



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월09일
(11) 등록번호 10-1656183
(24) 등록일자 2016년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/28 (2006.01) G02F 1/01 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 27/286 (2013.01)
G02F 1/0136 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0055914
(22) 출원일자 2015년04월21일
심사청구일자 2015년04월21일
(56) 선행기술조사문헌
US20130142475 A1
KR1020120086111 A
KR1020080085216 A
JP2005533277 A

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
김경현
인천광역시 연수구 먼우금로 126, 209동 501호(동춘동, 현대대림2차아파트)
김유덕
인천광역시 연수구 동곡제로117번길 22 109동 404호 (동춘동, 대우3차아파트)
(74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 7 항

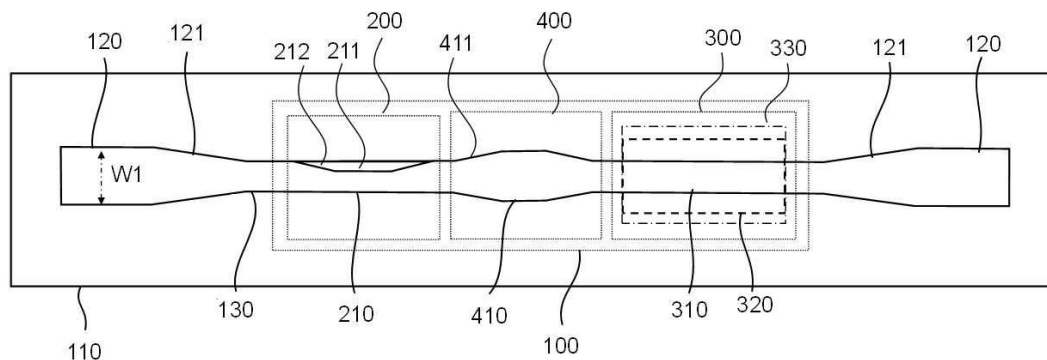
심사관 : 정상민

(54) 발명의 명칭 평면 도파로 집적형 비가역 편광 회전기

(57) 요약

평면 도파로 집적형 비가역 편광 회전기가 제시된다. 일 실시예에 따른 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기는 광 도파로형 입력 및 출력단; 비대칭 광 도파로 구조의 가역적 45도 편광 회전기; 자기 광학 소재의 크래드 층을 가진 광 도파로형 비가역적 45도 편광 회전기; 및 상기 가역적 45도 편광 회전기와 상기 비가역적 45도 편광 회전기 사이에 배치되어 편광 모드 위상차이를 보정해 주는 위상 보정기를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김동욱

서울특별시 강서구 방화대로34길 62 207호 (방화동, 마곡경남아너스빌)

이문혁

인천광역시 남동구 구월로 192 1506동 3303호 (구월동, 구월힐스테이트&롯데캐슬골드아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10044735

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원/반도체연구조합

연구사업명 산업융합원천기술개발사업/반도체산업향 미래소자 원천기술개발

연구과제명 Optical interconnection을 이용한 차세대 BEOL 기술/On-chip 광인터커넥션 구현을 위한 집적형 광 다이오드 기술

기 여 율 1/1

주관기관 한국전자통신연구원/인하대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

광 도파로형 입력단 및 출력단;

빛이 상기 광 도파로형 입력단으로부터 상기 출력단으로 진행 시 좌우 구조가 비대칭인 광 도파로로 구성된 가역적 45도 편광 회전기;

상기 가역적 45도 편광 회전기에 의해 45도 회전된 편광을 45도 회전시키는 자기 광학 소재의 크래드 층을 가진 광 도파로형 비가역적 45도 편광 회전기; 및

상기 가역적 45도 편광 회전기와 상기 비가역적 45도 편광 회전기 사이에 배치되어 편광 모드 위상차이를 보정해 주는 위상 보정기

를 포함하는 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 자기 광학 소재의 크래드 층은

자기 광학 폴리머로 이루어지는 것

을 특징으로 하는 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 비가역적 45도 편광 회전기는

상기 크래드 층의 상부에 자성체 물질층을 형성하는 것

을 특징으로 하는 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 가역적 45도 편광 회전기는

광 도파로의 일부분이 사각형으로 식각되고, 광 손실을 줄이기 위해 사각형으로 식각된 부분의 양측이 테이퍼링(tapering)된 광 도파로 구조인 것

을 특징으로 하는 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 위상 보정기는

광 도파로의 폭(W4)을 높이(H4)와 다르게 하여 두 수직 편광 성분들 간의 굴절률 차이를 이용하여 상기 편광 성분들의 위상을 조절하고, 앞 뒤로 연결된 광 도파로의 폭과 크기가 다른 폭을 가지는 경우 테이퍼링된 양단을 가지는 것

을 특징으로 하는 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 광 도파로형 상기 입력단 및 출력단에 한 쌍의 편광 모드 분파기 및 결합기를 결합하여 광 아이솔레이터 기능이 가능한 것

을 특징으로 하는 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기.

청구항 7

광 도파로형 입력단 및 출력단, 빛이 상기 광 도파로형 입력단으로부터 상기 출력단으로 진행 시 좌우 구조가 비대칭인 광 도파로로 구성된 가역적 45도 편광 회전기, 상기 가역적 45도 편광 회전에 의해 45도 회전된 편광을 45도 회전시키는 자기 광학 소재의 크래드 층을 가진 광 도파로형 비가역적 45도 편광 회전기, 상기 가역적 45도 편광 회전기와 상기 비가역적 45도 편광 회전기 사이에 배치되어 편광 모드 위상차이를 보정해 주는 위상 보정기로 구성되는 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기; 및

상기 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기의 상기 광 도파로형 입력단 및 출력단에 결합되어, 반사되는 빛은 역방향으로 상기 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전을 통과하는 동안 편광이 변하지 않아 광 아이솔레이터 기능이 가능하게 하는 한 쌍의 편광 모드 분파기 및 결합기

를 포함하는 평면 도파로 집적형 비가역 편광 회전기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 실시예들은 평면 도파로 집적형 비가역 편광 회전기에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 다른 광원 또는 광 신호처리 소자들과의 집적이 가능한 낮은 삽입 손실과 일체형 집적성이 우수한 평면 도파로 집적형 비가역 편광 회전기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 온-칩(on-chip)형 비가역적 편광 회전기(non-reciprocal polarization rotator)는 향후 집적형 광 아이솔레이터 및 광 서클레이터, 각종 편광 센서 등에 널리 사용될 수 있는 중요한 광 소자다.

[0003] 비가역적 편광 회전기는 한 쪽 방향으로 진행하는 빛에 대해서는 편광을 90도로 회전시키는 반면에, 반대 방향으로 진행하는 빛의 편광은 그대로 내보내는 역할을 하는 광 소자다. 비가역적 편광 회전기는 입출력단에 편광 필터 또는 편광분리기를 같이 두게 되면 광 아이솔레이터나 광 서클레이터로 응용되는 특성을 가지고 있다.

[0004] 이러한 비가역적 편광 회전기를 구성하기 위해서는 자기광학효과(magneto-optic effect)에서의 패러데이 회전 기능(Faraday rotator)을 이용한 벌크 광학계형 광 아이솔레이터는 널리 사용되고 있다. 하지만, 다른 광 소자들과의 집적이 가능한 광자 집적 회로용 평면 도파로형 비가역적 편광 회전기는 현재 여러 가지 방법으로 개발 중에 있으나, 아직 실용화하기에 용이한 집적형 광 아이솔레이터가 미흡한 상황이다.

[0005] 미국공개특허 US 2013/0142475호는 이러한 집적형 가역적 편광 회전기(reciprocal polarization rotator)와 비가역적 편광 회전기(non-reciprocal polarization rotator), 또한 이들을 이용한 광 아이솔레이터 구조에서는 실리콘 도파로 사이에 bismuth europium holmium gallium iron granet 또는 bismuth ytterium iron garnet 등의 자기광학 물질 블록을 위치시키고, 실리콘 광 도파로와 이 자기광학 매질 사이에 굴절률 매칭 층을 형성한 후 자석을 부착하여 자기장을 걸어 주는 방법을 제안하고 있다.

[0006] 이 구조에서는 가역적 편광 회전기 부분에서 45도 편광 회전을 시키고, 비가역적 편광 회전기에서 추가로 45도 편광 회전을 시키는 방법을 사용하고 있다. 그러나 이 구조에서 제안한 실리콘 도파로 사이에 자기광학 물질 블록과 굴절률 매칭 층을 형성하는 방법은 공정도 어려울 뿐만 아니라 전체적으로 광 손실이 큰 단점이 있다.

[0007] 다른 종래의 비가역적 편광 회전기 기술로, InGaAsP 광 도파로의 한 쪽 측면을 비스듬하게 경사지게 한 부등변 사각형 모양으로 구성하고 도파로 윗면에 Ce: YIG 결정을 하이브리드 형태로 올리고 자기장을 도파로의 광 진행 방향에 수직방향으로 걸어 주어 광 도파로에 편광 모드 간의 복굴절성을 이용한 비가역적 편광 회전기를 구현한

바 있다[IEEE J. Quantum Electronics 46(11), 1662(2010)]. 이 구조에서는 비대칭형 InGaAsP 광 도파로 형성 과정에서 식각 조절이 용이하지 않고 또 자기광학 결정을 균일하게 접착하는 과정이 어려워 패러데이 편광 회전 효율이 낮은 단점이 있다.

[0008] 또 다른 종래의 가역적 편광 회전기 소자 기술로, GaInAsP나 Si 광 도파로 상에 비대칭적으로 하나의 긴 trench를 파 내어 가역적 편광 회전기 구조를 구현한 바 있다 [Opt. Express 17(14), 11267 (2009) & Opt. Commun. 324, 22 (2014)]. 이 기존 기술에서는 반도체 광 도파로에 비대칭적인 긴 홈을 파서 어느 방향으로 진행하는 빛이던 간에 TE 편광을 TM 편광으로 수직 회전시키는 구조를 제안하고 있어 비가역적 편광 회전기 기능을 얻을 수 없는 단점이 있다.

[0009] 또 다른 종래의 가역적인 편광 회전기 소자 기술로 실리콘 나노 와이어 광 도파로 구조에서 도파로의 일부분을 사각형으로 식각하여 가역적으로 90도 편광 회전이 일어나도록 한 구조에 대한 시뮬레이션 결과를 보고한 바 있다 [J. Opt. Soc. Am. B 25(5), 747(2008)]. 이 기존 기술도 단순히 빛의 양방향 진행에 대한 가역적인 편광 회전 구조만 제안하고 있어 비가역적인 편광 회전기 기능을 얻을 수 없는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 실시예들은 평면 도파로 집적형 비가역 편광 회전기에 관하여 기술하며, 보다 구체적으로 다른 광원 또는 광 신호처리 소자들과의 집적이 가능한 광 아이솔레이터 및 서큘레이터 등으로 응용이 가능한 낮은 삽입 손실과 일체형 집적성이 우수한 평면 도파로형 비가역적 편광 회전기(non-reciprocal polarization rotator)에 관한 것이다.

[0011] 실시예들은 반도체 광도파로 소자에 비대칭성 구조에 의한 복굴절성을 주어 가역적으로 45도 편광을 회전하는 가역적 편광 회전기를 구성하며, 대칭적인 광 도파로 구조에 자기광학 소재를 크래드로 사용하고 상부에 자기장을 걸어주는 구조로 비가역적으로 45도 편광을 회전하는 비가역적 편광 회전기로 구성하여, 광 도파로의 한쪽 진행 방향으로 진행하는 빛에 대해서는 90도의 편광 회전이 일어나지만, 반대 방향으로 진행하는 빛에 대해서는 편광 변화가 없는 비가역적 90도 편광 회전기로 기존 CMOS 기반의 포토닉 플랫폼에 집적하기 쉽고 낮은 삽입 손실과 큰 편광 소멸 계수, 넓은 동작 대역폭을 갖는 SOI 기반의 평면 도파로형 집적형 비가역적 편광 회전기를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 일 실시예에 따른 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기는 광 도파로형 입력 및 출력단; 비대칭 광 도파로 구조의 가역적 45도 편광 회전기; 자기 광학 소재의 크래드 층을 가진 광 도파로형 비가역적 45도 편광 회전기; 및 상기 가역적 45도 편광 회전기와 상기 비가역적 45도 편광 회전기 사이에 배치되어 편광 모드 위상차이를 보정해 주는 위상 보정기를 포함한다.

[0013] 상기 자기 광학 소재의 크래드 층은 자기 광학 폴리머로 이루어질 수 있다.

[0014] 상기 비가역적 45도 편광 회전기는 상기 크래드 층의 상부에 자성체 물질층을 형성할 수 있다.

[0015] 상기 가역적 45도 편광 회전기는 광 도파로의 일부분이 식각되고, 입출력단의 광 손실을 줄이기 위해 식각된 부분이 테이퍼링된 광 도파로 구조일 수 있다.

[0016] 상기 위상 보정기는 광 도파로의 폭(W4)을 높이(H4)와 다르게 하여 두 수직 편광 성분들 간의 굴절률 차이를 이용하여 상기 편광 성분들의 위상을 조절하고, 상기 광 도파로의 폭이 앞 뒤에 연결된 광 도파로의 폭에 비해 크기가 다른 폭을 가지는 경우 테이퍼링된 양단을 가질 수 있다.

[0017] 광 도파로의 상기 입력 및 출력단에 한 쌍의 편광 모드 분파기 및 결합기를 결합하여 광 아이솔레이터 기능이 가능할 수 있다.

[0018] 다른 실시예에 따른 평면 도파로 집적형 비가역 편광 회전기는 광 도파로형 입력 및 출력단, 비대칭 광 도파로 구조의 가역적 45도 편광 회전기, 자기 광학 소재의 크래드 층을 가진 광 도파로형 비가역적 45도 편광 회전기, 상기 가역적 45도 편광 회전기와 상기 비가역적 45도 편광 회전기 사이에 배치되어 편광 모드 위상차이를 보정해 주는 위상 보정기로 구성되는 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기; 및 상기 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기 한 쌍과 결합되어, 편광에 의존하지 않는 광 아이솔레이터 기능이 가능한 한 쌍의

편광 모드 분파기 및 결합기를 포함한다.

발명의 효과

[0019] 실시예들에 따르면 반도체 소자 공정에 의해 제작이 가능하고 집적화가 용이한 반도체 평면 도파로와 자기 광학 폴리머 소재와 같은 물질로 크래드를 구성하여 비가역적 90도 편광 회전기 구조를 구현하여 넓은 동작 파장 대역폭에서 낮은 삽입 손실과 완전한 편광 회전 특성을 갖게 할 수 있다.

[0020] 또한, 실시예들에 따르면 기존 반도체 공정에 기반한 광자 집적회로 소자로 다양한 기능의 광전자 소자들과 집적하기 쉬운 장점이 있으며, 광 아이솔레이터 및 광 서큘레이터 기능의 소자로 응용이 가능한 평면 도파로형 집적형 비가역적 편광 회전기를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 일 실시예에 따른 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기를 나타내는 구성도이다.
- 도 2a는 일 실시예에 따른 가역적 45도 편광 회전기를 나타내는 단면도이다.
- 도 2b는 일 실시예에 따른 가역적 45도 편광 회전기를 나타내는 평면도이다.
- 도 3a는 일 실시예에 따른 비가역적 45도 편광 회전기를 나타내는 단면도이다.
- 도 3b는 일 실시예에 따른 비가역적 45도 편광 회전기를 나타내는 평면도이다.
- 도 4a는 일 실시예에 따른 위상 보정기를 나타내는 단면도이다.
- 도 4b는 일 실시예에 따른 위상 보정기를 나타내는 평면도이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 위상 보정기가 없는 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기 경우의 출력 빔의 전기장 분포도를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 다른 실시예에 따른 광 아이솔레이터 응용 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 7은 또 다른 실시예에 따른 광 아이솔레이터 및 광 서큘레이터 응용 구조를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0023] 본 실시예는 다른 광원 또는 광 신호처리 소자들과의 집적이 가능한 광 아이솔레이터 및 서큘레이터 등으로 응용이 가능한 낮은 삽입 손실과 일체형 집적성이 우수한 평면 도파로형 비가역적 편광 회전기(non-reciprocal polarization rotator)에 관한 것이다.
- [0024] 특히, 기존에 사용되고 있는 하이브리드 집적 평면 광도파로형 광 아이솔레이터 및 광 서큘레이터, 비가역적 편광 회전기 구조나 일체형 가역적 편광 회전기와는 달리 평면 광도파로 소자에 일체형으로 집적이 가능한 모노리딕 집적(monolithic integration) 구조의 비가역적 편광 회전기 구조로 낮은 삽입 손실(Insertion Loss, IL)과 높은 편광 소멸 계수(Polarization Extinction Ratio, PER)를 갖는 작은 크기의 집적형 광 소자로 제작할 수 있다.
- [0025] 도 1은 일 실시예에 따른 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기를 나타내는 구성도이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 반도체 기판(110) 상에 형성되는 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기(100)는 가역적 45도 편광 회전기(200)와 비가역적 45도 편광 회전기(300)를 포함한다. 그리고 완전한 편광 회전을 위해 가역적 45도 편광 회전기(200)를 지나는 빛의 편광 모드 간의 위상 차이를 보정해 줄 수 있는 위상 보정기(phase compensator, 400)가 추가로 구성될 수 있다.
- [0027] 이러한 일 실시예에 따른 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기는 광 도파로형 입력단 및 출력단; 빛이 상기 광 도파로형 입력단으로부터 상기 출력단으로 진행 시 좌우 구조가 비대칭인 광 도파로로 구성된 가역적 45도 편광 회전기; 상기 가역적 45도 편광 회전기에 의해 45도 회전된 편광을 45도 회전시키는 자기 광학 소

재의 크래드 층을 가진 광 도파로형 비가역적 45도 편광 회전기; 및 상기 가역적 45도 편광 회전기와 상기 비가역적 45도 편광 회전기 사이에 배치되어 편광 모드 위상차이를 보정해 주는 위상 보정기를 포함한다.

[0028] 일반적인 광 도파로 회로의 광 도파로(120) 구조는 대체적으로 낮은 높이와 상대적으로 넓은 폭(W1)을 가진 형태로 구성된다. 광 도파로(120) 구조를 가역적 45도 편광 회전기(200)에서 사용되는 상대적으로 좁은 폭의 광 도파로(130, 210)와 연결하는 경우 광 손실을 줄이기 위해 테이퍼링된 광 도파로(121)가 사용될 수 있다.

[0029] 아래에서는 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기 구성에 사용되는 가역적 45도 편광 회전기에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0030] 도 2a는 일 실시예에 따른 가역적 45도 편광 회전기를 나타내는 단면도이다. 도 2b는 일 실시예에 따른 가역적 45도 편광 회전기를 나타내는 평면도이다.

[0031] 도 2a를 참조하면, 가역적 45도 편광 회전기(200)는 서로 비슷한 크기의 높이(H2)와 폭(W2)을 가진 광 도파로(210)가 구성된다. 이러한 광 도파로(210)의 일측을 높이 h2, 폭 w2인 사각형 형상으로 식각된 광 도파로(211)로 구성할 수 있다.

[0032] 도 2b에 도시된 바와 같이, 양측 입력 및 출력단으로의 광 손실을 줄이기 위해 식각 형태가 테이퍼링된 형상의 광 도파로(212)로 연결할 수 있다. 반도체 기판(110)은 통상적으로 원 기판(111)에 산화막 처리 등과 같은 낮은 굴절률을 가진 바닥 크래드 층(110)을 형성한 후에 그 위에 굴절률이 높고 광 손실이 낮은 코어 물질로 이루어진 평면 도파로 소자들이 구성된다. 궁극적으로는 이들 평면 도파로 소자들의 균일하고 신뢰성 있는 특성을 얻기 위해서는 도파로보다 낮은 굴절률을 가진 물질로 상부 크래드 층(220)도 형성해야 한다.

[0033] 테이퍼링된 형상의 광 도파로(212)의 길이는 광 손실을 최소화하기 위해 최적 길이로 구성되고, 아울러 사각형으로 식각된 광 도파로(211)의 높이 h2와 폭 w2, 길이 L2는 원래 광 도파로의 높이 H2와 폭 W2과 비교하여 45도 편광이 적절히 일어나도록 최적화된 크기로 구성될 수 있다.

[0034] 일측 모서리가 식각된 광 도파로(211)에서는 수직 및 수평 편광 모드의 빛에 대해 복굴절성이 나타나 빛이 진행하면서 편광이 회전하는 원리를 이용할 수 있다.

[0035] 아래에서는 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기 구성에 사용되는 비가역적 45도 편광 회전기에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0036] 도 3a는 일 실시예에 따른 비가역적 45도 편광 회전기를 나타내는 단면도이다. 도 3b는 일 실시예에 따른 비가역적 45도 편광 회전기를 나타내는 평면도이다.

[0037] 도 3a를 참조하면, 비가역적 45도 편광 회전기(300)는 서로 비슷한 크기의 높이(H3)와 폭(W3)을 가진 코어 광 도파로(310)가 구성된다. 이러한 코어 광 도파로(310)에 자기 광학 소재로 크래드 층(320)을 형성하고, 그 위에 자성체 물질 층(330)으로 덮어서 자기장을 인가할 수 있다. 코어 광 도파로(310)의 폭(W3)은 대체적으로 앞에서 설명한 가역적 45도 편광 회전기(200)에서의 광 도파로 폭(W2) 및 도파로 높이(H2)와 같도록 할 수 있다.

[0038] 여기서, 자기 광학 소재의 크래드 층(320)은 자기 광학 폴리머로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 크래드 층(320)은 Fe_3O_4 core-polymer shell nanoparticle/PMMA matrix composites[Appl. Phys. Lett. 95, 143302 (2009)]와 Regioregular poly(3 hexyl thiophene)[Chem. Mater. 23, 516 (2011)] 등과 같은 폴리머를 스핀 코팅하는 방법이나 cerium-doped yttrium iron garnet(Ce: YIG), bismuth europium holmium gallium iron garnet, bismuth yttrium iron garnet 등과 같은 자기광학 결정을 도파로 위에 올리는 방법을 포함할 수 있다.

[0039] 자기 광학 소재의 크래드 층(320)은 상판 높이(h3a)와 측면 두께(w3a)는 자기 광학 계수와 자기장 크기, 전체 길이(L3) 등을 고려하여 최적 조건으로 결정될 수 있다.

[0040] 또한, 자기 광학 소재의 패러데이 편광 회전(Faraday polarization rotation) 특성을 유도하기 위해서는 자기장을 인가하는데, 벌크형 영구 자석을 자기 광학 소재의 크래드 층(320) 위에 올리거나 아니면 플라스틱 자석 등을 올릴 수 있다. 자석 소재의 특성에 따라 측면 두께(w3b)를 포함하거나, 측면 없이 윗부분에 소정 두께(h3

b)로 올려 자성체 물질 층(330)을 형성할 수 있다.

- [0041] 도 3b에 도시된 바와 같이, 자기 광학 소재로 덮인 광 도파로 길이(L3)는 진행하는 빛의 편광이 비가역적으로 45도 회전할 수 있는 길이로 결정될 수 있다.
- [0042] 도 4a는 일 실시예에 따른 위상 보정기를 나타내는 단면도이다. 도 4b는 일 실시예에 따른 위상 보정기를 나타내는 평면도이다.
- [0043] 도 4a를 참조하면, 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기 구성에 있어서 가역적 45도 편광 회전기와 비가역적 45도 편광 회전기 사이의 편광 모드 위상차이를 보정해 주는 위상 보정기(400)를 나타내는 도면이다.
- [0044] 위상 보정기(phase compensator)(400)는 비가역적 90도 편광 회전기(100)의 가역적 45도 편광 회전기(200)와 비가역적 45도 편광 회전기(300) 사이에 빛이 각각을 진행한 다음, TE와 TM 편광 성분들 간에 위상차이가 있는 부분을 보상하기 위한 것이다.
- [0045] 광 도파로의 폭(W4)을 높이(H4)와 다르게 하여 두 수직 편광 성분들 간의 유효 굴절률 차이를 이용하여 각각의 편광 성분들의 위상을 조절할 수 있다. 즉, 위상 보정기(400)의 길이(L4)를 잘 조절하여 전체적으로 비가역적 90도 편광 회전기(100)의 편광 회전 특성을 최적화할 수 있다.
- [0046] 이 때 위상 보정기(400)의 광 도파로(412)의 폭(W4)이 앞 뒤로 연결된 광 도파로의 폭과 다른 경우에 테이퍼링된 광 도파로(411)를 양단에 설치할 수 있다.
- [0047] 도 5는 도 1의 일 실시예에 따른 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기에서 위상 보정기가 없는 경우의 출력 빔의 전기장 분포도를 나타내는 도면이다.
- [0048] 도 5를 참조하면, 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기에서 위상 보정기가 없는 경우에 순방향 및 역방향으로 입력되는 편광 빔에 대해서 반대 측에서 출력되는 출력 빔의 전기장 분포도를 나타낸다.
- [0049] 도 5의 위 도면에서는 비가역적 90도 편광 회전기(100)에서 위상 보정기(400)가 없는 구조에서 오른쪽에서 TM 모드 빛이 입사하여 진행한 경우에 왼쪽에서는 TM 모드 빛이 그대로 나오는 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다.
- [0050] 도 5의 아래 도면에서는 반대로 왼쪽에서 TM 모드 빛이 입사하여 진행한 경우에 오른쪽에서 TE 모드로 편광이 90도 회전하여 출력되는 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다.
- [0051] 도 6은 다른 실시예에 따른 광 아이솔레이터 응용 구조를 나타내는 도면이다.
- [0052] 도 6을 참조하면, 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기(100)를 편광 모드 분파기 및 결합기 쌍과 합쳐서 TM 편광에 대한 광 아이솔레이터 구조로 나타낼 수 있다.
- [0053] 비가역적 90도 편광 회전기 구조(100)의 양단에 편광 빔 분파 및 결합기(610)와 커플링된 광 도파로(620)를 연결하여 오른쪽(Port 3)에서 왼쪽(Port 1)로 진행하는 TM 모드 빔과 이에 대해 반사하는 빛에 대해서 광 아이솔레이터(600) 기능 소자로 작동되도록 한 구조를 나타낼 수 있다.
- [0054] 편광 빔 분파 및 결합기(610)는 브릿지 광 도파로(611)을 이용하는 편광 빔 분파 및 결합기로 구성될 수 있다. 왼쪽(Port 1)에서 오른쪽으로 진행하는 TM 모드 빔은 편광 빔 분파 및 결합기(610)를 거쳐서 비가역적 90도 편광 회전기(100)를 통해 TE 모드로 바뀌어 오른쪽(Port 4)로 출력되어 포트 3에서의 TM 입력 신호에 대해서는 광 아이솔레이터 기능이 가능함을 보여주고 있다.
- [0055] 도 7은 또 다른 실시예에 따른 광 아이솔레이터 및 광 서큘레이터 구조를 나타내는 도면이다.
- [0056] 도 7을 참조하면, 평면 도파로형 비가역적 90도 편광 회전기 한 쌍을 편광 모드 분파기 및 결합기 쌍과 합쳐서 입력 광신호의 편광에 의존하지 않는 광 아이솔레이터 및 광 서큘레이터 구조로 나타낼 수 있다.
- [0057] 실시예에 따른 평면 도파로 집적형 비가역 편광 회전기는 광 도파로형 입력 및 출력단, 비대칭 광 도파로 구조

의 가역적 45도 편광 회전기, 자기 광학 소재의 크래드 층을 가진 광 도파로형 비가역적 45도 편광 회전기, 가역적 45도 편광 회전기와 비가역적 45도 편광 회전기 사이에 배치되어 편광 모드 위상차이를 보정해 주는 위상 보정기로 구성되는 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기; 및 평면 도파로 집적형 비가역적 90도 편광 회전기 한 쌍과 결합되어, 편광에 의존하지 않는 광 아이솔레이터 기능이 가능한 한 쌍의 편광 모드 분파기 및 결합기를 포함한다.

[0058] 이러한 구조는 비가역적 90도 편광 회전기(100) 구조 한 쌍과 양단의 편광 빔 분파 및 결합기(610) 한 쌍을 이용할 수 있다. 여기서, 포트 2에서 입력되는 수직 및 수평 편광 빔이 각 비가역적 90도 편광 회전기 구조(100)에 의해 편광이 90도 회전하여 반대쪽 포트 3으로 출력될 수 있다. 이어, 포트 3으로 반사되어 오는 빛은 역방향으로 비가역적 편광 회전기 구조(100)를 지나는 동안 편광 변화가 없어서 포트 1로 빠져 나가서 광 아이솔레이터 및 광 서큘레이터 기능을 하는 구조를 나타낼 수 있다.

[0059] 실시예들에 따르면 반도체 소자 공정에 의해 제작이 가능하고 집적화가 용이한 반도체 평면 도파로와 자기 광학 폴리머 소재와 같은 물질로 크래드를 구성하여 비가역적 90도 편광 회전기 구조를 구현하여 넓은 동작 파장 대역폭에서 낮은 삽입 손실과 완전한 편광 회전 특성을 갖게 할 수 있다.

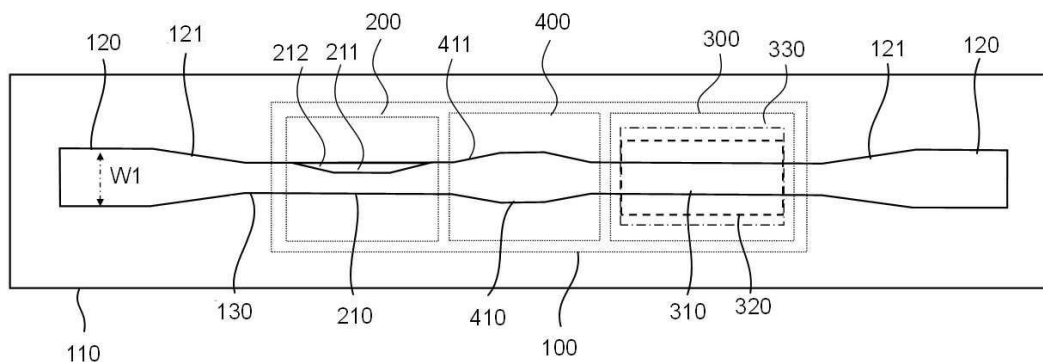
[0060] 또한, 실시예들에 따르면 기존 반도체 공정에 기반한 광자 집적회로 소자로 다양한 기능의 광전자 소자들과 집적하기 쉬운 장점이 있으며, 광 아이솔레이터 및 광 서큘레이터 기능의 소자로 응용이 가능한 평면 도파로형 집적형 비가역적 편광 회전기를 제공할 수 있다.

[0061] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

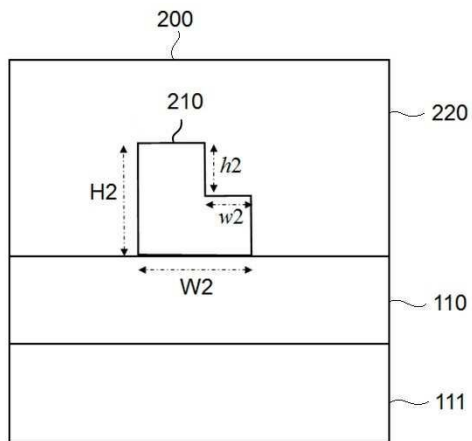
[0062] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

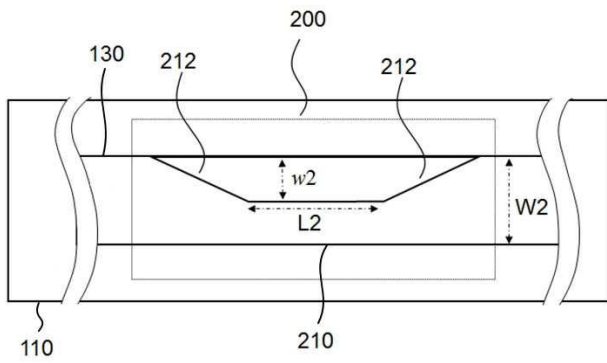
도면1



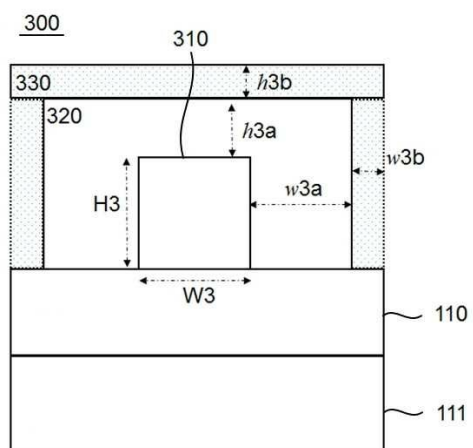
도면2a



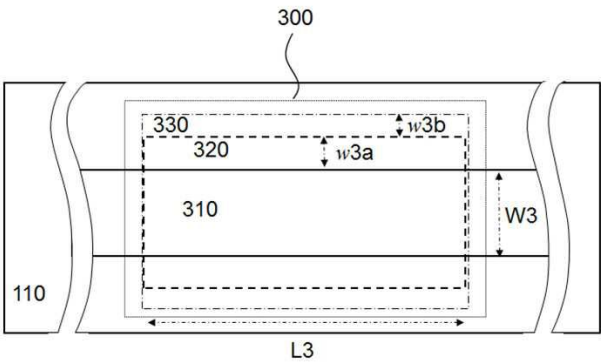
도면2b



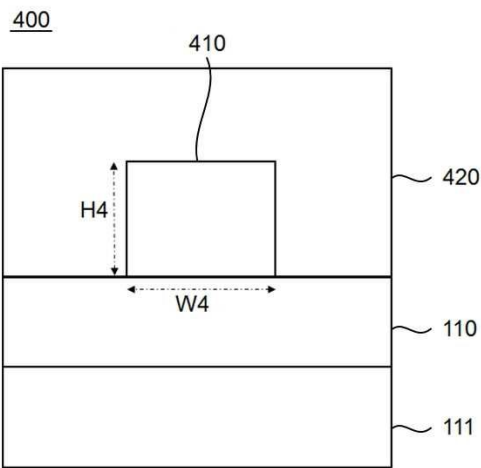
도면3a



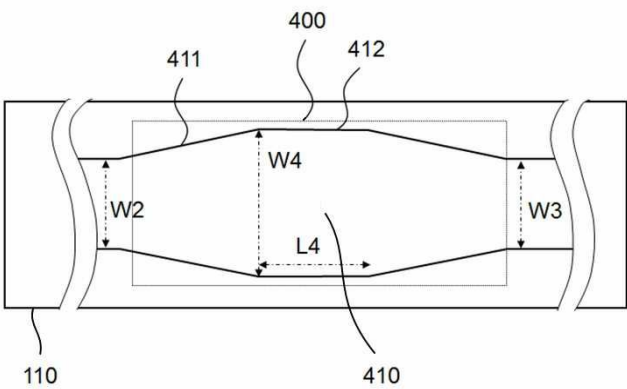
도면3b



도면4a

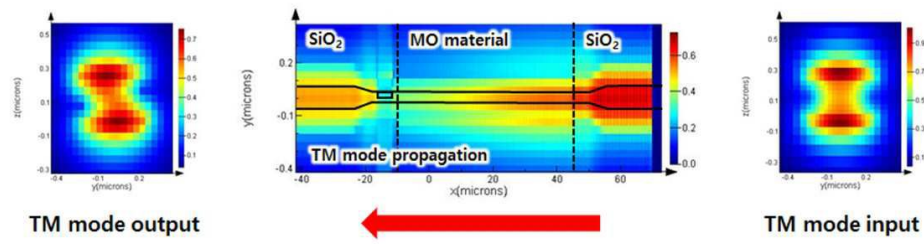


도면4b

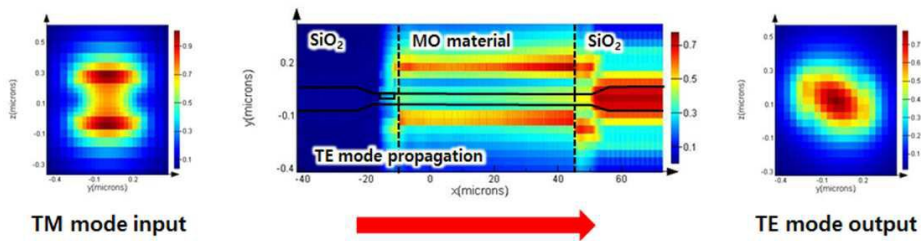


도면5

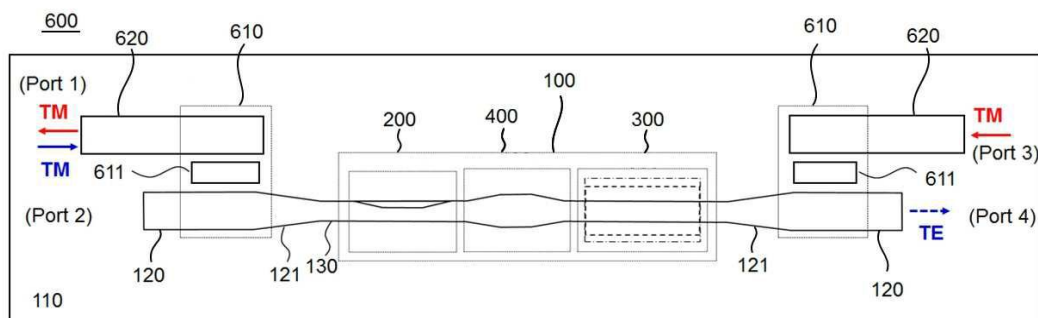
TM input, Forward



TM input, Backward



도면6



도면7

