(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[6]
G02F 1/21

(45) 공고일자 1999년12월15일
(11) 등록번호 10-0236314
(24) 등록일자 1999년09월30일

(21) 출원번호	10-1992-0702983	(65) 공개번호	특1993-0700874
(22) 출원일자	1992년11월25일	(43) 공개일자	1993년03월16일
(86) 국제출원번호	PCT/GB 91/000822	(87) 국제공개번호	WO 91/19219
(86) 국제출원일자	1991년05월24일	(87) 국제공개일자	1991년12월12일

(30) 우선권주장 9011813.4 1990년05월25일 영국(GB)
(73) 특허권자 브리티쉬 텔리커뮤니케이션즈 파블릭 리미티드 캄퍼니 내쉬 로저 윌리엄
영국 런던 뉴게이트 스트리트 81
(72) 발명자 마크 화이트헤드
미합중국 캘리포니아 산타 바바라 이스트 발레리오 스트리트 #6
(74) 대리인 김명신

심사관 : 조경화

(54) 파브리-페로변조기

요약

본 발명은 파브리-페로변조기, 특히 멀티플 양자웰 활성영역을 이용하는 파브리-페로변조기에 관한 것이다.

비대칭 파브리-페로(FP)변조기는 보통의 (약 100Å) 양자웰 보다 더 넓은 (약 150Å) 양자웰을 갖는 양자웰구조를 포함하고 있다.

FP공동은 QW구조의 엑시토닉 흡수 피크치의 파장에서 공진하다.

인가된 바이어스 이하에서 최대 흡수 변화가 100Å양자웰 보다 150Å양자웰에서 더 적다.

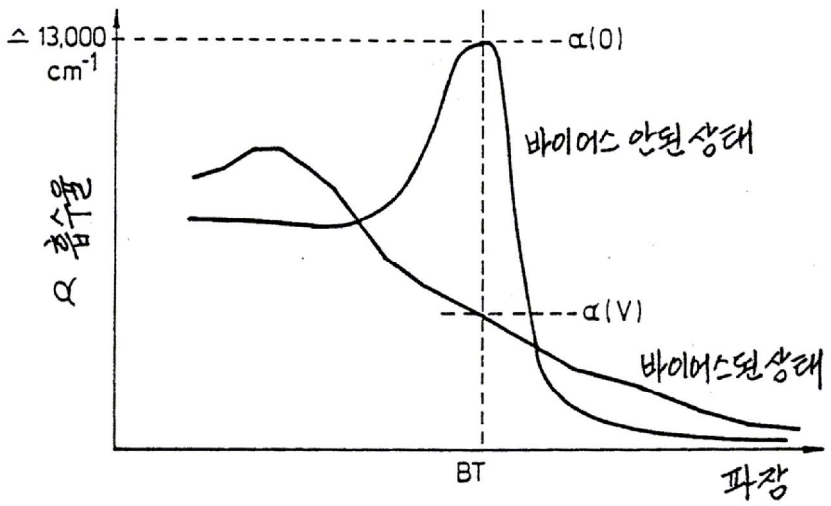
가장 큰 변화는 제로바이어스에서 밴드 에지 el-hhl엑시톤의 파장에서 일어났다.

흡수율은 QW을 바이어스함으로써 감소될 수 있으며 따라서 AFPM은 보통 오프(제로바이어스, 제로반사)특성을 가질 수 있다.

그러한 배열은 콘트라스트변조를 보다 높게 그리고 동작 전압을 보다 낮게 할 수가 있다.

FP변조기는 SEED에 사용가능하다.

대표도



명세서

[발명의 명칭]

파브리-페로변조기

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 파브리-페로변조기(Fabry-Perot modulator) 특히, 멀티플 양자웰 활성영역을 이용하는 파브리-페로변조기에 관한 것이다.

양자웰(QW)구조의 향상된 전기흡수 특성을 원리로서 이용하는 다수의 광전자 디바이스 가령, 쌍안정 및 비쌍안정인 고속휘도 변조기와 하이브리드 광논리소자는 전계가 갈륨비소-알루미늄갈륨비소(GaAs-AlGaAs) 양자웰 구조에 미치는 영향에 대해서 최초로 조사해온 이래 지금까지 많이 사용되어 왔다.

이들 디바이스는 에피텍셜성장된 QW층이나 멀티플 양자웰(MQW)을 PIN다이오드 즉, 전기 흡수 변조기 및 효과적인 광검출기의 기능을 동시에 갖는 PIN다이오드의 진성영역으로 이용한다.

2 : 1의 콘트라스트비(on : off)가 각각 두께가 100정도인 양자웰과 장벽층으로 보통 구성되는 단지 1㎛의 MQW흡수체를 갖는 전송디바이스에서 관찰되었다.

이 콘트라스트비는 주어진 디바이스 사이즈에 대해 매우 충분한 값이지만 콘트라스트비는 더 좋을수록 바람직하다.

'콘트라스트비'는 인가된 바이어스에 의해 디바이스의 스위칭이 on 인지 off 인지와는 무관하게, 높은 출력상태 : 낮은 출력상태의 비율을 나타낸다.

'변조깊이'는 반사 또는 전송기간 동안에 단지 0과 1사이의 값을 가질 수 있는 상태의 절대치 변화를 의미한다.

얼핏보면 보다 좋은 콘트라스트 특성 및 변조특성을 얻기 위해서는 MQW층의 두께를 단순히 증가시키면 되는 것처럼 보인다. 그러나, 상기 MQW층의 상대적으로 높은 백그라운드 도핑레벨 때문에 발생하는, PIN 디바이스의 진성영역에 걸리는 전계의 변화로 인해 상황은 복잡해진다.

상기 백그라운드 도핑레벨은 구입 가능한 가장 좋은 재료에 있어서 1×10^{15}/㎤인 하한치(이 값은 고유한 값이 아니며 재료와 성장조건에 따라 그 값을 달리 한다)를 가지고, 대개의 경우에는 이 값의 두세배는 된다.

상기와 같이 전계가 크게 변함으로써 심지어 제로 바이어스 상태에서도 MQW재료의 흡수 에지가 넓어지며, 게다가 변조하기 위해 외부 바이어스가 디바이스에 인가되었을 때에는 각각의 양자웰에서 엑시토닉 흡수(excitonic absorption)의 적색편이가 달라지게 된다.

가해진 상기 바이어스를 증가시킴에 따라, 인가된 전계에 대해 에지의 편이가 대략 포물선 특성을 갖고 의존하기 때문에 흡수 에지의 확장이 나빠진다.

그래서 전송 또는 반사된 광선빔의 강도를 보다 크게 변화시키는 대신에 흡수층의 두께를 증가시킴으로써 보다 넓은 스펙트럼 영역에 걸쳐 흡수변화가 분포되고, 동작파장에서의 변조특성이 상대적으로 영향을 받지 않게 할 수 있다.

가장 적절하게 계산한 결과, 나머지 도핑레벨이 2×10^{15}/㎤라면 폭이 100Å인 $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$장벽층으로 구분된 폭이 100Å인 45개 정도의 GaAs 양자웰을 사용하는 것이 총 두께를 약 1㎛의 한계치로 확정시키므로 가장 바람직하다.

MQW의 두께를 증가시킴으로써 야기되는 두 번째 단점은 소정의 흡수 변화를 일으키기 위해서는 전압의 증가가 요구된다는 점이다.

QW디바이스는 높은 대역폭으로 광접속을 형성하기 위해 실리콘 기초 LSI전자소자를 가지고 2차원 어레이로 집적되어야 한다는 것이 제안되어 왔으며, 이 경우 그러한 변조기나 논리게이트들의 구동전압은 수볼트로 제한될 것이다.

흡수체의 두께와 구동전압에 대한 제약을 갖는 디바이스에서의 변조특성을 개선시키는 한가지 방법은 MQW PIN 다이오드를 파브리-페로 에탈론(etalon)에 포함시켜 유효 광경로의 길이를 증가시키는 것이다.

여러 양자웰을 포함하는 비대칭 파브리-페로변조기(AFPM)는 낮은 삽입손실과 9-10[V]의 바이어스를 가지고 반사시 12~20dB의 콘트라스트비를 나타내는 것으로 알려졌다.(참고문헌 2, 3)

이 경우에 전방 공동 미러(front cavity mirrors) 및 후방 공동 미러는 각각 공기(air)/반도체 인터페이스(R=0.3)와 직접 반도체 멀티플 1/4파장 스택(R>0.95)에 의해 형성된다.

전방 미러 반사특성과 유효 후방 미러 반사특성을 매칭 시킬 목적으로 파브리-페로 공동의 공진파장에서의 MQW 전기흡수의 감쇠효과를 사용함으로써 (이때 알짜 공동반사는 0으로 떨어져야함) 변조특성을 개선시킬 수 있다.

이런 타입의 디바이스는 낮은 결합손실을 가지고 평면 어레이로 쉽게 만들어 질 수 있으며, 따라서 광접속용 인터페이스 소자로서 상당히 중요하다.

변조기 전압스윙을 고속전자회로에서 직접 얻을 수 있는 5[V]이하로하여 호환성을 갖게하는 것은 분명히 바람직하다.

보다 낮은 이들 구동전압을 얻을 수 있도록 하기 위하여 많은 옵션들을 이용 가능하다.

첫째, 양자웰의 수를 줄일 수 있다.

최근의 계산결과에 의하면 31×(100Å GaAs 양자웰+60Å $Al_{0.3}$ $Ga_{0.7}As$ 장벽층)을 포함하는 AFPM은 단지 3.3V의 바이어스만으로 10dB의 피크 콘트라스트를 이룰수 있어야 한다(참고문헌 4).

둘째, 보통의 0.30보다 더 높은 반사계수를 갖는 전방 미러를 집적시켜 공동의 세밀도가 증가되면, 제로 오프 상태에 요구되는 임계흡수량은 감소한다(참고문헌 5).

이 옵션은 단지 2[V]의 바이어스를 가지고 7dB이상의 콘트라스트를 달성한 얀 등에 의해 최근에 제안되었다(참고문헌 6).

한가지 단점은 세밀도가 증가하면 온도에 대한 감도 및 공동두께 변동이 증가함과 함께 광대역폭이 감소하고 주어진 백그라운드 흡수에 대한 삽입손실이 더 증가한다는 것이다.

한편, 동작 전압요구조건을 줄일 수 있거나 주어진 동작 전압에 대한 콘트라스트비를 증가시킬 수 있는 세 번째 방법이 존재한다.

첫 번째 측면에 따라서, 본 발명은 서로 다른 반사계수를 갖는 전방 반사면과 후방반사면에 의해 형성되는 공진공동과, 상기 공동내에 멀티플 양자웰 구조체를 포함하는 파브리-페로 변조기를 제공한다. 상기 멀티플 양자웰 구조체에는 상기 구조체의 웰 사이의 공진 결합을 막기에 충분한 폭을 가진 장벽층이 형성되어 있고, 상기 공동의 공진 파장에서의 양자웰 구조체의 흡수는 낮은 바이어스 레벨일 때, 높은 바이어스 레벨일 때 보다 더 크며, 따라서 그 파장에서 파브리-페로변조기의 반사계수는 바이어스 레벨의 증가와 함께 증가한다.

이러한 배열을 가지고, 낮은 바이어스에서 매우 낮은 (거의 0에 가까운) 공동 반사계수를 갖고, 비교적 크지 않은 바이어스 레벨에서 상당한 반사계수를 얻는 것이 가능하다.

그리고, '오프'상태는 너무 낮기 때문에, 매우 큰 콘트라스트비(100 : 1)를 얻을 수 있다.

또한 보통의 바이어스 레벨보다 낮은 바이어스 레벨을 가지고 보통의 콘트라스트비(즉 3 : 1 또는 5 : 1)를 얻을 수 있다.

MQW구조체에서 거의 모든 장벽층의 두께는 적어도 40Å인 것이 바람직하다.

바람직하게 MQW는 130～160Å의 폭을 갖는 다수의 양자웰을 포함하고 있다.

보다 바람직하게는 그 양자웰의 폭은 적어도 140Å이다.

가장 바람직하게는 그 양자웰의 폭은 적어도 145Å이다.

바람직하게, MQW는 폭이 40～100Å인 장벽층을 포함한다.

더욱 바람직하게는 그 장벽층의 폭은 70Å 이하이다.

가장 바람직하게는 그 장벽층의 두께는 45～65Å 이다.

바람직하게는 MQW구조체는 30개 이하의 양자웰을 포함한다.

더 바람직하게는 MQW는 10～30개 양자웰을 갖는다.

로(K. K. Law) 등에 의해 Appl. Phys. Letter 56(19), 1990. 5. 7, 1886-1888에 게재된 레터에는 수퍼격자(SL)에서 와니어-스타르크 국부화(Wannier-Stark localization)를 이용하는 보통 오프(normally-off)된 AFPM이 기술되어 있다.

(수퍼격자구조는 MQW구조와는 다른데, 이는 수퍼격자의 장벽층은 그곳이 충분히 얇아서 이웃 양자웰간의 공진 결합이 생길 수 있기 때문이다. MQW구조에서 장벽층은 양자웰이 양자역학적으로 격리된 상태로 있는 것을 보장하기에 충분한 두께를 가져야 한다. 로(Law)등은 30Å GaAs/30Å $Al_{0.7}$ $Ga_{0.3}$ As의 100개의 1/2쌍으로 구성된 수퍼격자를 사용했다).

전계와 SL의 성장 방향을 따라 인가될 때, SL의 양자웰 간의 공진 결합이 파괴되는데 이는 이웃하는 양자웰에서의 에너지레벨이 불일치되고 고유함수가 몇 개의 이웃 양자웰상에 국부화되기 때문이다.

이것은 와니어-스타르크 국부화(Wannier-Stark localization)라 불리는 것으로서, 소형밴드의 프로파일에서 예리한 QW 엑시토닉형으로 흡수에지의 변화를 초래한다.

파동함수의 국부화와 관련하여, SL밴드갭이 격리된 QW레벨의 밴드갭보다 더 작기 때문에 흡수에지의 유효청색편이(effective blue shift)가 존재하게 된다.

종래의 QW는 전계가 인가되면 적색편이를 나타냈다. 로 등의 보고에 의하면, 높은 전계가 인가되면 초기에 관찰된 청색편이는, QW포텐셜의 전계에 의해 유도된 변형에 기인한 양자 제한 스타르크 효과와 국부화에 의한 엑시톤 바인딩 에너지(excition binding energy)의 향상의 조합에 대응하는 적색편이와 외니어-스타르크 국부화에 기인하는 청색편이 간의 경쟁의 결과로 인해 (6[V] 이상의 인가 전압을 가질 때) 적색편이로 된다.

로 등이 보고에 의하면 8[V]의 전압 스윙에 대해 제로바이어스 FP공진파장에서의 반사율은 62.5 : 1의 콘트라스트비에 해당하는 약 0.4%에서 약 25%까지 증가되었다.

또한 로 등은 콘트라스트비가 파장의 함수로 급속히 변한다는 사실을 언급하였고, 그러나 8[V]의 바이어스를 인가하여 10이상의 콘트라스트비가 얀 등(photon. Tech. Lett. 2,118, 1990)이 보고한 보통온(normally-on)인 디바이스의 것보다 다소 적은 25Å의 광학적 대역폭에서 얻어질 수 있다.

로(Law)등이 기술한 타입의 디바이스 성능이 어떻게 개선될 수 있는지에 대하여는 분명치 않다.

본 발명은 로(Law)가 주장해 왔던 디바이스보다 훨씬 뛰어난 성능을 제공할 수 있는 디바이스 구조체를 제공한다.

특히, 본 발명에 따른 디바이스는 주어진 콘트라스트비에 대해 보다 낮은 바이어스와 삽입손실을 제공할 수 있다.

이제, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 단지 예로서 설명한다.

제1도는 바이어스된 상태와 바이어스 되지 않은 상태에서 넓은 QW구조체에 대한 파장대 흡수관계를 개략적으로 도시한 도면,

제2도는 종래 QW구조체의 대응동작특성을 개략적으로 도시한 도면,

제3도는 본 발명에 따른 디바이스의 수직부분을 개략적으로 도시한 도면,

제4도는 본 발명의 디바이스에 있어서 반사, 반사콘트라스트 및 반사변화를 나타낸 도면,

제5도는 본 발명에 따른 SEED를 개략적으로 나타낸 도면이다.

본건과 함께 출원된 PCT특허출원(GB 90/00282)에서는 QW구조체가 바이어스 되지 않은 상태에서 FP공동의 공진주파수에서 낮은 흡수율을 가지고 있는 비대칭 파브리-페로 QW변조기(AFPQWM)를 기술, 청구하고 있다.

이러한 디비아스에 바이어스를 인가함으로써 QW에서의 흡수가 증가하여 변조기의 반사율이 감소된다.

제2도에서 두 바이어스 레벨에 대하여 이러한 QW구조체(전형적으로 100Å의 폭을 가진 양자웰을 포함)의 파장에 대한 흡수 특성을 나타내었다.

GV 90/00282에 게재되어 있는 타입의 AFPQWM에서의 이러한 구조체의 최적화 동작파장이 점 BA(Bias Absorbing)에 도시되어 있다.

이러한 QW구조체는 파브리-페로공동, QW구조체의 특성과 선택된 공동의 공진파수와 조합되어, 파브리-페로공진은 바이어스 상태에서 상대적으로 높은 흡수상태가 얻어질 수 있는 파장에서 바이어스되지 않은 QW에서의 낮은 초기 흡수 상태와 동시에 발생한다.

제2도에서 설명되는 동작 특성을 갖는 디바이스와 같은 재료로 제조된다면 더 큰 양자웰 폭을 갖는 QW구조체에 대응하는 도면이 제1도에 도시되어 있다.

대개 두 디바이스의 양자웰이 GaAs로 이루어지고 장벽층이 $Al_{0.3}$ $Ga_{0.7}$ As로 이루어져 있다면 제1도의 동작특성에 대한 양자웰의 폭은 145~150Å일 것이며, 반면에 제2도의 동작특성에 대한 양자웰의 폭은 100Å일 것이다.

제1도에서 바이어스 되어 있지 않은 상태에서 피크 흡수에 따른 파장은 최적 바이어스 전송점을 표시하기 위하여 BT로 나타내었다.

제1도와 제2도에 나타낸 흡수 프로파일 사이에는 상당한 차이가 있다.

본 발명에 따른 디바이스에서는, 제1도에 도시된 것과 같은 흡수 프로파일을 갖는 QW구조체에 있어서 즉 이하 '넓은 양자웰'이라 칭할 QW구조체에 있어서, 바이어스된 상황과 바이어스되지 않은 상황간의 대부분의 흡수변화는 도시된 흡수피크에서 발생되고 그 프로파일의 날개(wing)에서 오히려 적은 변화가 일어난다는 사실을 이용한다.

이런 타입의 구조체에 있어서, 가장 큰 흡수변화는 바이어스되지 않은 상태에서 가장 크게 흡수가 발생하는 파장에서 발생한다.

게다가, 넓은 양자웰구조체는 좁은 양자웰샘플보다 전계에 더 민감하다.(ref. Whitehead et al, appl, phys. lett (1988), 53, 956-8)

그리고 높은 초기흡수율(즉, 바이어스되지 않은 상태에서)을 갖는 QW구조체를 선택하고, 그리고나서 디바이스에 가해진 바이어스를 조절하여 그 흡수율을 감소시킴으로써 파브리-페로변조기의 반사율을 증가시킨다.

실제로, 바이어스 상태에서는 약간의 흡수성이 남아 있게 되어, 잔류흡수한 계는 이러한 타입의 파브리-페로변조기로부터 얻을 수 있는 반사율에 제약을 가하게 된다.

계산에 의하면 실온에서 최고 25% 내지 30%의 반사율을 얻는 것이 가능하며 반면에 여전히 거의 0인 반사율을 바이어스되지 않은 상태에서 얻을 수 있다.

제2도에서 나타낸 흡수 스펙트럼을 갖는 타입의 QW구조체, 즉 대개 양자웰의 폭이 80~110Å인 GaAs/GaAlAs 구조체의 경우에는 바이어스 상태 또는 비바이어스 상태 모두에서 윤곽이 명확한 흡수피크를 갖는다. 상기 피크는 편이 형태로 잘 분해된 채로 유지되고, 흡수에지 근처에서 동작함으로써 강한 변조 효과를 얻는 것이 가능하다(GB90/00282의 normall-on 디바이스에 대해 기술된 것처럼). 그러나 보통 오프(normally-off)되어 있는 디바이스, 즉 바이어스되지 않은 상태에서 낮은 반사율과 높은 흡수율을 갖는 디바이스의 경우에는, 온 상태(on-state)에서 흡수레벨이 너무 높다.

제1도와 제2도에 도시되어 있는 상대적인 스케일에 주의하자.

제1도의 흡수피크치는 약 1300cm^{-1}인 반면에 제2도에서는 대략 2배가 된다.

제1도에 도시된 바이어스되지 않은 흡수 스펙트럼의 피크치는 el-hhl 엑시톤피크치에 상당한다.

낮은 전계조건에서 비대칭 FB공동의 공진과 이 엑시톤 피크치를 일치하도록 배열하여 낮은 공동반사율 즉, '오프'상태를 제공한다.

엑시톤은 전계가 인가되자마자 편이되고, 발진기의 세기를 신속히 상실하며, 공동반사율은 흡수율이 떨어짐에 따라 증가한다.

150Å GaAs양자웰과 60Å의 AlGaAs장벽층을 가지고 유효 제로 반사율에 대한 임계 흡수는 약 30개 정도의 양자웰에 의해 달성되며, 이 경우에 이 경우에 이론적인 콘트라스트비는 30dB이상이며 약 6dB 삽입손실을 가진다.

이러한 특성들은 단지 5[V] 이상의 전압 스윙에 대해 얻어진 것이다.

제3도에 순수한 반도체 표면 또는 그 위에 코딩된 반사층으로 형성된 반사율 R_f을 갖는 전방반사면(6)과 반사율 R_b을 갖는 후방반사면(8)에 의해 형성된 공진공동(4)을 포함하는 파브리-페로변조기(2)가 도시되어 있다.

상기 공동은 AlGaAs로 이루어진 전방영역(10)(이 실시예에서 n^+)과, 60Å폭의 $Al_{0.3}$ $Ga_{0.7}$ As장벽층에 의해 구분된 150Å폭의 GaAs양자웰 영역을 포함하고 있는 진성 양자웰 영역(12)으로 이루어져 있다.

이 실시예에서 영역(10)(12)의 총두께는 낮은 전계에서 150Å폭의 양자웰에 대한 el-hhl 엑시톤의 파장인 862nm에서 공진이 발생되도록 되어 있다.

AlGaAs영역(10)상에 선택적으로 놓여질 50Å의 GaAs 캡핑층은 접촉용으로써 이 GaAs층을 통과하는 광에 대한 흡수효과를 무시하기에 충분할 정도로 얇다.

다수층의 스택반사기(14)는 공동의 후방반사기로서 A0.1 Ga0.3 As 및 AlAs의 교대층을 포함하고 있는 15주기 스택이다.

스택(14)의 3개층은 두께가 609Å이며, 2개층은 두께가 723Å이다.

스택(15)의 최상층은 MQW영역(12)와 접촉된 층으로서 높은 계수를 갖는 재료로 이루어진다.

바람직하게는 반사기 스택(15)의 이러한 최상층은 MQW구조체안으로의 상방향 도핑확산 가능성에 대해 보호하기 위하여 도핑되지 않은 채로 남겨둔다.

다수층의 반사기 스택 및 이와 유사한 것은 0.95이상의 반사율을 가지는 것이 참고문헌 2에 도시되어 있다.

스택의 구성층들 사이의 굴절계수 차 및 층의 개수에 의존하는 반사율을 가지는 상이한 반사기 스택들이 사용될 수 있으며, 일반적으로 보다 적은 주기는 반사율을 낮추는 반면 많은 주기는 반사율을 증가시키는 경향이 있다.

MQW디바이스의 흡수계수는 기존의 방법으로 바이어스 전압을 인가함으로써 변경될 수 있다.

제1도의 공진 MQW 에탈론 변조기는 MQW층에서 전계에 의한 흡수와 굴절계수 변화에 역점을 둔 (비록 표준 100Å AFPM 디바이스에 대해서 조차 대개 무시할 수 있는 상기 계수 변화가 넓은 양자웰 디바이스에 대해서는 훨씬 더 작을지라도) 방법으로 모델링되었으며, 그리고, 그 방법에서 그들은 공동을 형성하는 다수층의 섬세도를 상세히 고려하기 보다는 기본적인 공진공동의 특성과 조합한다.

예를들면 유전체 스택미러의 스펙트럼 반사특성을 시뮬레이트 하기 위해 필요한 멀티플 매트릭스 타입의 계산을 피해왔다.

행해진 중요근사화는 다음과 같다.

(a) 제로바이어스 공동 굴절계수의 스펙트럼 분산 및 공간적변화는 무시된다. '공간적변화'라 함은 공동을 형성하는 GaAs 및 AlGaAs로 이루어진 서로 다른 층의 계수를 말한다.

대표적인 MQW PIN구조체의 유효 AlGaAs 함유량 및 이 재료에 대해 공지된 실험적 계수데이터에 기초하여 850nm의 공동에 대해 3.37의 가중치 평균계수 n_m가 계산으로 얻어졌으며 이 값은 공동전체에 대해 일정하게 유지되었다.

이는 디바이스 동작시 작은 파장밴드에서 굴절계수의 스펙트럼 변화가 너무 적어 변조특성에 상당한 효과를 미치지 못한다는 사실로 정당화된다.

게다가, 상기 계산된 평균 계수가 동작 파장에서 GaAs의 계수와 AlGaAs의 계수 사이에 있는 한 주어진 세밀도의 공동으로 얻을 수 있는 변조도의 크기에 아무런 영향도 끼치지 않는다.

인가된 전계에 의해 유도된 계수가 변하면 훨씬 큰 영향을 미친다.

(b) 공동미러는 '단단한' 반사기라 가정되었다.

즉, 실제 디바이스에서 사용되는 미러의 두께(0이 아님)을 무시하였다.

그리고 모든 반사가 공동재료와 미러사이의 인터페이스에서 발생한다고 가정하였다.

이들은 아마도 서로 다른 굴절계수(높은 섬세도가 요구될때)를 갖는 다수의 1/4파장 유전체로 구성되고, 플라즈마침적되며 (유전체의 경우에)그리고 증착되거나 에픽텔셜적으로 집적되어 PIN 구조체의 p 또는 n 영역으로 될 수 있다.

전방 및 후방면 반사율을 얻는 방법에서 특수한 상세한 설명은 최적 디바이스 변조특성을 계산하는데 있

어서 중요한 것이 못된다.

(c) 선형 전기 광학(LEO) 효과는 논의하지 않았다. 이는 본 명세서에서 고려하는 영역의 바깥의 보다 긴 파장에서만 상기 전기 굴절 효과와 비교의 대상이 된다. 변조특성에 LEO가 기여하는 정도가 편광에 의존한다는 사실이 고세밀도 디바이스를 이용함으로써 밝혀졌다.

제3도의 구성에서 공동의 길이는 L로서 약 1.7㎛의 값으로 설정되었으며 이 길이는 관련 파장영역에서 F-P공진을 일으키고, 또한 일반적인 에피텍셜 구조체의 두께와 보조를 맞추고 있다.

공동의 길이에는 모든 MQW층의 두께와 n^{+} Al_3 Ga_7As 층의 두께가 포함되어 있다.

공동의 길이를 1/4파장의 홀수 정수 값으로 하는 것이 필수적인데 이는 그 값이 원하는 파장에서 F×P공진을 가능하게 하기 때문이다.

제3도의 구조체를 전체적으로 다수층 매트릭스 계산방법을 사용하여 모델링함으로써 고세밀도 디바이스(간단한 AlGaAs층 대신에 상부에 또다른 다수층의 스택을 가짐)의 경우에 공동의 두께(길이) L은 MQW두께에 의해서만 설정되는데 즉, MQW/MLS경계는 미러의 반사점을 설정하게 된다.

이 경우에 공동두께 L은 실제적으로 1/2파장(동작파장)의 정수이다.

그러나 비대칭 구조체를 모델링할 때에 그 공동은 (MQW) + (AlGaAs 상부층)의 총 두께에 의해 형성되는데, 이 경우에 있어서는 원하는 파장에서 F. P. 공진을 얻기 위하여 L은 1/4파장의 홀수정수이어야 한다.

공동을 mλ-1/2로 할 것인가(m : 짝수), 또는 mλ/4로 할 것인가(m : 홀수)는 MLS의 윗층들이 각각 낮은 계수인가 또는 높은 계수인가에 달려 있다.

두 경우에 있어서 미러는 크게 반사할 것이다.

비대칭성 때문에 공동은 크게 섬세한 경우와는 약간 다르나, 상기한 관찰은 다수층 시뮬레이션 프로그램에 접근가능한 것으로 확인되었다.

제3도의 것과 같은 공동에 대하여 평균 굴절계수(n_m)와 선형흡수(α)(MQW 영역에서만)을 가지고 수직의 입사에서 평면파 근사화를 통해 전송(T)와 반사(R)는 다음의 방정식에 의하여 주어진다 :

$$T = \frac{A}{(1 + F \sin^2 \phi)} \qquad R = \frac{(B + F \sin^2 \phi)}{(1 + F \sin^2 \phi)}$$

$$F = \frac{4R_a}{(1 - R_a)^2} \qquad A = \frac{e^{-ad}(1-R_f)(1-R_a)}{(1 - R_a)^2}$$

$$B = R_f (1-R_a/R_f)^2 / (1-R_a)^2$$

$$R_a = (R_f R_b) e^{-ad}, \quad \phi = 2\pi n_m L/\lambda$$

공동의 섬세도 = $(\pi/2) F^{1/2}$

여기서 Rf는 전방면의 반사율, R_b는 후방면의 반사율, d는 MQW층의 두께, α는 파장 λ에서의 흡수율, L은 공동길이, n_m은 평균 균절계수이다.

모델링하는데 사용된 데이터는 실온 전송 스펙트럼으로부터 유도되었으며, 이들 스펙트럼은 참고문헌 7에 800~920nm의 범위를 갖는 것으로 나타난다.

이 데이터를 크레머스-크뢰니그 (Kramers-Kroenig)적분하여 전기 굴절에 대한 대응스펙트럼을 얻었다.

파장범위 810~900nm 밖에서의 흡수 변화가 매우 작기 때문에 이들을 크레머스-크뢰니크 적분시에 한계값으로 이용한다.

실제로 이들 스펙트럼은 전계에 의해 유도된 '금지된' 전이로부터의 가능한 기여도를 고려하였고, 이 금지된 전이는 n=2의 서브 밴드 에지 이하의 에너지에서 MQW 흡수에지상에 발생하며, 큰 전계가 인가되면 흡수 스펙트럼에서 지배적으로 나타나기 시작한다.

반사공진이 바이어스되지 않은 MQW흡수 스펙트럼의 el-hhl 엑시톤 피크치와 같은 피크치나 그 주변에서 일어나도록 공동의 길이를 선택한다면 (여기서 α는 초기에 높은 값을 가진다), 공진반사는 낮은 상태를 유지하게 될 것이다.

정확하게 제로반사율을 얻기 위한 조건은 αd=05 $\ln(R_b/R_f)$ …(1)이며, 여기서, 우리가 선택한 반사율의

경우에 αd=0.58임을 의미한다.

그리고나서 MQW의 전기흡수 특성은 R을 가능한한 크게 하기 위하여 공동을 조정하는데 사용된다.

평가한 결과 엑시톤 피크치에서의 흡수계수는 넓은 양자웰 샘플에 약 86KV/㎝의 전계를 (항상 1.3V의 내부전계가 있기 때문에, 이 값에 의해 전계는 전체적으로 100KV/㎝가 된다)인가 함으로써 13000cm^{-1} 정도에서 최소한 4000cm^{-1}정도로 감소될 수 있다.

최적의 동작파장은 주어진 삽입 손실상의 상한치에 최대 콘트라스트를 제공하기 위한 계산에서 자동으로 선택되어 진다.

최적의 파장이 발견되면, 공동길이는 그 파장에서 공동공진을 일으키도록 설정된다.

제6도에 (공진시의) 계산된 최대 콘트라스트와 삽입손실이 AFPM에서 150Å의 양자웰의 개수의 함수로 도시되어 있다.

제로 반사율에 대한 임계 흡수율은 약 30개의 양자웰을 가지고 얻어지며, 이 경우에 이론적인 콘트라스트는 6dB정도의 삽입 손실만을 가지고 30dB이상이 된다.

이러한 수치는 평균 86KV/㎝정도의 전계가 이 실시예에서 $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$의 60Å장벽층을 갖는 MQW영역을 가로질러서만 가해져 있다고 가정함으로써 5[V]이상의 전압 스윙에 대해 계산된 것이다.

만일에 훨씬 더 낮은 전압에서의 동작에 관심을 가지고 있다면 양자웰의 수를 적게 할 수 있으며, 이 때에도 여전히 바람직한 콘트라스트를 얻을 수 있다.

예를들면, 상기 양자웰을 15개만을 포함하고 있는 구조체를 사용하면 7dB정도의 피크콘트라스트를 단지 약 3dB의 삽입손실, 단지 2.6[V]의 전압 스윙을 가지고도 얻을 수 있다.

또한 상기 개수보다 훨씬 더 적은수의 양자웰들을 사용할 수도 있으며, 그리고 위에서 설정된 중간정도의 특성을 얻는데 중간 정도의 개수의 양자웰이 사용될 수 있다.

상기한 바와 같이 15개의 양자웰을 포함하는 구조체는 종래 MOVPE성장 기술을 사용하여 성장되었다.

디바이스를 제조하기에 앞서서 가장 적합한 반사특성(올바른 공동두께)을 갖는 영역을 결정할 목적으로 광학다중채널분석기(optical multi-channel analyser)를 사용하여 수직의 입사각으로 웨이퍼가 주사되었다.

윈도우 상부 접촉을 가진 단순 메사(mesa) 다이오드(500㎛×500㎛)가 표준석판 인쇄술과 금속피복과 웨트 화학에칭(wet chemical etching)을 사용하여 선택된 영역으로부터 제조되었다.

디바이스는 바이어스된 반사측정을 위한 TO5헤더상에 탑재되고, 와이어 본딩된다.

모든 반사 스펙트럼이 수직의 입사각과 실온에서 측정되었는데 이때 컴퓨터 제어주사모노크로메이터시스템(computer controlled scanning monochromator system)을 사용하여 반사된 신호에 대해 록인 검출(lock-in detection)로서 실시되었다.

그리고 나서, 이들 스펙트럼은 새롭게 침적된 Au필름의 것으로 정규화 되었다.

제4도에 여러 가지 인가된 전압을 가지고 150Å양자웰 AFPM의 동작특성이 도시되어 있다.

그 동작을 기대하였던 바와 같이 전계의 증가와 함께 공진 반사율이 증가하고, 꽤 넓은 대역폭을 갖게 된다.

가장 낮은 오프상태를 얻을 목적으로 디바이스는 그러한 얇은 MQW영역에 대해 50KV/㎝가 되는 내부전계를 상쇄시키기 위해 포워드(순방향) 바이어스 되어야 하고, 엑시톤 피크치에서 흡수를 회복하여야 한다.

또, 최대콘트라스트에 대해 이론과 실험간에 뛰어난 일치를 보이는데 3.5[V]의 전압 스윙에 대해 6.7dB(4.7 : 1)의 콘트라스트비를 가진다.

이 전압은 기대했던 것보다 약간 높긴하나, 이것은 거의 전체적으로 i-영역에서 도핑되지 않은 $Al_{0.1}Ga_{0.9}As$층에 기인한다.

피크 삽입 손실은 3.2dB일뿐이다.

3dB콘트라스트에 대해 광대역폭은 6nm이며, 이것은 또한 그 %R이 적어도 0.3이상인 대역폭이다.

상기 디바이스는 비록 삽입 손실(6dB)이 다소 높다할지라도 단지 1[V](+1[V] 내지 0[V])의 스윙을 가지고 3dB이상의 콘트라스트가 가능함에 주의하자.

보통 오프된 AFPM동작의 흥미로운 특징은 자기(自己)-전기광학 효과디바이스(SEED)(참고문헌 9)에 요구되는 특징과의 호환성이다.

흡수 및 광전류는 공진시 인가 전계가 점진적으로 증가함에 따라 떨어지며, 활성(MQW)영역은 광검출효율이 포워드바이어스에서 조차 매우 높은 상태로 있기에 충분하도록 얇다.

넓은 양자웰을 포함하고 보통 오프모드에서 동작하는 AFPM구조체는 매우 낮은 전압변조에도 사용될 수 있다.

이들 디비이스와 같은 디바이스는 전자회로의 고속광접속과 높은 콘트라스트 SEED소자 및 어레이에 있어서 중요하다.

장벽층 두께에 대해 2가지의 서로 대립되는 사항이 있다.

첫째, 장벽층을 양자웰이 양자역학적으로 격리된 상태로 남아 있도록 충분한 두께로 할 필요가 있다.

만일에 그 장벽층이 이것보다 얇다면 그 구조체는 양자웰로서의 본성을 잃게 될 것이며, 대신에 그러한 훌륭한 전기-흡수특성을 갖지 않는 수퍼격자로서 작용할 뿐이다.

한편 디아비스에 인가할 필수 바이어스 전압을 최소화하기 위하여 장벽층의 두께도 최소화하는 것이 요구된다.

장벽층 자체는 디바이스의 광학흡수에 유용하게 기여하는 바가 없다.

그러므로, 바람직하게 최대 장벽층의 두께는 100Å 이하이다.

낮은 동작전압을 사용하는 것이 바람직하기 때문에 장벽층의 두께는 바람직하게 100Å이하, 예를들면 90Å이하, 더욱 바람직하게는 80Å이하, 하지만 더욱더 바람직하게는 70Å이하이다.

다른 보고서에 의하면, 자역층의 두께를 40Å정도로 얇게하여 사용하는데 성공하였다고 보고하고 있고, 그러한 장벽층이 본 발명에 따른 구조체와 발명에 사용되지 못할 이유가 없다.

따라서 40Å～100Å의 두께를 갖는 장벽층이 관심범위이며, 바람직하게 40Å～80Å, 더욱 바람직하게는 40Å～70Å, 가장 바람직하게는 45Å～65Å,이다.

전형적으로 본 발명에서는 장벽층의 두께를 50Å～60Å,으로 한다.

상술한 범위내의 폭을 갖는 장벽층과 조합하여, 150Å정도의 폭을 갖는 양자웰을 사용하였다.

양자웰 폭의 선택ㄷ은 바이어스전압에서 특정한 스윙에 대한 동작파장에서 얻을 수 있는 흡수의 변화율을 결정한다.

본 발명의 디바이스의 여우 바이어스된 상태에서의 흡수레벨이 그 바이어스 상태에서 만족스러운 반사율을 제공하기에 충분할 정도로 낮고, 반면에 매우 낮은 반사율을 제공하기 위해 바이어스되지 않은 상태에서 충분한 고흡수율을 갖는 구조체가 요구된다.

따라서, 큰 또는 비교적 큰 %α를 얻는 것만으로는 충분치 않다.

양자웰 구조체의 흡수특성을 심도있게 연구한 끝에 145Å～150Å 범위의 양자웰 폭의 사용을 선호하게 되었는데 이는 그 양자웰이 특히 적합한 흡수특성을 가지고 있기 때문이다.

이 범위 밖의 양자웰 폭, 가령 폭이 140Å～155Å인 것이 사용될 수도 있지만, 보통의 경우에 특성간의 훌륭한 조합을 제공하지 못한다.

상기 범위(140Å～155Å)밖의 양자웰 폭은 추천되지 않는데 이는 그 폭이 여전히 바람직하지 않은 특성을 갖기 때문이다.

150Å이상의 양자웰폭, 가령 160Å의 폭은 열악한 전기흡수 특성과 함께 벌크 GaAs특성을 일으킨다.

역으로 130Å이하의 폭을 갖는 양자웰을 사용하면 보다 높은 절대 흡수특성을 얻을 수 있으나 바이어스된 상태에서 바람직하지 않은 높은 흡수율을 야기하는 단점이 있다.

상기 서로 대립되는 2가지 사항은 함께 고려되어야 하며, 특히 양자웰과 장벽층의 폭의 범위와 바람직한 범위는 상술한 두가지 사례를 함께 고려해야 하며 가장 바람직한 구조체는 50Å～60Å의 장벽층 폭과 145Å～150Å의 양자웰폭을 갖는 것일 것이다.

바람직한 구조체로는 상술한 바람직한 영역으로부터 선택된 장벽층과 양자웰폭의 어떤 조합이라도 좋다.

상기 사례들에서 설정된 장벽층과 양자웰의 두께와 그들의 조합은 GaAs양자웰과 AlxGaxAs장벽층을 포함하는 QW구조체에 적합하며, 일반적으로 그 장벽층은 X=0.3정도의 알루미늄의 몰분율을 갖는다.

그러나, 본 발명은 다른 재료계통에 응용가능한데 이때에는 그러한 재료 계통으로 제조된 QW구조체가 적합한 흡수 스펙트럼을 가져야 한다는 조건이 붙는다.

'적합한' 흡수 스펙트럼을 대개가 바이어스 되지 않은 상태 또는 낮은 바이어스가 걸린 상태에서 엑시톤 피크치를 통상 포함할 것이며, 이 피크치는 FP공동의 공진과 일치하며 원하는 흡수 변화에 맞게 바이어스가 제거될 수 있다.

또한 본 발명에 따른 구조체는 자기 저기광 디바이스(SEED)에 응용가능하다.

종래 SEED구조체는 광학적으로 비공진 구조체를 사용한다(예를 들어 1987년 북 홀랜드에서 출판된 Chemla와 Miller의 'Heterojunction Band Discontinuities - Physics and device applications' 14장과 그 참고문헌에 나타난 바와 같은 것).

일반적으로, SEED는 또 다른 전자 또는 광전자 디바이스와 (전기적으로) 직렬로 연결된 QW변조기로 구성된 광스위치이다.

I(V)관계는 직렬 디바이스에 흐르는 전류와 이 디바이스에 걸린 전압과의 관계이다.

또한 SEED의 P-I-N QW구조체는 밀접하게 결합된 검출기/변조기로서의 기능을 갖기 때문에, 전류와 전압 역시 SEED의 응답 함수에 의해 관련되며 이 함수는 λ와 P_{in}에 의존하는데, 이때 P_{in}과 λ는 각각 그 디바이스에 입사된 광의 전력와 파장이다.

이들 두 관계는 동시에 만족되어야 하며 다시 이것은 광학 동작 특성에 전자 피드백을 일으킬 가능성을

야기한다.

이 피드백은 동작 파장에 따라 포지티브(+) 또는 네가티브(-)일 수 있다.

두가지 타입의 피드백이 광항적 쌍안정 디바이스, 즉 자기(自己)선형변조기 및 광레벨시프터에 이용되어 왔다.

그러한 디바이스는 QW에 수직인 진행모드와 도파 방위모드의 두가지 경우로 설명하였지만, 본 발명에 따른 구조체의 SEED로의 응용은 진행모드가 QW층에 수직한 디바이스에 제한된다.

FP공동의 공진과 바이어스되지 않은 흡수에서 피크치와의 일치 또는 유사한 일치에 기인하여 반사율이 바이어스되지 않은 상태에서 매우 낮은 본 발명의 AFPM은 기존의 SEED구조체의 QW구조체를 간단히 대체할 수 있다.

기존의 SEED의 비공진 반사모드 QW구조체를 본 발명의 QW구조체로 대체하면 SEE의 콘트라스트비를 개선시키는 수단을 제공할 수 있는 이점이 있다.

일반적으로 종래 SEED스위치는 3 : 1 정도의 on/off 비를 갖는다.

본 발명에 따른 SEED가 공진구조체일지라도 그 선폭은 사용하고 있는 엑시톤 특성보다 더 좁지 않을 것이라는 사실에 주의하자.

사실상, 일반적으로 디바이스의 선폭은 엑시톤 특성보다 약간 넓다.

다른 SEED구조체의 경우처럼, 본 발명에 따른 SEED는 온도에 민감하다.

디바이스의 동작이 만족스럽게 되는 것이 FP공진과 흡수특성(이들 특성은 온도에 따라 다른 변화율로 변함)과의 관계에 달려 있기 때문에, 본 발명에 따른 SEED와 다른 디바이스는 온도가 제어되는 동작 환경을 필요로 한다.

흡수에지는 3켈빈당 약 1nm정도가 편이된다.

보통 10℃의 동작범위가 가능할 것이다.

그러한 범위는 '보통의' QW변조기에 의해 요구되는 것과 비교될 수 있다.

전형적으로 하나 이상의 펠티에 냉각기가 디바이스 온도를 조절하는데에 사용된다.

상기 실시예에서, 파브리-페로 공동은 반도체 구조의 여러 표면에 의해 형성되며, 그러나 반드시 필수적인 것이 아니다.

공동을 형성하는 양자웰 구조체와 하나 혹은 두 개의 반사기는 이산적일 수 있다.

그러한 구조가 사용되는 곳에서는 의사반사에 의해 다수의 공동이 효과적으로 형성되는 것을 막는 수단을 제공하는 것이 바람직하다.

일반적으로 이것은 QW소자상에 고급 반(反)-반사코팅(10^{-3}이하의 반사율)을 제공하는 것을 포함한다.

본 발명에 따른 AFPM의 실시예

145Å～150Å의 28개 양자웰은 최대 콘트라스트비(20dB)를 제공한다.

145Å～150Å의 12개 양자웰은 2.08[V]바이어스 상태에서 3dB의 삽입 손실을 가지고 5dB의 콘트라스트비를 제공한다.

145Å～150Å의 10개 양자웰은 1.73[V]바이어스 상태에서 2.55dB의 삽입 손실을 가지고 4dB의 콘트라스트비를 제공한다.

60Å의 장벽으로 구분된 150Å의 양자웰 15개는 3.2[V] 바이어스에서 6.7dB의 콘트라스트비를 제공한다.

그 디바이스는 4 : 1, 3 : 1 및 2 : 1 (6, 4.8, 3dB)의 콘트라스트비에 대해 1.7, 3.4 및 6.0nm의 선폭을 각각 갖는다.

이러한 특성은 3.5[V]의 스위에 대해서 얻어진 것이다.

삽입손실은 최적 파장(사실상 가장 나쁜 삽입손실을 야기)에서 3dB 보다 약간 크다.

최대 반사변화율은 0.38이며 이때 0.30의 변화에 대해 5nm정도의 대역폭을 갖는다.

제4도에는 150Å양자웰 AFPM에 대해 실온반사, 반사콘트라스트 및 반사변화율(%R)스펙트럼이 도시되어 있다.

마이너스 전압은 역바이어스를 나타낸다.

콘트라스트비와 %R곡선은 R(-2.5)/R(+1.0) 과 R(-2.5)-R(+1.0)으로 각각 정의된다.

제6도에는 60Å장벽층으로 구분된 150Å양자웰을 갖는 AFPM에 있어서 양자웰 개수의 함수로서 콘트라스트(on-off 비, [dB]), 삽입손실(단위입력에 대한 온상태반사, [dB]) 및 동작전압이 플로팅되어 있다.

본 발명에 따른 AFPM과 SEED는 MBE와 MOVPE를 사용하여 성장될 수 있다.

일반적으로 GaAs기판이 사용되나 대안으로서 실리콘기판이 사용될 수 있다.

GaAs/AlGaAs MQW를 포함하는 MQW변조기를 실리콘 기판상에 제조하는 것은 전자공학 레터, Vol.25,

No.15, PP 995-996의 반즈, 화이트헤드(Barnes, Whitehead) 등에 의한 보고서에 상세히 기술되어 있으며 참고를 위해 여기서 다수 도입하였다.

본 발명에 따른 디바이스는 잠재적인 응용 가능성이 있으며, 특히 집적 회로간에 광학적으로 서로 접속하는데에 2차원 어레이 형태로 응용 가능하다.

또한, 본 발명의 디바이스는 초당 광계산 및 원격통신에서 광스위칭을 위해 응용 가능하다.

참고문헌

1. See Miller, D.A.B., "Quantum wells for optical information processing", Opt. Eng., 1987, 26, pp. 368-372 and references therein.

2. Whitehead, M., Rivers, A., Parry, G., Roberts, J.S. and Button, C., "Low-voltage multiple quantum well reflection modulator with on:off ratio >100:1", Electron. Lett., 1989, 25, pp.984-985.

3. Yan, R.H., Simes. R.J. and Coldren, L.A., "Electroabsorptive Fabry-Perot reflection modulators with asymmetric mirrors", IEEE Photon. Technol. Lett., 1989, 1, pp.273-275

4. Whitehead, M. and Parry, G., "Modelling the limits of low voltage operation for the GaAs multiple quantum well asymmetric Fabry-Perot cavity modulator", Paper 9, Technical Digest of IEEE Colloquium "Modelling of optoelectronic devices", Feb. 1990.

5. Whitehead, M., Parry, G., Rivers, A. and Roberts, J.S., "Multiple quantum well asymmetric Fabry-Perot etalons for high-contrast, low insertion loss optical modulation", OSA Proceedings on Photonic Switching, J.E. Midwinter and H.S. Hinton. eds., (Optical Society of America, Washington, D.C., 1989), Vol. 3, pp.15-21.

6. Yan, R.H., Simes. R.J. and Coldren, L.A., "Extremely low-voltage Fabry-Perot reflection modulators", IEEE Photon. Technol. Lett., 1990, 2, pp.118-119.

7. Whitehead, M., Stevens, P., Rivers, A., Parry, G., Roberts, J.S., Mistry, P., Pate, M. and Hill, G., "Effects of well width on the characteristics of GaAs/AlGaAs multiple quantum well electroabsorption modulators", Appl. Phys. Lett. (1988), 53, pp.956-8

8. Whitehead, M., Parry, G. and Wheatley, P., "Investigation of etalon effects in GaAs-AlGaAs multiple quantum well optical modulators", IEEE Proceedings Pt. J (1988), 136, pp.52058.

9. Miller, D.A.B., Chemla, D.S., Damen, T.C., Gossard, A.C., Wiegmann, W., Wood, T.H. and Burrus ,C.A., "Novel hybrid optically bistable switch: The quantum well self-electro-optic effect device", Appl. Phys. Lett. (1984), 45, pp.13-15.

(57) 청구의 범위

청구항 1

(2회 정정) 각각 다른 반사율을 가지는 전방반사면 및 후방 반사면에 의해 형성된 공진공동을 포함하고, 상기 공진공동내에 양자웰을 양자역학적으로 격리하기에 충분한 두께의 장벽을 갖는 멀티플 양자웰 구조

체를 포함하고, 상기 멀티플 양자웰 구조체로 전계를 제공하기 위해 전기적 바이어스를 인가하는 수단을 포함하는 파브리-페로변조기에 있어서, 상기 공동이 공진 파장에서, 낮은 전계를 형성하는 바이어스레벨에서의 양자웰 구조체의 흡수율이 높은 전계를 형성하는 바이어스레벨에서보다 크며, 상기 공진 파장에서의 파브리-페로변조기의 반사율은 전계를 증가시키는 바이어스레벨의 변화에 따라 증가하는 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 2

(정정) 각각 다른 반사율을 가지는 전방반사면 및 후방 반사면에 의해 형성된 공진공동을 포함하고, 상기 공진공동내에 양자웰을 양자역학적으로 격리하기에 충분한 두께의 장벽을 갖는 멀티플 양자웰 구조체를 포함하고, 상기 멀티플 양자웰 구조체에 전기적 바이어스를 인가하는 수단을 포함하는 파브리-페로변조기에 있어서, 상기 변조기의 소망하는 동작 온도에서 양자웰 구조체의 엑시토닉 피크(excitonic peak)의 파장이 상기 양자웰 구조체에 전계가 형성되지 않은 공진공동의 공진과 일치하는 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 멀티플 양자웰 구조체내에 있는 모든 장벽층의 두께가 적어도 40Å인 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 4

(정정) 제3항 있어서, 상기 멀티플 양자웰 구조체는 폭이 130～160Å인 다수의 양자웰을 포함하는 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 5

제4항 있어서, 상기 양자웰의 폭이 적어도 140Å인 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 6

제5항 있어서, 상기 양자웰의 폭이 적어도 145Å인 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 7

(정정) 제4항 있어서, 상기 양자웰의 폭은 155Å 이하인 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 8

(정정) 제7항 있어서, 상기 양자웰의 폭은 150Å 이하인 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 9

(정정) 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 멀티플 양자웰 구조체는 폭이 40～100Å인 장벽층을 포함하는 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 10

(정정) 제9항 있어서, 상기 장벽층의 폭은 70Å 이하인 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 11

제10항 있어서, 상기 장벽층의 폭은 45～65Å인 것을 특징으로하는 파브리-페로변조기.

청구항 12

(정정) 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 멀티플 양자웰 구조체는 GaAs 양자웰과 AlGaAs 장벽층을 포함하는 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 13

(정정) 제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 멀티플 양자웰 구조체는 30개이하의 양자웰을 포함하는 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 14

10～30개의 양자웰이 있는 것을 특징으로 하는 파브리-페로변조기.

청구항 15

(정정) 제1항 또는 제2항에 따른 적어도 하나의 파브리-페로변조기를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기전기광학(self electro-optic) 디바이스.

청구항 16

(정정) 제15항에 있어서, 상기 자기전기광학(self electro-optic) 디바이스의 부하소자는 상기 파브리-페로변조기의 공통 기판 상에 성장되는 것을 특징으로 하는 자기전기광학(self electro-optic) 디바이스.

청구항 17

(정정) 제16항에 있어서, 상기 부하소자는 상기 파브리-페로변조기의 위에 성장한 다이오드인 것을 특징으로 하는 자기전기광학(self electro-optic) 디바이스.

청구항 18

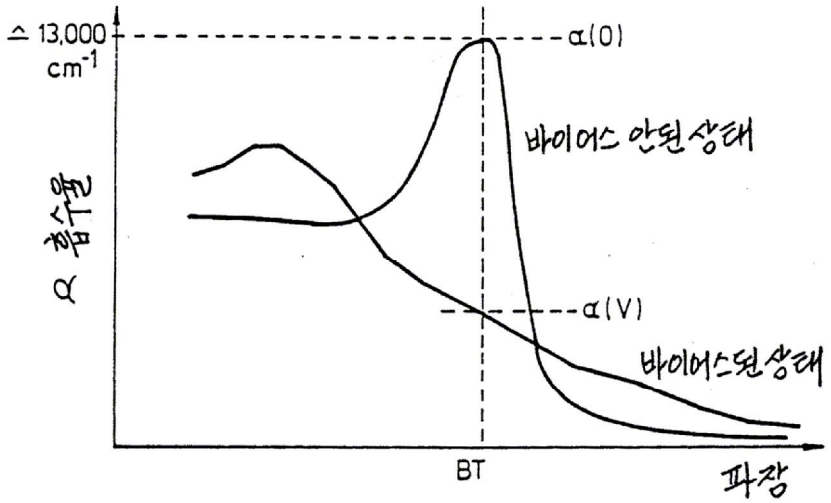
(정정) 제16항에 있어서, 상기 부하소자가 상기 제1항 내지 제14항중 어느 한 항에 따른 제2변조기인 것을 특징으로 하는 자기전기광학(self electro-optic) 디바이스.

청구항 19

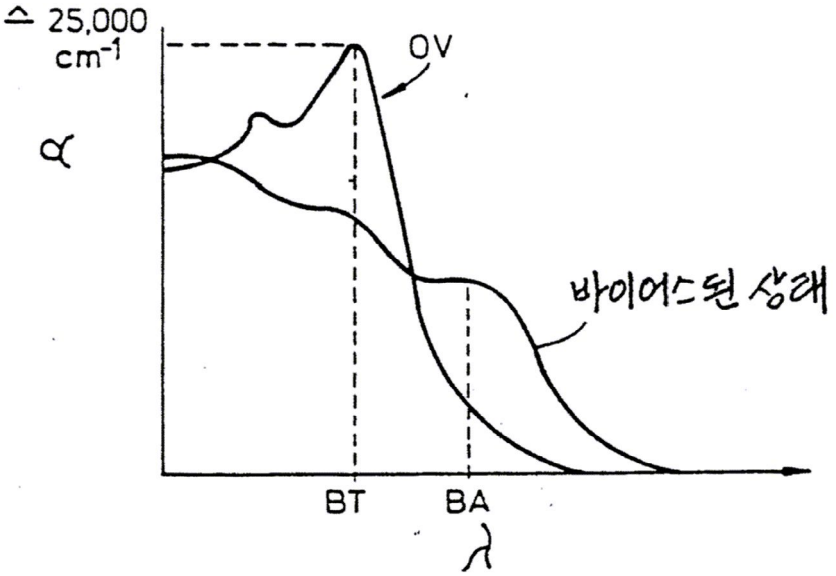
상기 제1항 내지 제14항중 어느 한 항에 따른 파브리-페로 변조기의 반사율이 낮은 쪽의 면에서 광입력을 유도하는 단계와, 상기 파브리-페로변조기의 전극에 변조 전기신호를 가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광변조방법.

도면

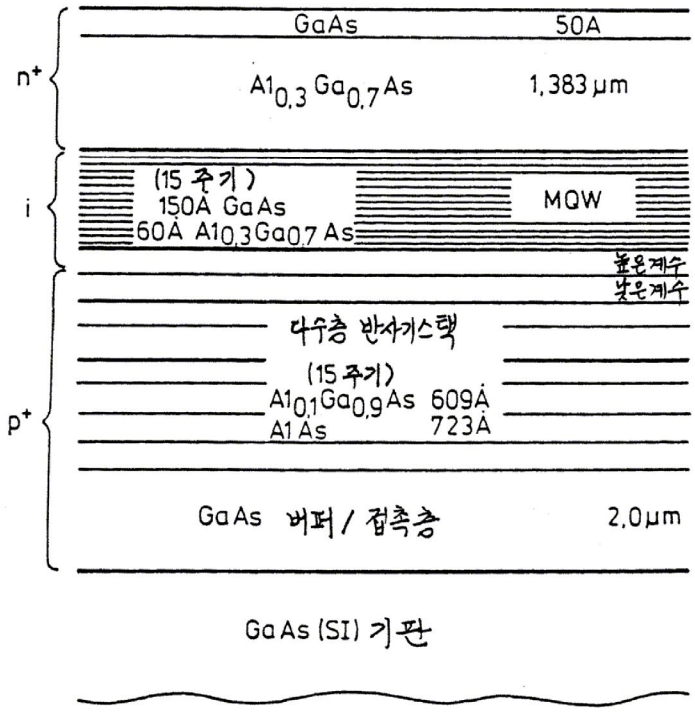
도면1



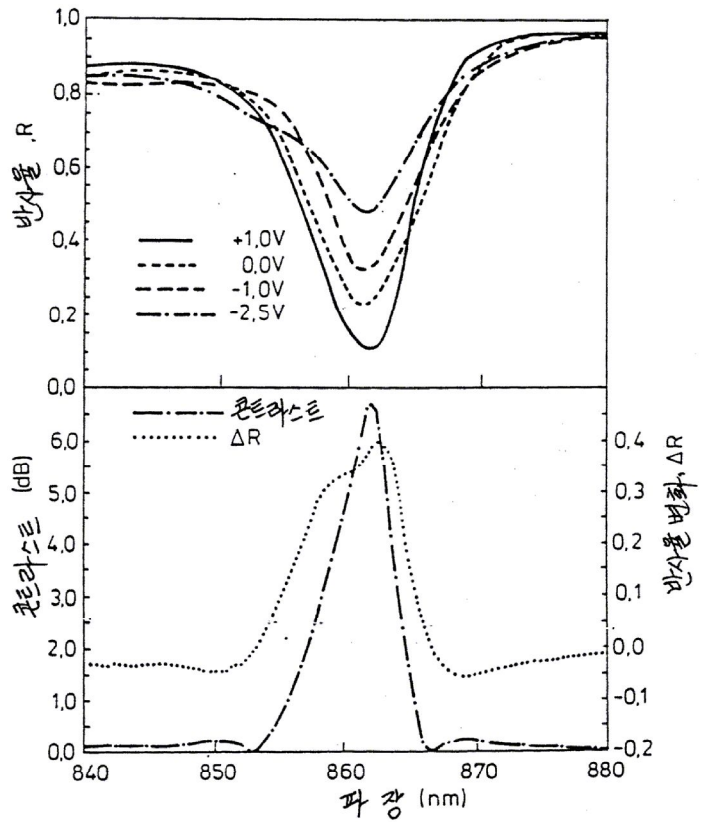
도면2



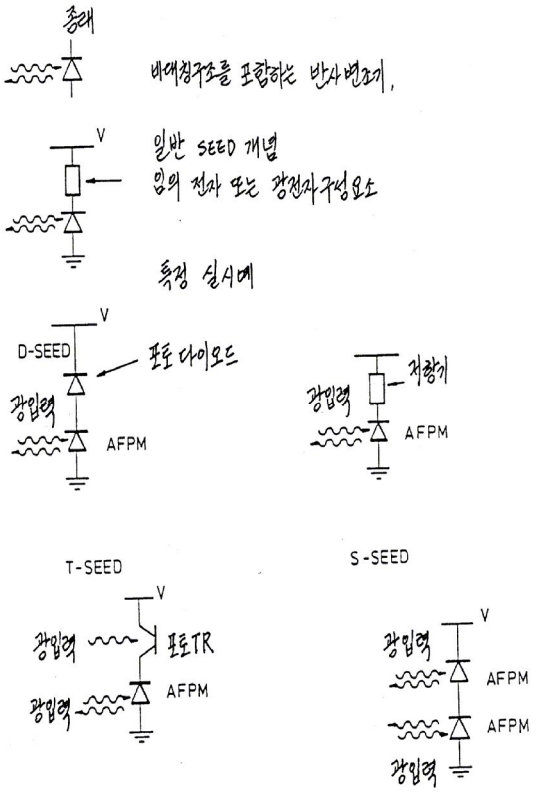
도면3


GaAs
50A
n+
$A1_{0.3}Ga_{0.7}As$
1,383μm
(15 주기)
150Å GaAs
60Å $A1_{0.3}Ga_{0.7}As$
MQW
i
높은계수
낮은계수
다수층 반사거스택
(15 주기)
$A1_{0.1}Ga_{0.9}As$ 609Å
A1As 723Å
p+
GaAs 버퍼 / 접촉층
2.0μm
GaAs (SI) 기판

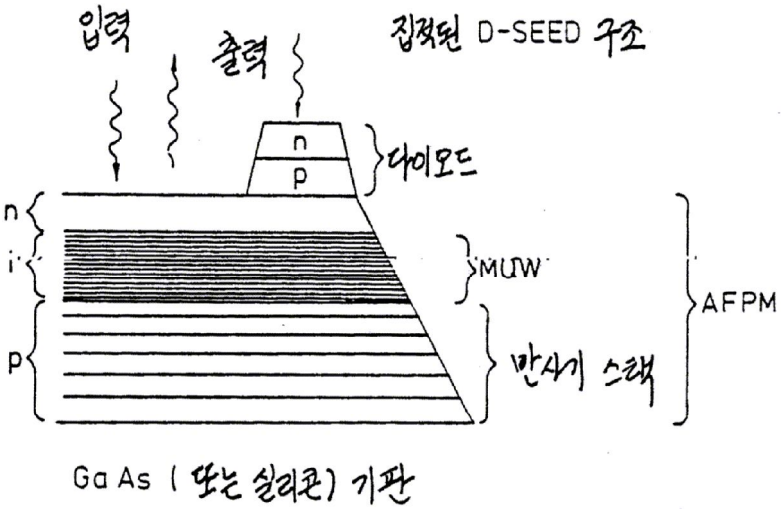
도면4


반사율, R
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
+1.0V
0.0V
-1.0V
-2.5V
콘트라스트
ΔR
콘트라스트 (dB)
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
-0.1
-0.2
반사율 변화, ΔR
840
850
860
870
880
파 장 (nm)

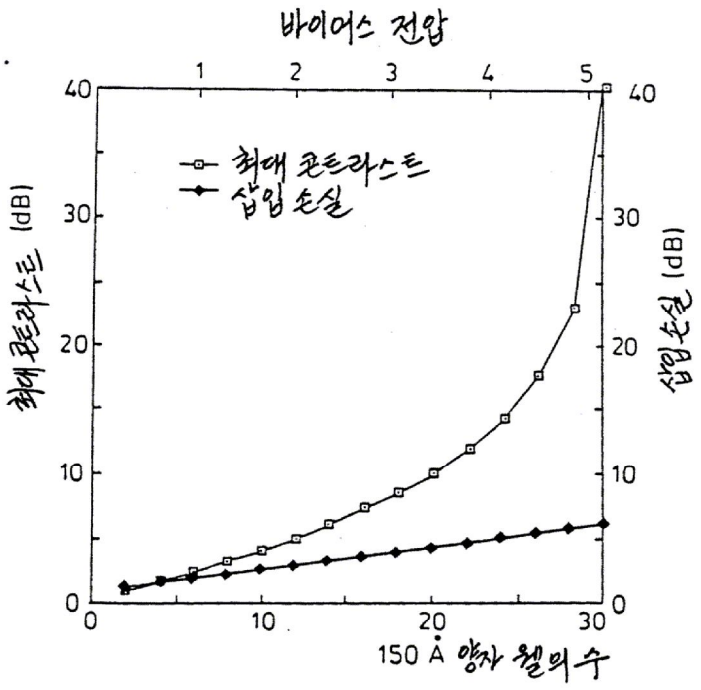
도면5a


종래
바이정구조를 포함하는 반사변조기,
V
일반 SEED 개념
임의 전자 또는 광전자구성요소
특정 실시예
V
D-SEED
포토 다이오드
광입력
AFPM
광입력
저항기
AFPM
T-SEED
V
광입력
포토TR
광입력
AFPM
S-SEED
V
광입력
AFPM
AFPM
광입력

도면5b


입력
출력
집적된 D-SEED 구조
n
p
다이오드
n
i
p
MQW
AFPM
반사기 스택
Ga As (또는 실리콘) 기판

도면6


바이어스 전압
1
2
3
4
5
40
30
20
10
0
최대 콘트라스트
삽입 손실
최대 콘트라스트 (dB)
삽입손실 (dB)
0
10
20
30
150 Å 양자 웰의 수