



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0138147
(43) 공개일자 2010년12월31일

(51) Int. Cl.

H01S 3/10 (2006.01) H01S 5/026 (2006.01)

H01S 5/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0056541

(22) 출원일자 2009년06월24일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

김지덕

서울특별시 강남구 대치동 1023-13번지 라이프라인 1층 101호

박용화

경기도 용인시 수지구 풍덕천2동 삼성5차아파트 506-402

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리엔목특허법인

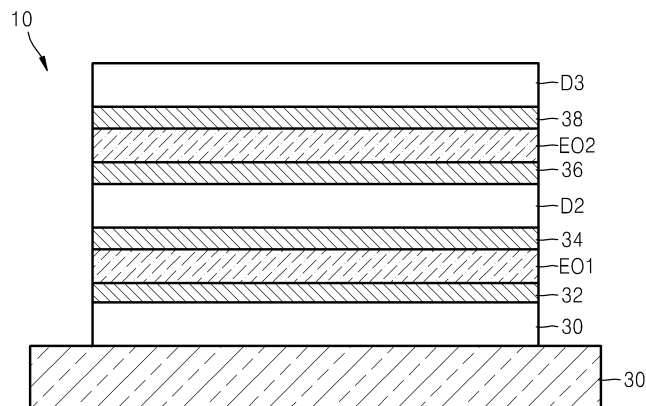
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 고속 광 변조기 및 이를 이용한 광 변조방법

(57) 요약

고속 광 변조기 및 이를 이용한 광 변조방법에 관해 개시되어 있다. 본 발명의 일 실시예에 의한 광 변조기는 투명기판 상에 순차적으로 적층된 제1 및 제2 공진 캐버티(cavity)를 포함하고, 상기 제1 및 제2 공진 캐버티는 각각 전기-광학층을 포함한다. 광 변조기는 전기-광학층을 포함하는 적어도 하나의 공진 캐버티를 더 구비할 수 있다. 광 변조방법에서 상기 제1 및 제2 공진 캐버티에 크기가 다른 제1 및 제2 전압을 동시에 인가하고, 인가 후에 제1 및 제2 전압을 바꿔 인가할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박용준

인천광역시 남구 학익동 풍림아이원 119-803

황보창권

인천광역시 남구 동춘동 현대2차아파트 211-604

이장훈

서울특별시 양천구 목1동 월드메르디앙 3차아파트
301-504

김진주

인천광역시 남구 용현동 203-1번지 9/2

특허청구의 범위

청구항 1

전기-광학층을 포함하는 광 변조기에 있어서,

투명기관 및

상기 투명기관 상에 순차적으로 적층된 제1 및 제2 공진 캐버티(cavity);를 포함하고,

상기 제1 및 제2 공진 캐버티는 각각 상기 전기-광학층을 포함하는 광 변조기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전기-광학층을 포함하는 적어도 하나의 공진 캐버티가 더 구비된 광 변조기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 공진 캐버티는 DBR층, 상기 전기-광학층 및 전극층을 포함하는 광 변조기.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 DBR층은 유한 반복 교번 적층된 고굴절률층과 저굴절률층과 함께 계면층을 더 포함하는 광 변조기.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 공진 캐버티는 공유 DBR층을 갖도록 적층된 광 변조기.

청구항 6

제1 전기-광학층을 포함하는 제1 공진 캐버티에 상기 제1 전기-광학층의 굴절률 변화를 위한 제1 전압을 인가하는 단계 및

제2 전기-광학층을 포함하는 제2 공진 캐버티에 상기 제2 전기-광학층의 굴절률 변화를 위한 제2 전압을 인가하는 단계를 포함하고,

상기 제1 및 제2 전압은 크기를 다르게 하여 인가하는 광 변조방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 전압은 온-투과상태의 광 변조기 투과함수가 형성되도록 인가하는 광 변조방법

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 전압은 오프-투과상태의 광 변조기 투과함수가 형성되도록 인가하는 광 변조방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 제1 전압은 상기 제1 전기-광학층의 굴절률이 최대가 되는 전압인 광 변조방법.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 제2 전압은 상기 제2 전기-광학층의 굴절률이 최소가 되는 전압인 광 변조방법.

청구항 11

제 6 항 및 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 전압은 상기 제1 전기-광학층의 굴절률이 최소가 되는 전압인 광 변조방법.

청구항 12

제 6 항 및 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 전압은 상기 제2 전기-광학층의 굴절률이 최대가 되는 전압인 광 변조방법.

청구항 13

제 6 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 전압은 동시에 인가하고, 인가 후에 상기 제1 및 제2 전압을 바꿔 인가하는 광 변조방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 고속 광 변조기 및 이를 이용한 광 변조방법에 관한것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 레이저 다이오드(Laser Diode)와 같이 광의 스펙트럼 밴드폭(spectral bandwidth)이 1nm이하로 작은 빔의 고속 변조를 위해서 단일 캐버티(single cavity)를 갖는 페브리-페롯 간섭계(Fabry-Perot interferometer)가 필터(filter)로 사용되기도 한다.

[0003] 그러나 단일 캐버티를 구성하는 물질의 굴절률 변화 정도는 작다. 그렇기 때문에 LED(light Emission Diode)와 같이 광의 스펙트럼 밴드폭이 넓은 광원에 대해서는 온(on)-투과상태의 광량과 오프(off)-투과상태의 광량의 차이를 크게 하기 어렵다.

[0004] 온-투과상태에서의 광량은 광 투과가 최대한 허용된 경우의 투과광량을 의미한다. 그리고 오프-투과상태에서의 광량은 광 투과가 최소한으로 허용된 경우의 투과 광량을 의미한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0005] 밴드폭이 넓은 광원에 대해서 온-투과상태에서의 광량을 증가시키고, 온-투과상태에서의 광량과 오프-투과상태에서의 광량의 비를 효과적으로 증가시킬 수 있으며, 층 수를 줄일 수 있는 광 변조기 및 광의 변조방법을 제공한다.

과제 해결수단

[0006] 본 발명의 일 실시 예에 의한 광 변조기는 투명기판 상에 순차적으로 적층된 제1 및 제2 공진 캐버티(cavity)를 포함하고, 상기 제1 및 제2 공진 캐버티는 각각 전기-광학층을 포함한다.

[0007] 상기 광 변조기는 상기 전기-광학층을 포함하는 적어도 하나의 공진 캐버티가 더 구비할 수 있다.

[0008] 상기 제1 및 제2 공진 캐버티는 DBR층, 전기-광학층 및 전극층을 포함할 수있다. 이때, 상기 DBR층은 유한 반복 교번 적층된 고 굴절률층과 저 굴절률층과 함께 계면층을 더 포함할 수 있다.

[0009] 상기 제1 및 제2 공진 캐버티는 공유 DBR층을 갖도록 적층될 수 있다.

- [0010] 본 발명의 일 실시예에 의한 광 변조방법은 제1 전기-광학층을 포함하는 제1 공진 캐버티에 상기 제1 전기-광학층의 굴절률 변화를 위한 제1 전압을 인가하고, 제2 전기-광학층을 포함하는 제2 공진 캐버티에 상기 제2 전기-광학층의 굴절률 변화를 위한 제2 전압을 인가하며, 상기 제1 및 제2 전압은 크기를 다르게 하여 인가할 수 있다.
- [0011] 상기 제1 및 제2 전압은 온-투과상태의 광 변조기 투과함수가 형성되도록 인가할 수 있다. 또는 상기 제1 및 제2 전압은 오프-투과상태의 광 변조기 투과함수가 형성되도록 인가할 수 있다.
- [0012] 상기 제1 전압은 상기 제1 전기-광학층의 굴절률이 최대 또는 최소가 되는 전압일 수 있다.
- [0013] 상기 제2 전압은 상기 제2 전기-광학층의 굴절률이 최대 또는 최소가 되는 전압일 수 있다.
- [0014] 상기 제1 및 제2 전압은 동시에 인가하고, 인가 후에 상기 제1 및 제2 전압을 바꿔 인가할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 실시 예에 의한 광 변조기의 경우, LED와 같이 밴드폭이 넓은 광원에 대해서 온-투과상태에서의 광량이 증가되고, 오프-투과상태에서의 광량은 줄어든다. 따라서 온-투과상태에서의 광량과 오프-투과상태에서의 광량의 차이를 크게 할 수 있다.
- [0016] 또한, 본 발명의 실시 예에 의한 광 변조기는 2개 이상의 캐버티를 포함하는 구성으로 인해 단일 캐버티를 포함하는 광 변조기에 비해 광 변조기의 구성 층 수를 줄일 수 있다. 그러므로 광 변조기의 제조공정을 단순화할 수 있고, 비용도 줄일 수 있다

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 본 발명의 일 실시 예에 의한 광 변조기와 이를 이용한 광 변조방법을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 이 과정에서 도면에 도시된 층이나 영역들의 두께는 명세서의 명확성을 위해 과장되게 도시된 것이다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 의한 광 변조기(10)를 보여준다. 광 변조기(10)는 페브리-페롯 타입(Fabry-Perot type)의 필터를 이용하는 것일 수 있다.
- [0019] 도 1을 참조하면, 투명기판(30) 상에 제1 DBR(Distributed Bragg Reflector) 층(D1), 제1 전극층(32), 제1 전기-광학(Electric-Optical)층(E01), 제2 전극층(34), 제2 DBR층(D2), 제3 전극층(36), 제2 전기-광학층(E02), 제4 전극층(38) 및 제3 DBR층(D3)이 순차적으로 적층되어 있다. 투명기판(30)은 입사광에 대해 투명한 것으로, 예를 들면 유리기판 또는 사파이어 기판일 수 있고, 이외의 다른 투명 기판일 수도 있다. 제1 내지 제3 DBR층(D1-D3)은 고 굴절률 물질과 저 굴절률 물질이 교대로 유한 반복 적층된 것으로, 적층수는 제조 단계에서 입사광에 따라 조절될 수 있다. 이러한 제1 내지 제3 DBR층(D1-D3)은 각 층에 투과 특성 향상을 위해 소정의 계면층(interfacial layer)을 더 포함할 수도 있다. 제1 내지 제4 전극층(32, 34, 36, 38)은 투명 전극층인데, 예를 들면, ITO(Indium Tin Oxide)층, ZnO층 또는 AZO층일 수 있다. 제1 및 제2 전기-광학층(E01, E02)은 인가전압에 따라 광학적 특성, 예컨대 굴절률 등이 변하는 물질층일 수 있다. 제1 및 제2 전기-광학층(E01, E02)은 예를 들면, KTN과 같은 전기-광학 결정층 또는 DAST와 같은 전기-광학 폴리머층일 수 있다. 제1 및 제2 전기-광학층(E01, E02)는 동일하거나 다를 수 있다. 제1 및 제2 DBR층(D1, D2)과 제1 및 제2 전극층(32, 34)과 제1 전기-광학층(E01)은 제1 캐버티(cavity)를 형성할 수 있다. 그리고 제2 및 제3 DBR층(D2, D3)과 제3 및 제4 전극층(36, 38)과 제2 전기-광학층(E02)은 제2 캐버티를 형성할 수 있다. 제2 DBR층(D2)은 상기 제1 및 제2 캐버티에 공유된다. 상기 제1 및 제2 캐버티의 위치는 선택적이므로 서로 바뀔 수 있다. 상기 제1 캐버티는 도 1의 광 변조기(10)에 입사되는 제1 파장을 갖는 광에 대해서 공진을 일으키는 공진 캐버티일 수 있다. 상기 제2 캐버티는 광 변조기(10)에 입사되는 제2 파장을 갖는 광에 대해서 공진을 일으키는 공진 캐버티일 수 있다. 상기 제1 및 제2 파장의 광은 동시에 입사될 수 있다. 상기 제1 및 제2 파장은 다를 수 있다. 상기 제1 파장을 갖는 광과 상기 제2 파장을 갖는 광은 하나의 광원에서 방출된 것일 수 있다. 상기 광원은 예를 들면, LED(Light Emission Diode)일 수 있다. 상기 광원이 LED일 때, 상기 광원의 스펙트럼 밴드폭(spectral bandwidth)은 레이저 다이오드(Laser Diode)에 비해 넓다. LED의 경우와 같이 광의 스펙트럼 밴드폭이 넓거나 비대칭일 경우, 상기 광원의 광 스펙트럼은 2개 이상의 대칭적인 가우시안 피크(Gaussian peak)로 구성된 것으로 해석될 수 있다. 이에 대해서는 도 2를 참조하여 설명한다.
- [0020] 도 2는 상기 광원이 LED일 때, 광 스펙트럼의 일 예를 보여준다. 통상의 방법으로 도 2의 광 스펙트럼을 분석하면, 도 2의 광 스펙트럼에 중심 파장이 850nm인 메인 피크(미도시)와 중심 파장이 825nm인 둘째 피크(secondary peak)(미도시)가 존재하는 것을 알 수 있다.

- [0021] 상기 메인 피크와 상기 둘째 피크 각각의 피크 값은 90대 35 정도의 비율로 되어 있고, 각각의 광량비는 67대 33정도이다. 또한, 각각의 반치폭은 29nm와 37nm 정도인데, 상기 광 스펙트럼의 전체 반치폭이 35nm인 것과 비교하면, 상기 메인 피크의 반치폭이 작은 것을 알 수 있다. 상기 제1 및 제2 파장 중 하나는 상기 메인 피크의 중심파장인 850nm일 수 있고, 나머지는 상기 둘째 피크의 중심 파장인 825nm일 수도 있다.
- [0022] 상기 광원의 광 스펙트럼이 2개 이상의 피크를 포함하는 경우, 각 피크는 주어진 거리 이상 이격될 수 있다. 예컨대, 둘째 피크의 중심파장은 메인 피크의 반치폭 이상으로 메인 피크의 중심파장으로 부터 이격될 수 있다.
- [0023] 상기 광원이 도 2에 도시한 바와 같은 광 스펙트럼을 갖는 경우, 도 1의 광 변조기(10)에 포함된 층들은 상기 메인 피크와 상기 둘째 피크에 대해서 공진 특성을 갖도록 적절히 설계될 수 있다. 곧, 제1 내지 제3 DBR층(D1-D3)의 두께와 재질과 각 DBR층의 교번 적층되는 층수, 제1 및 제2 전기-광학층(E01, E02)의 굴절률과 두께, 제1 내지 제4 전극층(32, 34, 36, 38)의 재질과 두께 등을 온-투과시에 투과 광량이 최대가 되도록 설계할 수 있다. 이러한 설계는 알려진 별도의 설계 틀을 이용할 수 있다. 이러한 설계시에 오프-투과시의 투과 광량을 최소화하기 위해 제1 및 제2 전기-광학층(E01, E02)의 굴절률이나 두께가 조절되는 점이 고려될 수 있다.
- [0024] 도 3은 도 1의 광 변조기(10)가 온-투과 상태일 때, 가질 수 있는 투과 함수 혹은 필터 함수의 예를 보여준다. 도 3의 투과 함수에서 제1 피크(P1)는 상기한 LED 광원의 메인 피크에, 제2 피크(P2)는 둘째 피크에 각각 대응될 수 있다. 도 4는 광 변조기(10)의 굴절률 프로파일(profile)의 일 예를 보여준다. 광 변조기(10)가 도 4의 굴절률 프로파일을 가질 때, 광 변조기(10)는 LED 광원에 대해서 도 3에 도시한 바와 같은 온-투과 상태의 투과 함수를 가질 수 있다. 도 4에서 A1, A5 및 A9는 각각 제3, 제2 및 제1 DBR층(D3, D2, D1)의 굴절률 프로파일을 나타내고, A2, A4, A6 및 A8는 각각 제4, 제3, 제2 및 제1 전극층(38, 36, 34, 32)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 그리고 A3 및 A7은 제2 및 제1 전기-광학층(E02, E01)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 또한, A10은 투명 기판(30)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 도 4에서 제1 전기-광학층(E01)의 굴절률 프로파일(A7)은 제1 전기-광학층(E01)의 굴절률이 최대가 되도록 제1 전기-광학층(E01)에 전압을 인가한 결과이다. 또한, 도 4에서 제2 전기-광학층(E02)의 굴절률 프로파일(A3)은 제2 전기-광학층(E02)의 굴절률이 최소가 되도록 제2 전기-광학층(E02)에 전압을 인가한 결과이다. 이때, 제1 및 제2 전기-광학층(E01, E02)에 인가되는 전압은 다를 수 있다.
- [0025] 광 변조기(10)가 도 4에 도시한 굴절률 프로파일을 가질 때, 광 변조기(10)는 도 3에 도시한 투과함수를 가질 수 있으므로, 도 2와 같은 넓은 스펙트럼 밴드폭을 갖는 LED 광원에 대해서 광 변조기(10)는 온-투과 특성이 우수한 광 변조기가 될 수 있다.
- [0026] 도 5는 도 1의 광 변조기(10)가 오프-투과 상태일 때, 광 변조기(10)가 갖는 투과함수 혹은 필터함수를 보여준다. 도 3의 온-투과 상태일 때의 투과함수와 비교하면, 온-투과 상태가 되면서 투과함수의 제1 및 제2 피크(P1, P2) 사이의 간격은 더 넓어졌고, 두 피크의 투과 중심파장 역시 시프트(shift) 되었으며, 제2 피크(P2) 영역의 투과율도 90%에서 30%로 크게 낮아졌다. 이러한 결과는 광 변조기(10)가 오프-투과 상태가 되면서 광 변조기(10) 통과하는 광량은 최소화될 수 있음을 의미한다.
- [0027] 광 변조기(10)의 굴절률 프로파일을 도 6에 도시한 바와 같은 상태로 조절하면, 광 변조기(10)는 도 5의 오프-투과 상태의 투과함수를 가질 수 있다. 도 6에 도시한 굴절률 프로파일은 도 4의 굴절률 프로파일에서 제1 및 제2 전기-광학층(E01, E02)의 굴절률 프로파일(A3, A7)을 반대의 상태로 조절한 것이다. 곧, 제2 전기-광학층(E02)의 굴절률은 최대로, 제1 전기-광학층(E01)의 굴절률은 최소로 조절한 것이다. 제1 및 제2 전기-광학층(E01, E02)의 굴절률은 각 전기-광학층의 상하에 구비된 전극층에 소정의 전압을 인가하여 변화시킬 수 있다. 이때, 각 전기-광학층에 인가되는 전압은 다를 수 있다.
- [0028] 한편, 도 1의 광 변조기(10)는 광원의 특성에 따라 2개 보다 많은 캐버티를 구비할 수 있다. 예컨대, 광원에 메인 피크 외에 2개 혹은 3개 이상의 피크가 존재하고, 각 피크는 구별될 수 있도록 충분히 이격된 경우, 광 변조기(10)는 공진을 위한 3개 이상의 캐버티를 구비할 수 있다. 이 경우에도 광 변조기의 굴절률 프로파일을 조정함으로써, 광 변조기는 온-투과 상태와 오프-투과 상태의 투과함수를 가질 수 있다.
- [0029] 다음, 광 변조기(10)를 이용한 광 변조방법에 대해 설명한다.
- [0030] 먼저, 제1 및 제2 전기-광학층(E01, E02)의 굴절률을 도 4의 굴절률 프로파일과 동일한 상태가 되도록 조절한다. 곧, 제1 전기-광학층(E01)에 제1 전기-광학층(E01)의 굴절률이 최대가 되는 제1 전압을 인가하여 제1 전기-광학층(E01)이 자신의 최대 굴절률을 갖도록 한다. 상기 제1 전압은 제1 전기-광학층(E01) 위아래에 각각 구비된 제1 및 제2 전극층(32, 34)을 통해서 인가될 수 있다. 상기 제1 전압을 인가함과 동시에 제2 전기-광학층(E02)에 제2 전기-광학층(E02)의 굴절률이 최소가 되는 제2 전압을 인가하여 제2 전기-광학층(E02)이 자신의

최소 굴절률을 갖도록 한다. 상기 제2 전압은 제2 전기-광학층(E02)의 위아래에 각각 구비된 제3 및 제4 전극층(36, 38)을 통해서 인가될 수 있다.

[0031] 이와 같이 제1 및 제2 전기-광학층(E01, E02)에 각각 상기 제1 및 제2 전압을 인가하면, 광 변조기(10)는 도 3에 도시한 바와 같은 온-투과상태의 투과함수를 갖게 되어 광 변조기(10)는 LED 광원에 대해 온-투과 상태에서 최대의 광 투과량을 가질 수 있다.

[0032] 한편, 이와 반대로 제1 전기-광학층(E01)에 상기 제2 전압을 인가하고, 제2 전기-광학층(E02)에 상기 제1 전압을 인가하면, 제1 전기-광학층(E01)은 자신의 최소 굴절률을 갖고, 제2 전기-광학층(E02)은 자신의 최대 굴절률을 갖게 되어, 광 변조기(10)는 도 5에 도시한 바와 같은 오프-투과상태의 투과함수를 갖게 된다. 이 결과, 광 변조기(10)는 LED 광원에 대해 오프-투과상태에서 최소의 광 투과량을 갖게 된다. 결과적으로 볼 때, 광 변조기(10)가 오프-투과상태의 투과함수를 갖게 되는 상기 전압인가 방식은 광 변조기(10)의 공진조건을 파괴하는 전압이 될 수 있다. 달리 표현하면, 상기 제1 캐버티 입장에서 볼 때, 제2 전기-광학층(E02)을 포함하는 상기 제2 캐버티는 상기 제1 캐버티의 한쪽 미러(mirror)역할을 하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 광 변조기(10)의 공진조건을 파괴하는 상기 전압인가 방식은 상기 제1 캐버티의 한쪽 미러를 파괴하는 전압으로 해석될 수도 있을 것이다.

[0033] 이러한 변조 과정을 통해서 온-투과 상태에서의 광 변조기(10)의 광 투과량은 증가하고, 오프-투과상태에서의 광 투과량은 감소하므로, 온-투과 상태에서의 투과 광량과 오프-투과 상태에서의 투과 광량의 비도 커질 수 있다. 이에 따라 광 변조기의 FOM(Figure Of Merit)으로 사용되는 $(T1-T2)/(T1+T2)$ 도 커진다. T1은 온-투과상태에서 광 변조기(10)의 광 투과율, T2는 오프-투과상태에서 광 변조기(10)의 광 투과율을 나타낸다.

[0034] 상기한 설명에서 많은 사항이 구체적으로 기재되어 있으나, 그들은 본 발명의 범위를 한정하는 것이라기보다, 바람직한 실시예의 예시로서 해석되어야 한다. 때문에 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 의하여 정하여 질 것이 아니고 특허 청구범위에 기재된 기술적 사상에 의해 정하여져야 한다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 의한 광변조기의 단면도이다.

[0036] 도 2는 LED 광원의 광 스펙트럼 밴드의 예를 나타낸 그래프이다.

[0037] 도 3은 도 1의 광 변조기의 온-투과상태의 투과함수의 예를 나타낸 그래프이다.

[0038] 도 4는 도 3의 투과함수를 갖는 광 변조기의 굴절률 프로파일을 나타낸 그래프이다.

[0039] 도 5는 도 1의 광 변조기의 오프-투과상태의 투과함수의 예를 나타낸 그래프이다.

[0040] 도 6은 도 5의 투과함수를 갖는 광 변조기의 굴절률 프로파일을 나타낸 그래프이다.

[0041] <도면의 주요 부분에 대한 부호설명>

[0042] 10: 광 변조기 30: 투명기관

[0043] 32, 34, 36, 38: 제1-제4 전극층

[0044] A1, A5, A9: 제1-제3 DBR층 굴절률 프로파일

[0045] A2, A4, A6, A8: 제1-제4 전극층의 굴절률 프로파일

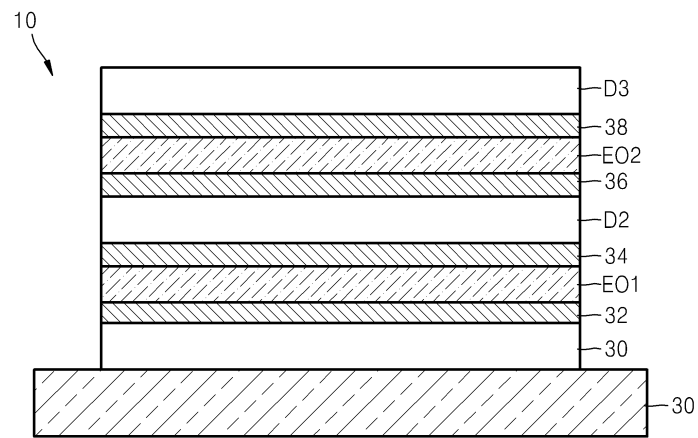
[0046] A3, A7: 제1 및 제2 전기-광학층의 굴절률 프로파일

[0047] A10: 투명기관의 굴절률 프로파일 D1-D3: 제1-제3 DBR층

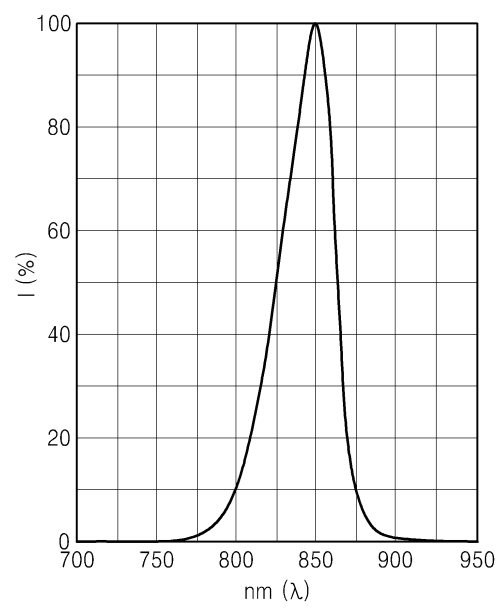
[0048] E01-E02: 제1 및 제2 전기-광학층 P1, P2: 제1 및 제2 피크

도면

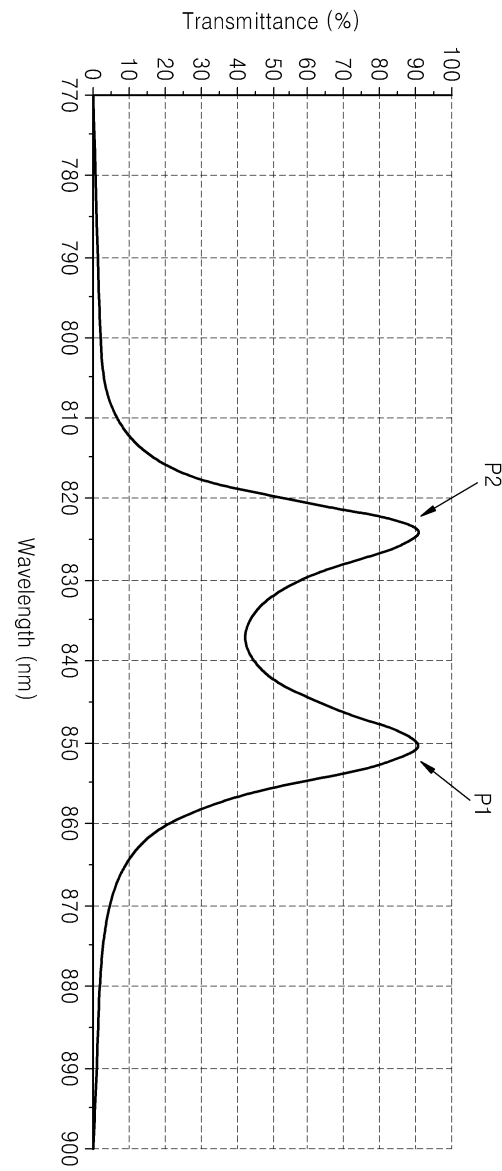
도면1



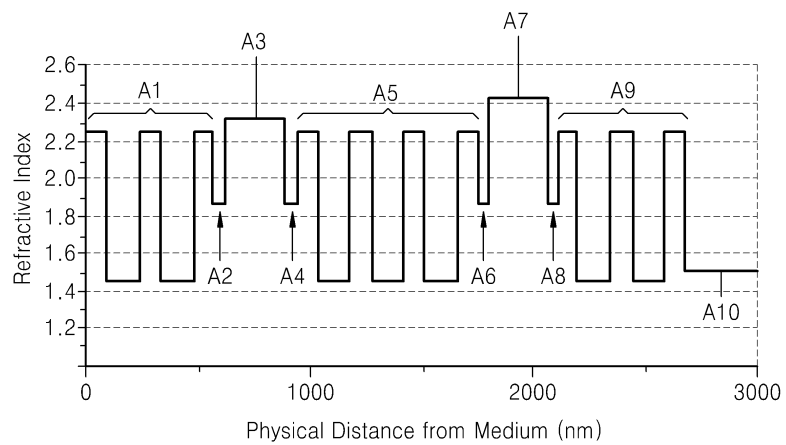
도면2



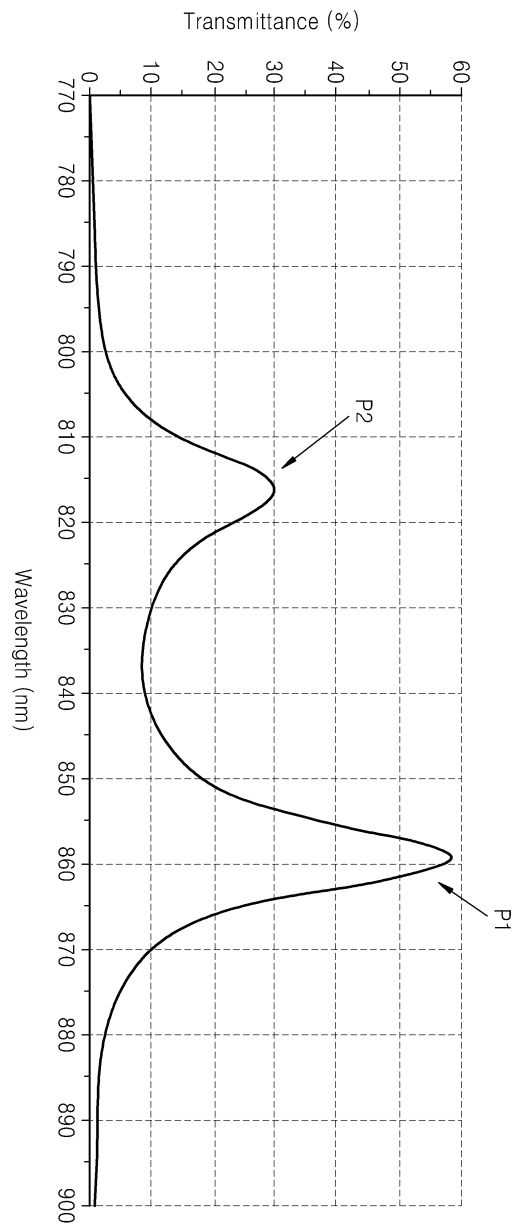
도면3



도면4



도면5



도면6

