 6,947,639)도 존재한다. 이 구조는 파장이 다른 편광 신호도 커플링하는 편광 커플러이나, 회절격자 형성에 따른 추가적인 식각 공정이 필요한 단점이 있으며, 편광 소멸비가 높은 편광 분파기 특성은 제시하지 못하고 있다.
- [0008] 또한, S자형으로 휘어진 광 도파로의 시작 부분에 비등방성(anisotropic) 광 도파로를 연결한 편광 분파기(US 5,475,771)도 선보인 바 있는데, 이 구조의 경우 비등방성 광 도파로 형성을 위해 양성자 교환 방식의 소자 제작 공정이 필요하고, 편광 소멸비도 그리 높지 못하다.
- [0009] 또 다른 종래의 기술로 두 평행한 광 도파로 사이에 단열(adiabatic) 형태의 Y자형 교차 합류 도파로로 연결된 X자형 광 커플러 구조의 편광 분파기(US 5,133,029)도 존재한다. 이 편광 분파기의 경우 편광 소멸비는 30 dB 이하 수준이고 삽입 손실도 비교적 큰 단점을 가지고 있다.
- [0010] 또한, 단일 브릿지를 가진 편광 분파기와 편광회전기를 이용한 광 아이솔레이터 구조를 제안한 발명(대한민국 등록특허 10-1550502)과 관련 발표 논문[Optics Express 23(2), 998-1004 (2015) & IEEE Photon. Technol. Lett. 27(6), 654-657 (2015)]이 있는데, 이 발명에서 제안한 단일 브릿지를 가진 편광 분파기 구조로는 편광 소멸비를 30dB 이상으로 높이기 힘든 단점이 있다.
- [0011] 또 다른 종래의 기술로는 SOI(Silicon-on-insulator) 기판 상에 높이와 폭이 다른 Si 광도파로들로 구성된 광 커플러형 편광 분파기를 제안한 구조가 있다 [Optics Letters 39(4), 965-968 (2014)]. 이것은 단열적(adiabatic)으로 폭과 높이가 변하는 광 도파로들로 구성된 광 커플러형 편광 분파기 구조로서 넓은 파장 대역에서 편광을 분파하는 특성을 보이고 있으나, 편광 소멸비가 -10dB 수준으로 낮고 높이 조절에 따른 추가적인 식각이 필요한 단점이 있다.
- [0012] 또한, 가운데 슬롯(패인 홈)을 가진 광 도파로와 일반 스트립(strip) 광 도파로로 구성된 광 커플러 구조로 편광 회전 기능과 편광 분리 기능을 가진 편광 분리-회전기를 제안한 구조도 존재하는데[Appl. Optics 51(34), 8257-8261 (2012)], 이 구조도 편광 분리 특성이 -23dB 이하로 낮은 단점이 있다.
- [0013] 또 다른 종래의 기술로는 SOI 기판 상에 1개의 넓은 폭을 가진 광 도파로를 가운데 두고 입력단의 왼쪽에는 좁은 폭의 광 도파로로 커플러를 구성한 후, 다른 반대편 출력단 부분의 오른쪽에는 또 다른 좁은 폭의 광 도파로를 두어 2번째 광 커플러를 구성하는 구조로 편광분리기를 구성하는 구조가 있다[J. Lightwave Technol. 30(20), 3281-3286 (2012)]. 그러나, 이 구조에서도 편광 분리 특성이 -20dB 이하로 낮은 단점이 있다.
- [0014] 또한, SOI 기판에 2개의 3dB 광대역 커플러를 순차적으로 길이 방향으로 설치하는 실리콘 편광 빔 분파기도 제시된 바 있다[Optics Express 23(23), 29413-29422 (2015)]. 그러나, 이 구조에서도 TE 편광 TM 편광 모두에 대해 편광 분리 특성이 -30dB 이상을 만족하지 못하고 있다.
- [0015] 또한, SOI 기판 상의 두 광 도파로 사이에 파장 보다 작은 주기의 브래그 격자(Bragg grating)를 형성하는 구조를 통해 TE 편광에 대해서만 편광 분리 특성이 -30dB 이상이 되도록 해주는 기술이 제안되기도 하였다[Opt. Lett. 41(4), 773-776 (2016)]. 이 구조에서는 2개의 광 도파로 사이에 파장보다 작은 격자들이 여러 개 들어가는 복잡한 구조를 정밀하게 설계하여 제작하여야 하는 점과 브래그 격자 구조로 말미암아 -30dB 이상의 편광 분리 특성이 가능한 파장 영역이 매우 좁은 점이 문제로 지적되었다.

[0016] 또한, 실리콘 나노 광 도파로와 1차원 주기적인 실리콘 막대 광 도파로로 구성된 비대칭 방향성 커플러 구조의 편광 빔 분파기도 제안된 바 있다[pp1. Optics 54(34), 10277-10282 (2015)]. 그러나, 이 구조는 한쪽 편광에 대해서만 높은 편광 분리 기능을 가지며, 상대적으로 손실이 큰 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명은 한번의 식각 공정으로 실리콘 광 도파로 소자 제작을 가능하게 해주는 동시에 기존 CMOS 기반의 실리콘 포토닉 플랫폼에 집적하기 쉬우면서도 낮은 삽입 손실과 큰 편광 소멸 계수 특성을 가지는 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기를 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0020] 본 발명은 전술한 과제의 해결을 위해, 반도체 기판; 상기 반도체 기판 상부에 구비된 평판형의 하부 클래드 층; 상기 하부 클래드 층 상부에 각각 소정의 폭과 높이를 가지며 서로 평행하게 위치한 구간이 생기도록 이격되어 구비되고, 각각 입력단 및 출력단을 가지는 한 쌍의 광 도파로; 및 상기 하부 클래드 층 상부 중 상기 한 쌍의 광 도파로가 서로 평행하게 위치한 구간에 소정의 폭과 높이를 가지고 서로 이격되어 구비되되, 상기 한 쌍의 광 도파로와 나란히 구비된 2개 이상의 브릿지형 광 도파로; 를 포함하여 구성된 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기를 제공한다.

[0022] 상기 한 쌍의 광 도파로와 상기 브릿지형 광 도파로는 상기 하부 클래드 층과 비교하여 상대적으로 높은 굴절률을 가지는 코어 매질로 구성된 것을 특징으로 할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기는, 상기 하부 클래드 층 상부와 상기 한 쌍의 광도파로 및 상기 2개 이상의 브릿지형 광 도파로를 덮어주는 형태로 구비된 상부 클래드 층; 을 더 포함하여 구성된 것을 특징으로 할 수 있다.

[0026] 또한, 상기 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기는, 상기 한 쌍의 광 도파로 사이에 2개 이상의 브릿지형 광 도파로가 나란히 배치된 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기는 다음과 같은 효과를 가지고 있다.

[0029] 1. 간단한 공정에 의해 제작이 가능하고 집적화가 용이한 실리콘 반도체 광 도파로 소자 구조로 다중 브릿지를 가진 광 커플러형 편광 분파기로서 낮은 삽입 손실, 높은 편광 소멸 계수 특성 및 높은 편광 분리도를 가진다.

[0030] 2. 한번의 식각 공정으로 제작이 가능한 제작 용이성을 제공한다.

[0031] 3. 기존 반도체 공정에 기반한 광자 집적회로 소자로서 편광 제어 소자들과 집적하기 쉽다.

[0032] 4. 광 아이솔레이터 및 광 서큘레이터 기능을 가지는 집적 소자의 부품으로 응용이 가능한 장점을 가지고 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명에 따른 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기의 일 실시예의 모식도이다.

도 2는 도 1의 전후 단면도이다.

도 3은 도 1의 평면도이다.

도 4는 본 발명에 따른 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기의 또 다른 실시예의 평면 모식도이다.

도 5는 도 1에 따른 실시예에서 한 쪽 입력단에 수직(TE) 편광이 입력된 경우 빔이 커플링 되지 않고 원래 도파로로 그대로 진행하는 경로를 계산한 결과를 나타낸 것이다.

도 6은 도 1에 따른 실시예에서 한 쪽 입력단에 수평(TM) 편광이 입력된 경우 빔이 커플링 되어 다른 쪽 광 도파로의 출력단으로 진행하는 경로를 계산한 결과를 나타낸 것이다.

도 7은 도 1에 따른 실시예에서 편광 분리도가 브릿지 광 도파로의 길이에 따라 변화하는 특성을 계산한 결과를 나타낸 것이다.

도 8은 도 1에 따른 실시예에서 편광 분리도가 브릿지 광 도파로의 폭에 따라 변화하는 특성을 계산한 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 이하에서는 본 발명에 따른 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기에 관하여 상세하게 설명한다.
- [0037] 도 1 내지 도 3을 통해 확인할 수 있는 것처럼, 본 발명에 따른 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기(100)는, 반도체 기관(110), 상기 반도체 기관(110) 상부에 구비된 평판형의 하부 클래드 층(120), 상기 하부 클래드 층(120) 상부에 각각 소정의 폭과 높이를 가지고 서로 평행하게 위치한 구간이 생기도록 이격되어 구비되고, 각각 입력단 및 출력단을 가지는 한 쌍의 광 도파로(121) 및 상기 하부 클래드 층(120) 상부 중 상기 한 쌍의 광 도파로(121)가 서로 평행하게 위치한 구간에 소정의 폭과 높이를 가지고 서로 이격되어 구비되고, 상기 한 쌍의 광 도파로(121)와 나란히 구비된 2개 이상의 브릿지형 광 도파로(122, 123)를 포함하여 구성된다.
- [0038] 입력단 광 도파로(121)과 바로 옆의 브릿지형 광 도파로(122) 간에는 편광에 따라 커플링되는 길이 차이가 발생하여 수평(TM) 편광 빛은 짧은 길이에서 커플링되는 반면에 수직(TE) 편광 빛은 커플링되는 길이가 커 수평 편광은 커플링되어 건너가는 반면에 수직 편광은 그대로 진행하게 된다. 이와 같은 상황에서 상기 브릿지형 광 도파로(122) 옆에 추가적인 브릿지형 광 도파로(123)과 출력단 광 도파로(121)를 두면 수평 편광은 다시 커플링되어 순차적으로 건너가는 반면에 수직편광과는 사이가 더 벌어지게 되어 궁극적으로는 편광분리 특성이 더 좋아지게 된다.
- [0040] 상기 한 쌍의 광 도파로(121)와 상기 브릿지형 광 도파로(122, 123)는 상기 하부 클래드 층(120)과 비교하여 상대적으로 높은 굴절률을 가지는 코어 매질로 구성될 수 있다. 이렇게 구성될 경우 빛이 굴절률이 높은 광 도파로를 따라 진행하게 된다.
- [0042] 또한, 본 발명에 따른 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기(100)는, 도 1에서와 같이 상기 하부 클래드 층(120) 상부와 상기 한 쌍의 광도파로(121) 및 상기 2 이상의 브릿지형 광 도파로(122, 123)를 덮어주는 형태로 구비된 상부 클래드 층(130)을 더 포함하여 구성될 수 있다.
- [0044] 한편, 상기 한 쌍의 광 도파로(121) 중 하나의 입력단 또는 출력단은 상기 2 이상의 브릿지형 광 도파로(122, 123)의 일단과 나란히 배치될 수도 있다.
- [0046] 상기 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기(100)는 실리카 클래드와 실리콘 코어 광 도파로 기반의 다중 브릿지형 광 커플러 구조를 구현하고 있다. 구체적으로 상기 한 쌍의 두 개의 평면 광도파로(121)가 방향성 커플러를 구성하고, 그 사이에 두 개 이상의 브릿지형 광 도파로들(122, 123)이 평행하게 구비되어 있다. 이러한 다중 브릿지형 광 커플러 구도에서 수직(TE) 및 수평(TM) 편광 간의 커플링 길이 차이를 이용하여 수평 편광은

커플링이 되는 반면에 수직 편광은 커플링이 되지 않는 특성을 이용한 편광 빔 분파기 구조를 구현하고 있다.

- [0048] 상기 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기(100)의 구조는 간단한 식각 공정을 통해 실리콘 광 도파로 소자 제작을 가능하게 해줄 뿐만 아니라 기존 실리콘 포토닉 플랫폼에 집적하기 쉽고 낮은 삽입 손실과 큰 편광 소멸 계수 특성을 발휘할 수 있게 해준다.
- [0050] 또한, 도 4에 나타난 바와 같이 상기 브릿지형 광 도파로(122)는 필요에 따라 3 이상 다수개 구비될 수도 있다.
- [0052] 도 1을 살펴보면, 상기 반도체 기판(110) 상의 하부 클래드 층(120) 위에 평면 도파로 기반 다중 브릿지형 광 커플러 구조가 형성되어 있음을 확인할 수 있다. 도 2 및 도 3을 보면, 2 개의 브릿지형 광 도파로 (122, 123) 가 소정의 폭(W_{wgguide})을 가진 한 쌍의 광 도파로(121) 사이에 소정의 폭(W_{bridge})을 가지고 소정 간격(G)으로 구비되어 있다. 이와 같은 구조에서 수직(TE) 및 수평(TM) 편광 간의 커플링 길이 차이로 인하여 수평 편광은 커플링 되는 반면에 수직 편광은 커플링 되지 않는 특성을 이용하여 높은 편광 분리도를 얻을 수 있게 된다.
- [0054] 또한, 수직 및 수평 편광 간의 편광 분리도를 높이기 위해 상기 한 쌍의 광 도파로(121)의 폭(W_{wgguide})의 크기도 동일하게 구성하거나 각각 다른 크기로 해줌으로써 최적화하고, 상기 한 쌍의 광 도파로(121) 사이에 위치하는 2 개의 브릿지형 광 도파로(122, 123)의 폭(W_{bridge})과 이들 상호 간의 간격(G), 그리고 커플링 길이(L_c)도 사용 환경 및 조건에 따라 최적화할 수 있다.
- [0056] 한편, 상부 클래드 층(130)은 상기 한 쌍의 광 도파로(121)와 상기 브릿지형 광 도파로(122, 123)의 굴절을 보다 낮은 물질로 구성될 수도 있고, 하부 클래드 층(110)과 동일한 소재로 구성될 수도 있다.
- [0058] 도 5를 보면, 도 1에 따른 실시예에서 한 쪽 입력단에 수직(TE) 편광이 입력된 경우 빔이 커플링 되지 않고 원래 도파로로 그대로 진행하는 과정을 확인할 수 있고, 도 6을 보면, 도 1에 따른 실시예에서 한 쪽 입력단에 수평(TM) 편광이 입력된 경우 빔이 커플링 되어 다른 쪽 광 도파로의 출력단으로 빠져 나가는 과정을 확인할 수 있다.
- [0060] 도 7은 도 1의 실시예에서 상기 브릿지형 광 도파로(122, 123)의 길이(L_c)에 따른 편광 분리도의 변화 과정을 계산한 결과를 보여주고 있으며, 이러한 시뮬레이션 결과로부터 상기 브릿지형 광 도파로(122, 123)의 최적 길이를 결정할 수 있다. 또한, 도 8은 상기 브릿지형 광 도파로(122, 123)의 폭(W_{bridge})에 따른 편광 분리도의 변화 과정을 계산한 결과를 보여주고 있으며, 이러한 시뮬레이션 결과로부터 상기 브릿지형 광 도파로(122, 123)의 최적폭을 결정할 수 있다.
- [0062] 이상에서 본 발명에 대하여 구체적인 실시예와 함께 상세하게 살펴보았다. 그러나 본 발명은 위의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니며 요지를 벗어남이 없는 범위에서 수정 및 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 청구범위는 이와 같은 수정 및 변형을 포함한다.

부호의 설명

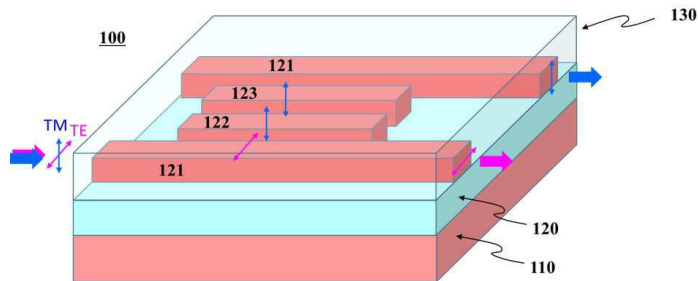
- [0064] 100: 평면 도파로 집적형 다중 브릿지 편광 분파기
110: 반도체 기판 120: 하부 클래드 층

121: 광 도파로 122, 123: 브릿지형 광 도파로

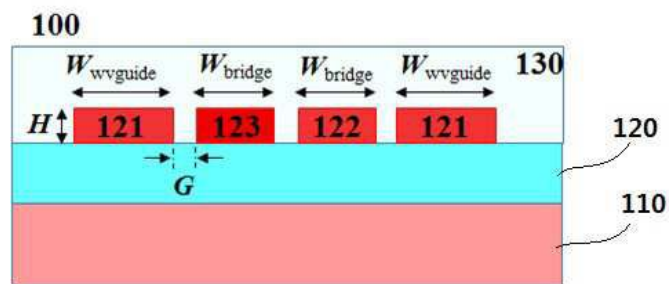
130: 상부 클래드 층

도면

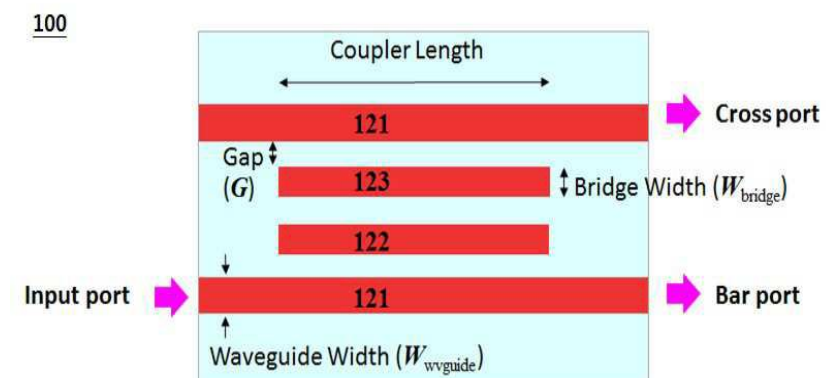
도면1



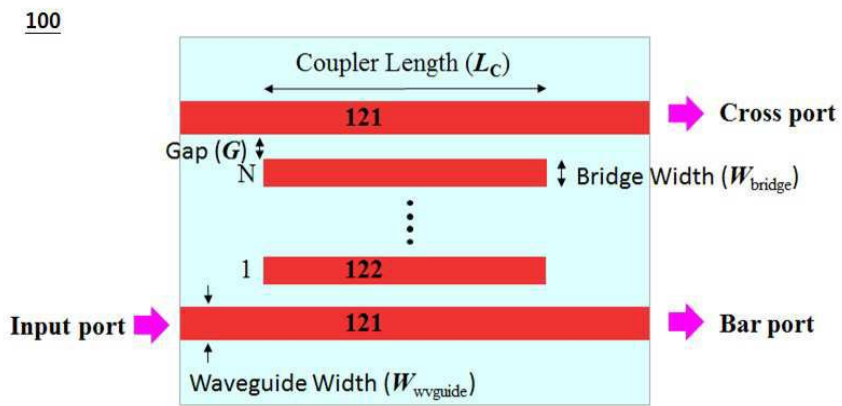
도면2



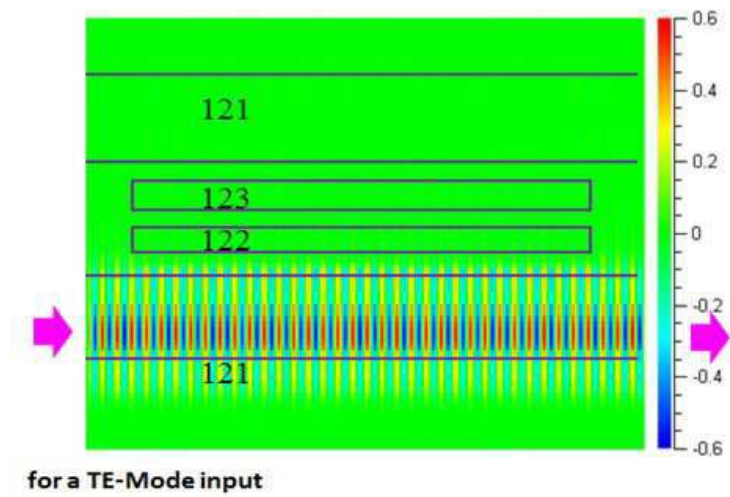
도면3



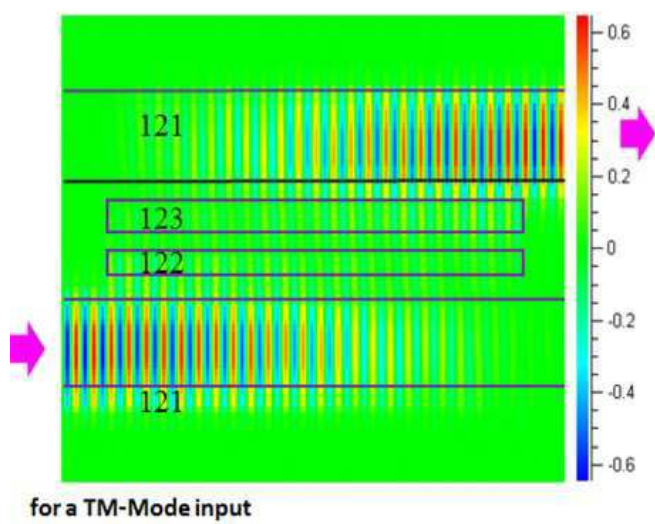
도면4



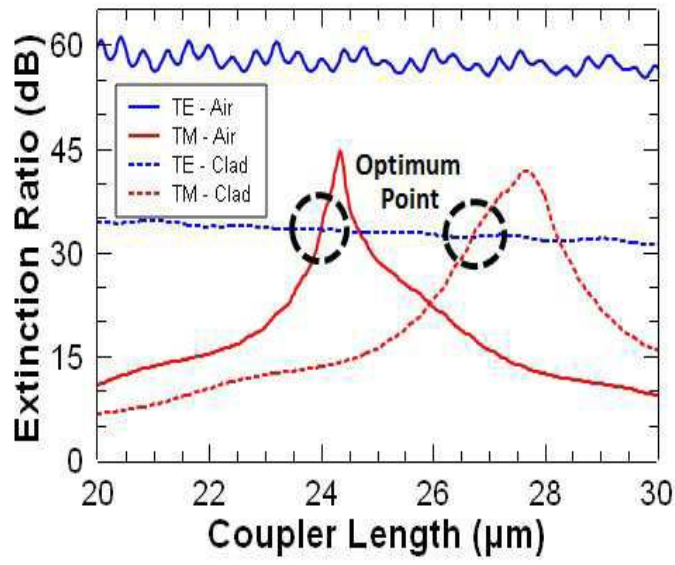
도면5



도면6



도면7



도면8

