

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
G02F 1/21

(45) 공고일자 2003년06월 12일

(11) 등록번호 10-0359188

(24) 등록일자 2002년10월 18일

(21) 출원번호	10-1996-0700931	(65) 공개번호	특1996-0704252
(22) 출원일자	1996년02월21일	(43) 공개일자	1996년08월31일
번역문제출일자	1996년02월21일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1994/09412	(87) 국제공개번호	WO 1995/06272
(86) 국제출원일자	1994년08월 18일	(87) 국제공개일자	1995년03월02일
(81) 지정국	국내특허 : 캐나다 일본 대한민국 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 리히텐슈타인 사이프러스 독일 덴마크 스페인 핀란드 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴		

(30) 우선권주장 08/109550 1993년08월20일 미국(US)

(73) 특허권자 마르틴 마리에타 코포레이션

미국 20817 마릴랜드 베데스타 라크리지 드라이브 6801

(72) 발명자 오체스키, 테란스, 엘.

미합중국 21045 마릴랜드 콜롬비아 히코리 로그 크리클 7441

리터, 캐네쓰, 제이.

(74) 대리인 미합중국 21784 마릴랜드 시케스빌리 피니 리지 드라이브 6347

남상선

심사관 : 양재석

(54) 혼성의비대칭페브리퍼양자웰광변조기

명세서

<1> 발명의 배경

<2> 본 발명은 인가된 전압의 변화에 의해 입사 광의 세기 및/또는 위상을 변조하기 위한 반도체 양자 웰 장치에 관한 것이다.

<3> 최근에 많은 작업이 반도체 양자 웰(QW)에서 강한 흡수 동조에 의한 전기장을 바탕으로 하는 광역의 전기 광학 장치상에서 이루어졌다. 이들 장치는 일반적으로 갈륨 비소화물(GaAs) 및 낮은 인듐 농도 InGaAs를 위한 대략 1000 나노미터(nm)의 파장에 대응하는 양자 웰의 밴드 갭(bandgap) 근처 광자 에너지를 가지는 광을 조절한다.

<4> QW에서, 하나의 반도체 재료층은 다른 재료의 클래딩(cladding) 사이에 끼워지고, 상기 재료의 전자 특성은 전위 웰(중심층에서)이 두 개의 전위장벽(클래딩 층에서) 사이에 형성되게 한다. 100 Å 정도의 QW의 작은 두께는 각각, 전도대 및 가전자대에서 전자 및 홀 서브 밴드를 형성하는 두께 방향으로 전자 캐리어 운동의 양자화를 유발한다.

<5> 게다가, QW에서 전자 및 홀의 판은 여기자(exciton)라 불리는 결합 상태를 형성하고, 상기 여기자는 벌크(bulk) 반도체에서 보다 QW에서 결합 에너지가 크기 때문에 실온에서 안정하다. 여기자는 QW에 두 개의 피크 파장을 가지는 광학 흡수 스펙트럼을 제공하는데, 상기 두 개의 피크 파장중 헤비 홀(heavy hole)에 의한 좀더 긴 파장 피크는 광 홀(light-hole) 여기자에 의한 보다 짧은 파장 피크보다 일반적으로 더 좁고 광학적으로 보다 유용하다.

<6> QW에서 여기자의 안정성은 양자 제한 슈타르크 효과를 유발하여, 상기 효과로, 광 및 헤비 홀 여기자의 형성과 관련한 QW의 피크 광학 흡수 파장은 인가된 전기장에 응답하여 보다 긴 파장으로 쉬프트(shift)한다.

<7> 이들 피크 여기자 흡수가 재료 불순물 및 음향 양자(phonons)와 전자/홀 상호 작용으로 인해 제한된 스펙트럼의 폭을 가지기 때문에, 피크 근처의 파장에서 QW의 투과율은 인가되는 전계가 변함에 따라 변화한다. 통상의 전기장은 센티미터당 10,000 내지 100,000 볼트 범위이다. 피크 여기자 흡수시 파장 쉬프트는 피크 파장보다 약간 긴 파장에서 QW층의 굴절률을 변화시켜, 광학 위상에서 상당한 크기의 쉬프트를 얻는 것에 가능하다. QW 장치의 이들 및 다른 측면은 여기서 참조로써 통합된 리틀, 주니어 등에 의한 미합중국 특허 제 5,047,822호에 기술된다.

<8> 단일 QW은 너무 얇기 때문에, 장치는 효과적인 광학 효과를 얻기 위하여 다수의(예를들어 50) QW를 적층함으로써 통상적으로 이루어진다. 다중 양자 웰(MQW) 장치의 많은 측면은 씨. 웨이부취(weisbuch) 등에 의한(양자 반도체 구조, 아카데미 프레스, 인코포레이티드, 샌 디에고, 캘리포니아, 1991) 문헌에 기술된다.

<9> 간단한 MQW 장치는 흡수 변조기이고, 여기서 양자 웰의 여기자 흡수 가장 자리는 인가된 전기장

을 변화시킴으로써, 레이저같은 스펙트럼으로 좁은 광원의 파장과 부합하여 움직인다 그래서, 변조기에 의해 전사되거나 반사된 광의 세기는 상기된 바와 같이, 인가된 전기장 또는 바이어스 전압에 따라 변화한다.

- <10> 비록 양자 제한 슈타르크 효과보다 바니어 슈타르크 한정(localization)을 바탕으로 하지만, 하나의 상기 흡수 변조기는 K.-K. Law 등에 의한, "초격자에서 바니어 슈타르크 한정을 사용하는 정상-오프 하이 콘트라스트 비대칭 페브리 페롯 반사 변조기(Normally-off High-Contrast Asymmetric Fabry-Perot Reflection Modulator Using Wannier-Stark Localization in a Superlattice)", Applied Physics Letters vol. 56, pp. 1886-1888 May 7, 1990; 및 K.-K. Law 등에 의한, "온/오프 비율 > 100:1을 가지는 초격자 비대칭 페브리 페롯 변조기를 바탕으로 한 자기 전기 광학 장치(Self-Electro optic Device Based on a Superlattice Asymmetric Fabry Perot Modulator with an on/off Ratio>100:1)", Applied Physics Letters Vol. 57, pp. 1345-1347 Sept. 24, 1990에서 기술된다. 양자 제한 슈타르크 효과로 인한 보다 긴 파장에 대한 여기자 흡수의 QW 슈프트에 비해, 바니어 슈타르크 로컬라이제이션은 초격자 구조에서 증가된 전기장에 대해 보다 짧은 파장으로 슈프트한다.
- <11> 다른 전자 특성을 가지는 두가지 재료의 얇은 교번층 구조인 초격자의 모양은 G. Dohler, "고체 상태 초격자", Sci. Am. vol. 249, pp. 144-151 Nov. 1983에서 기술된다. 일반적으로, 초격자는 QW가 동조하여 결합된 QW와 삽입된 얇은 장벽층의 적층이고, QW의 이산된 전하 캐리어 에너지 레벨을 미니밴드(miniband)로 넓힌다. 전기장을 인가하는 것은 동조를 파괴하고, 이웃하는 QW의 에너지 레벨과 오정렬시키고 몇개의 QW에 대하여 에너지 레벨을 국한시킨다. 이것은 평평한 미니밴드 프로파일로부터 피크, QW 여기자 프로파일로 광학 흡수 스펙트럼을 변화시키고 흡수 가장자리를 블루-슈프트(blue-shift)시킨다.
- <12> 보다 상세히 하기될 바와 같이, 출원 발명은 MQW나 초격자 구조를 사용하여 구현될 수 있다. 또한, 이 출원에서 기술된 상기 구조는 다양한 반도체 가공 방법, 예를들어, 금속 유기 화학 기상 증착, 분자 빔 에피택시, 및 전기 화학 증착 방법에 의해 제조된다. 예를 들어, 제이. 스위처(J. Switzer) 등에 의한, "전기증착 세라믹 초격자(Electrodeposited Ceramic Superlattices)", Sci. vol. 247, pp. 444-445(Jan. 26, 1990) : 및 상기 인용된 웨이스부치(Weisbuch) 등에 의한, 책을 참조한다.
- <13> 광학 신호의 세기 및 위상을 변화시킬수 있는 다른 MQW 변조기는 미합중국 특허 제 4,727,341 호에서 기술되고, 상기 특허는 Nishi 등, 및 T. Wood 등에 의한, "P-I-N 다이오드 구조에서 GaAs/GaAlAs 양자 웰을 사용한 고속 광학 변조", Applied Physics Letters vol. 44, pp. 16-18(Jan. 1, 1984)이다.
- <14> MQW 흡수 변조기의 다른 형태는 U. koren 등에 의한, "InGaAs/InP 다중 양자 웰 도파관 위상 변조기", Applied Physics Letters vol. 50, pp. 368-370(Feb. 16, 1987)에서 기술된다. 장치는 P-I-N 구조로서 도핑된 광학 도파관의 도핑되지 않은 코어에 배치된 60개의 InGaAs 웰 층 및 인듐 인화물(InP) 장벽층으로 구성된다. 15-20 볼트의 바이어스를 위하여 1500nm 근처의 파장을 가지는 광이 180° 위상 위프트된다는 것이 조사되었다.
- <15> V. Gorfinkle 등에 의한, "인터서브밴드 흡수에 의한 양자웰의 인터밴드 광학 특성의 빠른 변조(Rapid Modulation of Interband Optical Properties of Quantum Wells by Intersubband Absorption)", Applied Physics Letters vol. 60, pp. 3141-3143 (June 22, 1992) 최근의 공보는 근적외선의 광자(즉, 약 800nm 내지 2000nm 사이의 파장)를 위한 밴드 대 밴드 흡수 세기가 긴 적외선(LIR) 광자(즉, 약 8000nm 내지 12000nm 사이의 파장)의 인터서브밴드 흡수에 의해 변조되는 도핑된 MQW 흡수 변조기의 이론을 기술한다. LIR 흡수는 접지 상태에서 캐리어의 수를 부분적으로 고갈시켜, NIR 흡수를 위한 최종 상태의 밀도를 변화시킨다. LIR 정보를 NIR 정보로 전환하기 위한 상기 장치의 큰 결점은 동일한 MQW 구조에서 발생하는 흡수로 인한 LIR 및 NIR 동작 파장의 상호 의존성이다. 게다가, 매우 큰 LIR 자속 및 도파관 구조의 제조가 상당한 NIR 흡수 변조를 위해 필요하다.
- <16> 실온에서 동작하는 단순한 MQW 흡수 변조기는 변조 길이, 즉 약 10:1 내지 30:1의 최소 대 최대 흡수 비율을 나타낸다. 이들 낮은 변조 깊이는 비대칭 페브리 페롯 에탈론(etalon)(ASFPE)같은, 적당한 동조 광학 공동(resonant optical cavity)과 MQW 구조를 결합함으로써 개선될 수 있다. ASFPE는 다른 반사도를 가지는 두 개의 평면 미러에 의해 형성된 동조 광학 공동이다. 대칭 FPE처럼, ASFPE가 동조하는 파장은 주기적으로 분산되고 미러 사이의 거리에 의해 결정된다. ASFPE-MQW 변조기의 설계 모양은 K.-K. Law 등에 의한, "초격자 표면-정상 비대칭 페브리 페롯 반사 변조기 : 광학 변조 및 스위칭", IEEE J. 양자 전자공학 vol. 29, pp. 727-740(Feb. 1993)에서 기술된다.
- <17> 정상 온 ASFPE-MQW 변조기, 즉, 전기장이 MQW 구조에 인가되지 않을 때 높은 전사(또는 반사)를 가지는 변조기에 대하여, 페브리 페롯 동조 파장중 하나는 제로 전압 바이어스하에서 양자 웰의 헤비 홀 여기자 흡수의 피크 파장보다 약간 긴 파장으로 설정된다. 적당한 바이어스 전압을 인가하는 것은 흡수 피크 파장을 FPE 동조 파장쪽으로 슈프트하게 하여, 미러의 효과적인 반사도를 조절하고 장치로부터 전사되거나 반사된 광을 변조하게 된다.
- <18> 상기 ASFPE-MQW 변조기의 어레이는 예를 들어, 공간 광 변조기(SLM)를 형성하기 위하여 에피택셜 성장에 의해 기판상에 배치될 수 있다. 흡수 변조기의 2차원 어레이는 T. Wood 등에 의한, "GaAs/AlGaAs 다중 양자 웰(MQWs)로 이루어진 고속 2x2 전기 구동 공간 광 변조기", Electronics Letters vol. 23, pp. 916-917(Aug. 13, 1987)에서 기술된다. 변조기는 역-바이어스된 P-I-N 다이오드의 도핑되지 않은 영역에 배치되고 도핑되지 않은 얇은 초격자 영역에 의해 둘러싸인 50개의 AlGaAs/GaAs 양자 웰로 구성된 GaAs 기판상에 형성된 평평한 장치이다. 입사광은 변조기를 통하여 전달되고 기판에 수직이며, 850nm 근처의 파장에 대하여 약 1.5:1의 기록된 온/오프 세기비를 생성한다.
- <19> Soref에 의한 미합중국 특허 제 5,115,335 호는 입력 광 빔 위상의 2진 또는 3진 변조를 위한 MQW 장치 및 ASFPEs 어레이를 기술한다. 진폭 및 위상의 동시 변화 또한 논의되었고, MQW 장치상의 전기 바이어스는 위상 변조를 얻기 위하여 변화된다. 다른 한편, 각 MQW 장치 어레이상의 바이어스는 장치 두께 변화를 보상하기 위하여 선택적으로 조절된다. 또한, Soref 특허는 위상이나 진폭의 연속적인 변조를 기술하지 않는다.

- <20> Onose 등에 의한 미합중국 특허 제 5,107,307 호는 FPE에 배치된 MQW 장치를 포함하는 세기 변조기 및 상기 MQW-FPE 결합의 어레이를 포함하는 공간 변조기를 기술한다. 세기 변조기의 투과율은 MQW 장치에 인가된 바이어스 전압을 변화시킴으로써 연속적으로 선택될 수 있다. Onose는 위상 변조 및 변조기 특성에서 부득이한 변화를 보상하기 위한 어떤 기술도 기술하지 않았다.
- <21> 밀러(Miller) 등에 의한 미합중국 특허 제 4,790,634 호는 밀러가 다른 반사도(즉, FPE가 비대칭인)를 가지는 광학적으로 쌍안정의 FPE를 기술한다. 밀러는 FPE내에 증착된 PIN-다이오드-형 MQW를 기술하고, 쌍안정의 구조를 조절하기 위하여 MQW상에서 바이어스 전압을 변화시키는 것을 기술한다. 다른 한편, 밀러는 변조기 특성에서 부득이한 변화를 보상하기 위한 어떠한 기술도 기술하지 않았다.
- <22> 캄라(Chemla) 등에 의한 미합중국 특허 제 4,525,687호는 MQW를 포함하는 광 변조기를 기술한다. 헤비 홀 여기자 흡수의 피크 파장 슈프트는 PIN 다이오드 구조로서 기술된다. MQW는 FPEs에 배치되고, 최종 구조는 전기적으로 조절된다.
- <23> 많은 전류의 ASFPE-MQW SLM는 기판이 보통 입사광을 통과시키지 않기 때문에 ASFPE-MQW 구조의 상부를 때리는 입사광을 가진다. 그래서, 양자 웰은 바이어스하기 위하여 사용된 전자 회로는 ASFPE-MQW 구조의 표면에 배치되어야 하는 전기 전도 라인을 통하여 접속된다. 이런 방법으로 SLM의 전자 섹션(전압 바이어스 회로)에 광학 섹션(ASFPE MQW 구조)을 접속하는 것은 실제적인 어레이 크기 및 속도를 제한한다. 어레이가 보다 커질 때 다중 전도 라인은 광학 섹션 표면의 보다 큰 부분을 차지하고, 기판 영역의 광학적으로 유용한 부분을 감소시킨다. 또한, 전도 라인의 길이 및 서로에 대한 밀접도는 긴 라인 사이의 임피던스 및 혼선으로 인해 장치의 속도를 제한한다.
- <24> 이전의 ASFPE-MQW 공간 광 변조기의 다른 결점은 광학 섹션이 기판상에 증착된 후 쉽게 변조될 수 없다는 것이다. 만약 FPE 공동의 두께가 대응하는 양자 웰의 흡수 피크 파장에 대해 똑바로 배치되는 동조 파장을 생성하지 않는다면, 두께는 표준 반도체 가공 기술을 통하여 개조될 수 없다. 게다가, 표준 증착 가공에서 고유의 총 두께 변화는 쉽게 수정될수 없는 어레이를 가로질러 FPE 동조 파장에서의 변화를 유발한다. 이전의 장치는 각 어레이 부품에 각각의 수정 전압을 인가함으로써 이들 변화를 보상하도록 하였다. 그러나, 이 연구는 동작 파장에 영향을 미쳐, 바이어스 및 제어 전자 회로의 복잡성을 크게 증가시키고, 회로의 증가된 크기로 인해, 어레이의 충전 인자를 약 70%로 제한하고 증가된 용량 때문에 그 속도를 상당히 감소시킨다.
- <25> 몇몇의 이전의 변조기는 GaAs같은 기판상에 ASFPE 및 MQW 구조를 우선 에피택셜적으로 성장시키고, 그리고 나서 SLM 어레이로부터 SLM 어레이에 의해 덮인 영역 밖의 전기 접촉패드까지 펼쳐지는 상부상에 소망하는 전기 접속을 가지는 실리콘 기판을 접합함으로써 이들 문제를 해결하도록 시도하였다. 상기 장치는 모슬리(Moseley) 등에 의한, "플립칩 댄닝 결합 혼성의 광학 상호접속을 위한 균일한 8×8 어레이 InGaAs/InP 다중 양자 웰 비대칭 페브리 페롯 변조기", *Electronics Letters* vol. 28, pp. 12-14 (Jan 2, 1992)에서 기술한다. 큰 2차원 어레이를 위하여, 이런 형태의 전기 어드레싱은 실용적이지 못하다.
- <26> 다른 상기 장치는 케이. 후(K. Hu) 등에 의한, "인버팅 공동 GaAs/InGaAs 비대칭 페브리 페롯 반사 변조기", *Applied Physics Letters* vol 59, pp. 1664-1666(Sept. 30, 1991)에서 기술된다. 또한, 후 보고서는 성장한 MQW 공동을 특징으로 하고 그것의 두께는 공동의 동조 파장을 조절하기 위하여 ASFPE의 제 2 미러 증착 전에 조절된다.
- <27> 다른 장치는 ASFPE 구조없이 GaAs 기판상에 성장된 MQW 구조를 가지며, 상부상에 결합된 사파이어 같은 다른 기판을 가지며, 그리고 단일 화소에 광학 액세스를 허용하도록 에칭된 GaAs 기판의 최소 부분을 가진다. 바-조셉(Bar-Joseph) 등에 의한, "실온 전자 흡수 및 GaAs/AlGaAs 초격자에서의 스위칭", *Applied Physics Letters* vol. 55, pp. 340-342 (July 24, 1989)를 참고한다.
- <28> 요약
- <29> 이전의 장치와 대조하여, 출원 발명에 따른 높은-충전-인자 변조기 어레이는 반사된 광의 위상 변화없이 장치로부터 반사된 광 빔의 세기 변화를, 그 세기에서 변화없이 반사된 광의 위상에서 π 라디안 변화, 또는 반사된 광의 세기 및 위상 변화의 선택적인 조합 중 하나를 형성하기 위해 낮은 정밀도의 비대칭 페브리 페롯 에탈론 및 다중 양자 웰 구조를 채용한다.
- <30> 출원 발명의 일측면에서, 혼성의 변조기는 페브리 페롯 공동의 동작 파장에서 투명한 기판상에 배치된 광학 섹션 및 광학 섹션의 각 화소에 바이어스 전압을 공급하는 제 2 기판상에 배치된 다중 채널 전자 구동기를 포함한다. 이것은 장치의 기판 측면으로부터 광학 방사선이 들어가게 하여, 광학 섹션의 상부 표면은, 예를 들어 인동 범프(bump) 결합에 의해 화소 단위를 바탕으로 전자 섹션에 직접 접속될 수 있다. 예를들어, 상기 혼성의 광학 전자 변조기는 이전 장치에 비해 상당히 감소된 제조 가격을 가지며 복잡하다.
- <31> 본 발명의 다른 측면에서, 출원된 혼성의 광학 전자 변조기의 2차원 어레이는 거의 임의의 크기로 이루어지고, 광이 광학 섹션에 인입하는 표면과 간섭없이 장치의 뒤쪽상에 전자 구동 회로에 대한 전기적 접촉이 이루어질수 있기 때문에, 95% 이상의 충전 인자를 가진다. 광학 섹션의 상부 표면 상에 금속 미러의 사용은 화소 설계 에칭동안 금속 미러가 마스크로서 작동할 수 있기 때문에 높은 충전-인자가 이루어질 수 있어서, 화소 사이에 작은(예를들어, 1 마이크로미터(μm)) 갭의 한정을 허용한다. 또한, 구조에서 에칭 조절층을 포함함으로써, 어레이는 재료 증착 동안 발생하는 두께 변화를 위하여 국부적으로 수정될 수 있다. 표준 가공 기술(습식 화학 에칭 또는 반응 이온 에칭)을 사용하여, 조절 층은 각 ASFPE의 동조 파장이 포함된 MQW 구조의 여기자 흡수의 피크 파장에 대해 수정 위치로 조절되도록 얇아진다. 그래서, 어레이를 가로지르는 광학 특성상의 허용 오차는 광학 가공 기계, 광학 저장 장치, 및 이미지 디스플레이 시스템에 유용한 어레이를 사용할 부 있는 레벨로 유지될 수 있다.
- <32> 본 발명의 다른 측면에서, 출원된 변조기는 광학적으로 어드레스된 SLM을 얻기 위하여 광 검출기와 결합된다.

- <33> 본 발명의 특징 및 이점들은 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명될 것이다.
- <34> 제 1A, 1B도는 본 발명에 따른 혼성 비대칭 페브리-페롯 양자 웰 공간 광변조기를 나타내는 도면.
- <35> 제 2도는 일반화된 ASFPE 변조기의 개략도.
- <36> 제 3도는 본 발명의 일 실시예에 따른 세기 변조기의 다층 구조를 나타내는 개략도.
- <37> 제 4도는 금속 미러(M_2)의 적용에 의해 초래된 동조 파장 쉬프트를 설명하는, 제로 바이어스 전압을 갖는 ASFPE-SLM의 반사 스펙트럼을 도시한 도면.
- <38> 제 5도는 총 두께 에러에서 기인하는 광학 동조 및 양자 웰 여기자의 파장 쉬프트의 비교를 나타낸 도면.
- <39> 제 6도는 에칭에 의해 초래된 동조 파장 쉬프트를 설명하는, 다양한 두께를 갖는 ASFPE-SLM의 반사 스펙트럼을 나타낸 도면.
- <40> 제 7도는 에칭 시간의 함수로서 ASFPE-SLM의 동조 파장 변화를 나타낸 도면.
- <41> 제 8도는 940 nm의 파장에서 작동하는 본 발명의 일 실시예의 이미지를 나타낸 도면.
- <42> 제 9A, 9B 및 9C도는 본 발명의 다른 실시예에 따른 세기 변조기의 다층 구조를 나타내는 개략도.
- <43> 제 10도는 제 9A-9C도에 도시한 변조기를 형성하기 위한 장치 및 배열을 나타낸 도면.
- <44> 제 11A-11D도는 제 9A-9C도에 도시한 변조기를 형성함에 있어서 공정 단계를 나타낸 도면.
- <45> 제 12도는 본 발명의 두 실시예에 사용되는 다층 미러(M_1)의 2가지 형태의 반사 스펙트럼을 비교한 도면.
- <46> 제 13도는 860nm의 파장에서 작동하는 본 발명의 실시예의 이미지를 나타낸 도면.
- <47> 상세한 설명
- <48> 제 1A도는 혼성 비대칭 페브리-페롯 에달론 다중 양자 웰 공간 광 변조기(ASFPE-MQW SLM)(10)의 부분 단면의 개략도이다. 상기 도면에는 단지 3개의 ASFPE-MQW 변조기(100), 즉 3개의 화소의 SLM(10) 단면을 나타내지만, SLM(10)은 정방향, 장방향, 또는 원하는 다른 구성으로 배열된 3개 이상의 화소를 포함한다는 것을 인지해야 한다. 화소들의 5×5 어레이를 포함하는 SLM은 이하에서 설명되는 제 1B도에 나타낸다.
- <49> 제 1A, 1B도에서 도시된 바와 같이, 각 ASFPE-MQW 변조기(100)는 제 1 및 제 2 미러(130, 135) 사이에 배치된 활성 광학층(120)을 포함하는 광학 섹션(110)을 가지며, 이것은 비대칭 페브리-페롯 에달론을 형성한다. 각 활성 광학층(120)은 해비-홀 여기자로 인한 QW의 광자 흡수의 피크가 전압을 조정할 수 있도록 P-I-N 다이오드 배열의 진성(I) 섹션을 형성하는 일련의 양자 웰을 포함한다. 각 미러(130)는 기판(140)상에 증착된 층의 일부인 부분적으로 반사되는 유전체 미러이며, 미러(135)는 바람직하게는 고도의 반사적인 금속층이다.
- <50> 유전체 미러(130)는 전압 바이어스가 인가되지 않은 경우에 MQW 구조의 광자 흡수의 피크보다 약간 더 긴 소정의 파장에서 일련의 유전체 층이 소정의 반사도를 가지도록 광학 특성을 갖는 일련의 유전체 층이다. 이하 상세하게 설명되는 바와 같이, 층(120) 및 유전체 미러(130)는 기판(140)상에 에피택셜 성장과 같은 공정에 의해 형성될 수도 있다. 기판(140)상에 광학 섹션(110)의 어레이는 ASFPE-MQW SLM(10)의 광학 어레이를 포함한다.
- <51> 각 ASFPE-MQW 변조기(100)는 그 각각의 활성 광학층(120)에 제어가능한 바이어스 전압을 인가하기 위한 회로를 포함하는 전자 섹션(150)을 더 포함한다. N×M 화소를 갖는 ASFPE-MQW SLM은 N×M 광학 섹션 및 N×M 전자 섹션을 포함한다. 이 N×M 전자 섹션은 ASFPE-MQW SLM의 구동 전자를 포함한다. 본 발명의 일 특징에 따르면, SLM은 충분히 균일하여 모든 전자 섹션들이 동일한 바이어스 전압을 인가한다. 이 균일성은 어레이 부재의 응답을 표준화 하기 위하여 다른 어레이 부재상에 다른 전압을 부과하는데 필요한 심한 복잡성을 피할 수 있다.
- <52> 전자 섹션(150)은 컴퓨터 또는 공정 제어기와 같은 다른 장치로부터 전기 또는 광학 신호에 SLM(10)을 인터페이스 하기 위한 적당한 제어 및 타이밍 회로를 포함하는 집적회로의 부분으로서 편리하게 구성된다. 회로(160)는 메모리 또는 간단한 계산 기능을 실행하기 위한 수단 뿐만 아니라, 선택된 광학 화소의 신호를 결합하기 위한 수단을 포함할 수도 있다.
- <53> 구동 전자 제품은 여러개의 디스플레이 포맷에서 광학 어레이에 바이어스 전압을 공급하도록 설계될 수도 있다. 하나의 특정 디스플레이 포맷은 입력 데이터 신호를 수신하고 각 화소에 바이어스를 변화하지 않고 각 화소에 대한 새로운 데이터 값을 저장하는 구동 회로용이다. 일단 모든 화소에 새로운 데이터 값이 할당되면, 구동 회로는 새로운 데이터 값에 따라 모든 화소들에 대한 바이어스 값을 변화한다. 이러한 방법으로, 광학 섹션의 N×M 어레이는 프레임 단위로 동시에 반사값을 변화시킨다.
- <54> 제 2 디스플레이 포맷은 입력 데이터 신호를 수신하고 N×M 어레이의 제 1열의 각 화소에 대한 새로운 데이터 값을 저장하는 구동 회로용이다. 일단 이 열이 새로운 세트의 데이터 값으로 할당되면, 구동회로는 j열의 m번째 화소가 j-1열의 m번째 화소의 값으로 바이어스값을 변화하며(여기서 m은 1에서 m에 이르는 인덱스이며, j는 1에서 n에 이르는 인덱스임), 1열의 화소들이 새로운 데이터값에 의해 결정되는 바이어스들로 할당되도록 모든 화소들에 대한 바이어스값을 변화시킨다. 이러한 방법으로, SLM에 의해 생성된 반사 이미지는 시스톨릭(systolic) 디스플레이를 생성하는 SLM에 걸쳐 스크롤된다.
- <55> 부가적인 디스플레이 포맷은 선택된 화소들의 서브세트에 대한 바이어스값만이 변화되도록 구동 전자에 신호를 공급하는 것이다. 이것은 랜덤-액세스 어드레싱 포맷으로서 인식될 것이다. 여기에 기술된

어드레싱 포맷들은 사용될 수 있는 많은 가능한 포맷들 중 몇 개일 뿐이라는 것을 알 수 있다.

<56> 또한, 구동 전자에 대한 입력 신호는 각 어드레스된 전자 섹션에 대하여 개별적인 광학 신호를 갖는 광학 신호들을 통해 공급될 수 있다. 광학 입력 신호는 제 1A도에 도시한 바와 같이 구조물의 하부로부터 구동 전자 기관(166)을 통과하여 전자 섹션(150)으로 들어간다. 이 경우에, 전자 섹션은 입사 광학 입력신호에 의해 전자 섹션에 의해 생성된 바이어스 전압이 변화되도록 회로내에 포함되어 있는 광학 감지 부재를 포함한다. 구동 회로에 대한 부가적 전기 입력은 파워 및 타이밍을 제공하기 위하여 이 광학 신호들과 연합하여 사용될 수도 있다. SLM의 광학 어드레싱은 비간섭 이미지를 간섭 이미지로 전환하는데 사용될 수 있거나 전기 어드레싱에 대한 대안으로서 사용되어, 화소들 사이의 낮은 혼선 및 높은 데이터 속도를 제공한다.

<57> 상술한 바와 같이, 광학 어드레싱은 구동 전자 기관(160)을 통해 각 전자 섹션(150)의 감광 장치를 조명함으로써 달성될 수 있다. 기관(160)이 통상적으로 광학 방사선에 대해 불투명하기 때문에, 기관을 통해 광학 신호를 전송하도록 하여야 한다. 일 실시예에 있어서, 구동 회로는 실리콘-온-사파이어 기판상에 제조될 수 있다. 이러한 구조에 있어서, 기관(160)은 광학 방사선에 투명한 사파이어이다. 이것에 의해 각 전자 섹션의 감광부재에 광학 신호가 전송된다. 제 2실시예에 있어서, 광학 비아 홀(Optical Via hole)이 레이저 드릴링과 같은 표준 기술을 사용하여 구동 전자 기관을 통해 형성될 수 있다. 광학 비아 홀 속으로 들어가는 광은 기관(160)을 통해 감광부재에 전달된다.

<58> 각 광학 섹션(110)은 인듐-범프나 납땜 결합(170)에 의해 각각의 전자 섹션(150)에 전기적으로 접속된다. 각 광학 섹션에 대한 다른 전기 접속은 유전체 미러(130)를 형성하는 층 및 도핑된 버퍼층(141)(제3도에 도시)에 의해 형성된 접지면에 대해 이루어진다. 접지면은 각 광학 화소의 n-도핑층 및 그 밑에 있는 재료에 의해 어레이 전반에 걸쳐 분포되어 있다. 집적회로(160)에 접지면을 전기 접속하는 다른 인듐-범프 또는 납땜 결합(175)은 어레이 주위로 규칙적으로 놓여있다.

<59> 특히 제 1B도를 참조하면, SLM(10)은 ASFPE의 동조 파장 및 MQW의 피크 여기자 흡수에 의해 결정된 파장("작동 파장")을 갖는 광(20)으로 조명함으로써 사용될 수 있다. 광(20)은 단색화 장치 및 높은 세기 광대역원의 결합과 같은 등가 현대역원이나 레이저에 의해 편리하게 발생될 수 있다. 빔 분할기(30)는 SLM상에 광(20)을 인도하며, 그 각 화소는 입사광을 빔 분할기(30)에 선택적으로 재반사시킨다. 제 1B도에 도시한 바와 같이, 측면상에 전형적으로 약 25 μ m 내지 50 μ m인 각 화소는 집적회로(160)에 제공되는 다수의 전기 입력 신호(165)에 응답하여 고 반사 상태(흰 정방향 또는 "1"로 표시함)나 저 반사 상태(어두운 정방향 또는 "0"으로 표시함)로 설정될 수 있다. SLM(10)의 이미지(25)는 빔 분할기(30)에 의해 전달된다. 즉, 사실상 전기 또는 광학 입력 신호(165)가 작동 파장에서 광의 위상이나 세기의 변화로 변환된다.

<60> ASFPE-MQW 변조기는 제 2도에 개략적으로 도시되어 있다. 상기 변조기는 각각 세기 반사도(R_1, R_2)를 갖는 2개의 평행 미러(M_1, M_2)를 포함한다. 미러(M_1)는 그 투과율이 $T_1 = 1 - R_1$ 이 되도록 부분적으로 반사시킨다. 미러(M_2)는 그 투과율이 $T_2 = 0$ ($R_2 = 1$)이 되도록 완전히 반사시킬 수 있다. 광 변조기를 형성하기 위하여, 외부에서 제어가능한 흡수성을 갖는 MQW 구조는 2개의 미러 사이에 배치된다. 미러(도시하지 않음)를 분리하기 위한 부가적인 스페이서층 또는 다른 수단은 소정의 두께(t)를 달성하기 위하여 2개의 미러 사이에 포함될 수도 있다.

<61> ASFPE의 광학 특성을 정량화하기 위한 편리한 파라미터는 다음 관계식에 의해 주어진 공동의 피네스(finesse)(F)로 제공되어 있다 :

$$F = \frac{\pi}{\arccos \left[\frac{2 \cdot T_{MQW} \cdot \sqrt{R_1 \cdot R_2}}{1 + T_{MQW}^2 \cdot R_1 \cdot R_2} \right]}$$

<63> 본 발명의 특징에 따르면, ASFPE는 SLM 엘리먼트의 광학적 응답과의 매칭을 용이하게 하기 위하여 낮은 피네스를 갖는다.

<64> 피네스는 다음 관계식에 의해 공동동조(γ)의 하프 맥시멈에서의 전체 폭(FWHM)과 관련되어 있다 :

$$F = \frac{2\pi}{\gamma}$$

<66> 여기서 γ 은 라디안이다.

<67> 제로 바이어스에서의 피네스(여기서 T_{MQW} 은 대략 1 임)는 공동의 두께에 요구되는 정확도 및 균일성을 평가하는데 사용될 수 있다. SLM의 하나의 화소는 동조 피크 근처의 좁은 파장범위 내에서 작동되어야 한다. 동조 폭에 비례하는 이 범위의 폭은 하기 식에서 기재되어 있다 :

$$\lambda_{동조} - \epsilon \cdot W_{FWHM} < \lambda_{동작} < \lambda_{동조} + \epsilon \cdot W_{FWHM}$$

<69> 여기서 W_{FWHM} 은 동조 라인의 폭이며, ϵ 는 주어진 적용예에 대하여 요구되는 정밀성에 의존하는 일정하지 않은 파라미터(0.1의 값이 일반적임)이다. 화소의 어레이로서 작동할 경우, 그들은 동일한 소스에 의해 전부 조명되기 때문에 어레이의 모든 화소에 대하여 작동 파장이 일정하다. 그러나, 동조 파장은 어레이 전반에 걸친 층 두께 변화로 인하여 화소 마다 변화할 수 있다. 이 경우에 파장의 조건은 다음과 같다 :

$$\lambda_{\text{동작}} - \varepsilon \cdot W_{\text{FWHM}} < \lambda_{\text{동조}} < \lambda_{\text{동작}} + \varepsilon \cdot W_{\text{FWHM}}$$

<71> 상지 식 및 위상(Φ)과 공동 두께(d) 사이의 관계를 사용하면, $\Phi = 4 \cdot \pi \cdot N_{\text{c}} \cdot d / \lambda$, 여기서 N_{c} 은 공동에서 평균 굴절률이며, 공동부에서 허용된 두께 변화(r , $d=d_0 \pm r$)는 다음과 같이 쓸 수 있다 :

$$r = \frac{\lambda}{2 \cdot n_{\text{c}} \cdot F} \cdot \varepsilon$$

<73> 이 결과에 따르면, 낮은 피네스는 그것이 높은 피네스 보다는 큰 두께 허용오차를 허용하기 때문에 유리하다. 높은 피네스(예를들면, 74, $R_1=0.93$, $R_2=0.988$ 에서 기인함)에 대하여 $\lambda=840$ nm, $N_{\text{c}}=3.4$, 및 $\varepsilon=0.1$ 이라고 가정하면, 두께 허용오차는 1.7 Å이다. 여기에 기재된 SLM에 사용되는 낮은 피네스 공동에 있어서($R_1=0.40$, $R_2=0.94$ 는 $F=6.7$ 을 만듦), 허용오차는 높은 피네스 경우의 두께변화의 10배보다 많이 허용하는 18.5 Å 이다.

<74> 세기 I_0 의 광이 변조기를 치면, 세기 $I_0 \cdot R_{\text{SLM}}$ 으로 반사된다. 여기서 R_{SLM} 은 다음과 같은 관계식에 의해 주어진 변조기의 전체의 효과적인 반사도이다 :

$$r_{\text{ASFPE}} = \frac{\sqrt{R_1} + T \cdot P \cdot \sqrt{R_2}}{1 + P \cdot T \sqrt{R_1 \cdot R_2}} \quad \text{식 1a}$$

$$P = \exp \left[i \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) \sum_k t_k \cdot n_k + i \cdot (\Phi_1 - \Phi_2) \right] \quad \text{식 1b}$$

$$r_{\text{SLM}} = \frac{\sqrt{R_1} - T_{\text{MQW}} \cdot \sqrt{R_2}}{1 - T_{\text{MQW}} \cdot \sqrt{R_1 \cdot R_2}} \quad \text{식 1c}$$

$$R_{\text{SLM}} = |r_{\text{SLM}}|^2 \quad \text{식 1d}$$

<76> 여기서, r_{ASFPE} 는 ASFPE의 진폭 반사 계수이며,

<77> r_{SLM} 은 $P=-1$ 인 경우에 ASFPE의 진폭 반사 계수이며,

<78> R_{SLM} 은 $P=-1$ 의 SLM ASFPE의 세기 반사도이며,

<79> λ 는 작동파장이며,

<80> t_k 는 k 층의 두께이며,

<81> n_k 는 k 층의 굴절률이며,

<82> k 는 2개 미러 사이의 모든 층에 걸쳐 합산된 지수이며,

<83> Φ_1 은 (제2도에서 좌측으로부터 입사되는 광에 대하여) M_1 으로부터 반사에 의해 초래되는 위상 쉬프트이며,

<84> Φ_2 는 (제2도에서 좌측으로부터 입사되는 광에 대하여) M_2 로부터 반사에 의해 초래되는 위상 쉬프트이며,

<85> T_{MQW} 는 흡수 MQW 구조를 통하여 한번 통과하는 것에 대한 세기 투과율이며 P 는 위상 조건이다. 여기서, R 은 세기 반사도를 규정하며, r 은 위상정보를 포함하는 전계 진폭의 반사 계수를 규정한다. 세기 및 위상 변조기에 대하여, 효과적인 공동 두께는 위상 조건 P 가 -1 , 즉 미러(M_1)으로부터 반사되는 광의 위상이 미러(M_2)로부터 반사되는 광의 위상과 180° 다르도록 선택된다. 이 변조기의 반사도(r_{slm})는 식 1c에 의해 주어진다. 이것은 공동의 반사도가 2개의 미러로부터 반사의 간섭을 방해하는데 기인하여 감소되는 협대역 광학 동조를 일으킨다. 장치의 작동파장이 이들 광학 동조와 일치되어야 하며 상기 동조는

ASFPE의 구성으로 정해진다.

<86> 제로로 인가된 전계의 초기 상태에 있어서(여기서 T_{MQW} 는 약 1), FPE 동조 파장에서 변조기로부터 반사되는 광세기는 미러(M_2)의 보다 높은 반사도에 기인하며, 그 결과 식 1c에서 제로가 되지 않는다.

<87> 세기 및 위상 변조기에 대하여, 변조는 MQW 구조에 외부 전계를 인가함으로써 얻어지며, 그것은 투과율 T_{MQW} 를 변화시킨다. QW층에 있어서, 가해진 전계는 FPE 동조 파장과 일치하여 피크 여기자 흡수 파장을 쉬프트시킨다. 변조기의 오프-상태, 즉 $R=0$ 은 전달도 T_{MQW} 가 다음 관계식에 의해 주어진 값 T_{off} 로 감소되는(또는 미러 반사도가 조절되는) 경우에 얻어진다:

$$T_{off} = (R_1/R_2)^{1/2} \quad \text{식 1e}$$

<89> 여기서 미러의 반사도는 식 1c에서 계산기가 제로로 가도록 초기 비대칭 에탈론으로 효과적으로 밸런스된다. 반사세기는 -1로서 위상 조건 P를 미리 선택하여 감소되는 것을 알 수 있다. T_{MQW} 를 추가로 감소시키는 것은 R이 다시 제로가 되게 하지만 반사된 광의 위상은 T_{MQW} 가 최대가 될 때의 위상으로부터 180° 쉬프트되게 한다. 이것은 T_{MQW} 의 감소가 r_{sim} 이 다시 제로가 되지 않도록 미러(M_2)로부터 반사를 효과적으로 제거하거나 그 반사도를 감소시킨다는 것을 인식함으로써 식 1c로부터 이해될 수 있다. $T_{MQW}=1$ 에서 $T_{MQW}=0$ 으로의 전이는 반사광에서 180° 의 위상 쉬프트에 상응하는 r_{sim} 에서 사인의 변화를 초래한다. 일반적으로, 반사광의 위상은 다음 관계식에 의해 주어진다:

$$\theta = \arg \left[\frac{\sqrt{R_1 - T\sqrt{R_2}}}{1 - T\sqrt{R_1 R_2}} \right] \quad \text{식 1f}$$

<91> 따라서, 변조기는 3개의 상태, 즉 고 반사, 제로 반사, 및 180° 의 위상 쉬프트를 갖는 고 반사를 갖는다.

<92> 세기 변조기에 있어서, 미러(M_1)의 반사도(R_1)는 바람직하게는 $T_{MQW}=T_{off}$ 인 경우에 변조기의 반사도(R)가 제로가 되도록 선택된다. 여기서, 세기 및 위상 변조기 양쪽에 대하여, T_{off} 는 양자 웰층의 절반에 걸쳐 바이어스를 인가함으로써(작동 파장에서) 얻어질 수 있는 최소 전달 상태이다. 이것은 고 전달 상태, 즉 $T_{MQW}=T_{on}$ 인 경우에 가장 높은 반사도를 변조기에 제공한다. 제로-바이어스 여기자 파장보다 긴 작동 파장 10nm를 갖는 80개의 100-Å 양자 웰에 있어서, T_{on} 은 약 1이고 T_{off} 는 약 0.5이다. 이러한 제 1미러의 반사도에 대한 최적값은 다음 관계식에 의해 주어진다 :

$$R_1^{1-opt} = T_{off}^2 \cdot R_2 \quad \text{식 2a}$$

<94> 상기 식은 식 1c로부터 얻어진다. $R_1=R_1^{1-opt}$ 의 값에 대하여 외부 전계가 인가되는 경우, 변조기의 반사도는 다음 관계식에 따라 $R=0$ 과 $R=R_{on}$ 사이의 범위에 놓여 있다 :

$$R_{on} = R_2 \left(\frac{T_{off} - T_{on}}{1 - T_{on}\sqrt{R_1 \cdot R_2}} \right)^2 \quad \text{식 2b}$$

<96> 세기 및 위상 변조기에 있어서, 미러(M_2)의 반사도(R_2)는 T_{MQW} 가 최대인 경우에 가장 큰 광학 처리량을 생성하도록 가능한 한 높아야 한다. M_1 이 다층 유전체 미러인 경우에, 반사도는 층수 및 층 종류 사이의 굴절률의 정확한 조합을 선택함으로써 바람직한 값으로 조절될 수 있다.

<97> 실제로, 미러(M_1)의 층 조성 및 두께의 부정확함은 R_1 이 최적 반사도 R_1^{1-opt} 와 다르게 되는 원인이 된다. 변조기의 적당한 작동을 보장하기 위하여(즉, 바이어스가 인가된 경우 제로 반사도 지점에 이른다), 덜 엄격한 조건 $R_1 \geq R_1^{1-opt}$ 이 충족되어야 한다. 미러(M_1)는 R_1 이 R_1^{1-opt} 보다 몇 퍼센트 높도록 설계될 수 있으며, 그것에 의해 $R_1 \geq R_1^{1-opt}$ 이 보장되어 변조기는 구조에 있어서 약간의 변화로 적당히 작동할 수 있다.

<98> 제 2도에서 설명한 배열은 2진 위상 변조기(binary phase-only modulator)로서 사용될 수 있으며, 2개의 위상 상태는 각각 최대 및 최소 전자 광학층 투과 상태(T_{on} , T_{off})에 상응한다. 최적의 2진 위상 변조기에 있어서, 장치 파라미터는 2개의 위상 상태에서 동일한 반사 세기(식 1d에서 R_{SLM})를 제공하기 위하여 선택되며, 이 반사 세기는 가능한 한 커야한다. 이 요건들을 충족하는 반사도(R_1)에 대한 최적값은 다음 관계식에 의해 주어진다:

$$R_1^{\phi-opt} = \frac{[1 + T_{on} \cdot T_{off} \cdot R + (1 - T_{off}^2 R_2)^{1/2} (1 - T_{on}^2 \cdot R_2)^{1/2}]^2}{[R_2^{1/2} \cdot (T_{on} + T_{off})]^2} \quad \text{식 3a}$$

<100> $R_1 = R_1^{\phi-opt}$ 의 값을 가진 변조기는 MQW구조의 저 및 고 흡수상태 사이에 180° 의 위상 쉬프트

를 발생시킨다. 이들 두 상태에서 이같은 이진 변조기의 세기 반사도는 다음과 같은 관계식에 의해 주어진다.

$$R_{on} = R_{off} = \left[\frac{R_1^{1/2} - T_{off} \cdot R_2^{1/2}}{1 - T_{off} \sqrt{R_1 \cdot R_2}} \right]^2 \quad \text{식 3b}$$

<102> 여기서 R_{on} , R_{off} 은 각각 0° 및 180° 위상상태에서의 세기 반사도이다.

<103> 사실상, $R_{on}=R_{off}$ 가 되도록 위상 변조기의 균형을 유도하는 조건 $R_1 = R_1^{\phi - opt}$ 은 미러(M_1)에서 층의 두께 및 구성의 부정확성으로 인해 정확하게 충족되지 않는다. 이러한 위상 변조기에서, 이같은 예러에 의한 불균형은 두 개의 위상상태에서 전기 바이어스를 조절함으로써 보상될 수 있다.

<104> $R_1 = R_1^{\phi - opt}$ 의 경우에, 최종 반사도는 불균형을 이루어, $R_{on} > R_{off}$ 가 된다. 이같은 경우에, 변조기는 온 상태에서 두 개의 미러 사이에 흡수성을 증가시킴으로써 균형을 이룰 것이다. 흡수성의 이같은 증가는 장치내의 모든 화소에 공통 바이어스를 인가함으로써 달성될 수 있다. 작은 바이어스가 화소에 인가됨에 따라(여기서 "작은"은 예를들어 0 내지 50%의 V_{off} 이다), 여기자 흡수성의 조절은 MQW층의 투과가 동작 파장에서 감소되게 하며, 이는 R_{on} 가 R'_{on} 로 떨어지게 한다(여기서 $R'_{on} < R_{on}$). $R'_{on}=R_{off}$ 가 되도록 하는 공통 바이어스 V_{on} 의 조절은 장치가 균형을 이루게 한다. 선택된 화소에 부가 바이어스 $V'_{off}=V_{off}-V_{on}$ 의 적용은 이들 화소가 180° -반사-위상상태로 스위치되게 한다. 위상 변조기는 동일 반사 세기 및 180° 위상 쉬프트를 가진 두개의 바이어스 점 V'_{on} 및 V_{off} 사이에서 동작한다. 공통 바이어스 V'_{on} 는 어레이의 접지평면에서 전위를 제공함으로써 모든 화소에 공급될 수 있다.

<105> $R_1 = R_1^{\phi - opt}$ 의 경우에, 최종 반사도는 불균형을 이루어, $R_{on} < R_{off}$ 가 될 것이다. 이 경우, 변조기는 오프 상태에서 MQW 흡수성을 떨어뜨리는 V_{off} 바이어스를 감소시킴으로써 균형을 이룰 수 있어서, R_{off} 를 감소시킨다.

<106> 위상 및 세기 변조기에서, SLM의 균형을 이루기 위한 바이어스 전압의 조절은 바이어스 전압이 변화함에 따라 MQW 층(동작 파장에서)을 통해 투과와 단계적 강하를 유발하는 QW 여기자 흡수성의 본래의 라인폭을 이용한다. 만일 고유 라인폭이 충분이 넓지 않거나 또는 극저온 온도에서 동작중 여기자가 매우 좁아진다면, MQW 흡수성의 유효폭은 모든 QW의 결합된 흡수성이 유리하게 확장된 흡수특성을 형성하도록 하는 폭의 분포를 포함하는 MQW층을 동일한 폭의 QW를 포함하는 MQW층과 교환함으로써 증가될 수 있다.

<107> 이진 위상 변조기의 두 위상 상태 사이에는 앞서 기술된 세기 변조기에서 처럼 제로-반사도 상태이다. 따라서, 이진 위상 변조기는 상태 $\theta = 0^\circ$, $R = 0$ 및 $\theta = 180^\circ$ 를 가진 3개의 상태(tri-state) 장치이다.

<108> 제 2도와 관련하여 앞서 기술된 원리는 분자빔 에피택시와 같은 표준반도체 성장을 사용하는 실제 장치 및 가공 기술에 적용될 수 있다. 실제 장치는 이하에 기술되며, 이 장치의 구조는 비록 다른 반도체 물질이 사용될 수는 있지만, AIAs, GaAs, AlGaAs, InAlGaAs 및 InGaAs의 층으로 이루어진다.

<109> 앞서 기술된 것처럼, 미러(M_1)는 다층 유전체 미러이며, 미러(M_2)는 장치의 전기 접촉부중의 하나로 작용하며 처리중인 화소 설계 에칭 동안 각각의 화소를 한정하기 위해 사용될 수 있는 금속 표면 미러이다. 일반적으로, 각각의 화소는 진성층(intrinsic layer) 아래로 트렌치를 에칭함으로써 형성되어, 전기적으로 절연된 구조를 형성한다. 미러(M_2)는 다층 유전체 에러로서 제조될 수 있으나, 금속은 에피택셜 성장구조의 두께 보정후에 용이하게 제공될 수 있기 때문에 현재 더 유리하게 보이며, 그것의 전기 도전성은 장치에 전기적인 접속을 제공한다. 전기적인 접촉으로서 인듐범프를 사용할때, 미러를 형성하는 금속(M_2)(전형적으로 금)은 미러 금속을 가진 인듐의 내부확산을 막기 위해서 제 2금속(예를들어, 니켈)로 코일된다.

<110> 제 3도는 본 발명에 따른 세기 변조기(110)의 다층 구조의 개략적인 블럭도를 도시한다. 세기 변조기(110)는 약 940nm의 파장에서 동작하며, GaAs기판(140)은 투명하다. 따라서, 광은 기판을 통해 들어오며(도면의 하부) 이전에 기술된 것처럼 윗층에 의해 형성된 ASFPE구조로부터 반사한다. 전형적인 도핑 레벨은 도면에 나타난다. 제 3도에 도시된 구조는 본 발명에 따른 한 종류의 변조기 구조에 대한 일 실시 예이며, 이 구조에서 층 두께 및 조성은 넓은 범위의 값으로 변화될 수 있다.

<111> 활성 광층(120)은 $\text{In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{As}$ 의 80.5 주기의 선택적인 100\AA 넓이의 웰층 및 $\text{In}_{0.0746}\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.6254}\text{As}$ 의 50\AA 넓이의 장벽층을 가진 양자 웰 변조기 섹션(122)으로 구성된다. 또한, 활성 광층(120)은 $\text{In}_{0.122}\text{Al}_{0.494}\text{Ga}_{0.384}\text{As}$ 의 67주기의 선택적인 56\AA 넓이 웰층 및 $\text{Al}_{0.563}\text{Ga}_{0.437}\text{As}$ 의 19\AA 넓이 장벽층을 가진 변형 층 초격자 섹션(124)을 포함한다. 변형 층 초격자 섹션(124)은 기판 및 유전체 미러의 결정격자와 QW층의 약간 다른 결정격자 사이에 유리한 인터페이스를 제공한다.

<112> 부분적으로 반사미러(130)(M_1)는 편리하게 각각 $\lambda/4$ 두께를 가진 GaAs 및 AIAs의 6.5주기의 선택적인 층으로 만들어지며 5000\AA 의 두께를 가진 GaAs의 간편한 버퍼층상에 배치된다. 기판은 GaAs이며, GaAs가 투명하지 않은 보다 짧은 동작 파장에서 기판 및 버퍼 층은, 예를들어 기계적인 폴리싱 및/또는 화학적 에칭에 의해 제거될 수 있다. 이같은 방식으로, 변조기는 광대역 파장에서 동작할 수 있으며 광대역 재료 및 재료 구조로 제조될 수 있다. 적절한 에폭시 수지는 에피택셜 구조에 부가적인 힘을 제공하기 위해서 인듐 범프 결합 주위에 바람직하게 제공되어, 제거중 손상을 막을 수 있다.

<113> 미러(135)(M_2)는 이 구조의 표면에 적용된 금 또는 금 합금의 층이며, 각각 20\AA 두께를 가진

$\text{In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{As}$ 및 $\text{In}_{0.0746}\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.6254}\text{As}$ 의 약 80주기의 교번층을 포함하는 p-도핑 에칭 조절층(137)에 의해 활성 광층(120)으로부터 분리된다. 에칭 조절층은 이하에서 더 기술된 변조기의 전체 두께를 조절하며 반도체 처리 변화를 보상하기 위해 부분적으로 제거될 수 있다. n형 접촉층(145)을 사용하여, 변조기(110)는 P-I-N 다이오드 구조를 가지며, 이같은 구조는 고전압/고전류 바이어스원을 필요로 하지 않고 충분히 큰 전계가 활성 광층에 공급될 수 있게 한다. n도핑 에칭 조절층 및 p형 접촉층이 대신 사용될 수 있다. 이 기판은 상기 두꺼운 층의 자유 캐리어로 인해 가능한 흡수성을 감소시키도록 진성이다.

<114> 변조기에 걸린 전계는 상부 금속 접촉부(135) 및 도핑된 전도기판(140)사이에서 역바이어스 전압을 인가함으로써 발생된다. 인가된 전계는 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$E = V_{\text{바이어스}}/t_{\text{진성}} \quad \text{식 4}$$

<116> 여기서 $t_{\text{진성}}$ 는 도핑되지 않은 층, 예를 들어 활성 광층(120) 및 다층 유전체 미러(130)의 두께의 합이다.

<117> MQW층 및 GaAs기판의 격자상수의 부정합으로부터 발생할 수 있는 InGaAs/InAlGaAs MQW구조의 잔류 물질 변형을 피하는 것은 중요하다. 잔류물질 변형은 장치가 동작할 때 광 분산 및 위상 왜곡을 유발하는 웨이퍼 표면상의 크로스-해치(cross-hatch) 토포그래피 패턴을 발생시켜서, 세기 변조기에 대한 예상된 온:오프비율보다 낮아지게 할 수 있다.

<118> 제 3도에 도시된 변형층 초격자(124)는 기판의 격자상수 및 양자 웰 물질의 격자상수 사이의 차이를 수용하기 위해 설계된다. 이것은 양자 웰층에서 요구된 것보다 큰 격자상수를 가진 한 세트의 초격자를 성장시킴으로써 달성된다. 이같은 세트의 초격자는 보통의 격자간격 및 하부 GaAs기판은 간격 사이의, 중간 격자상수로 성장하는 동안 느슨해진다. 변형층 초격자는 이같은 중간 격자상수가 InGaAs/InAlGaAs물질에 대한 보정 격자상수이도록 설계된다.

<119> 제 4도는 제 3도에서 처럼 제로 바이어스 변조기를 위해 약 850nm 및 1050nm 사이의 파장에 대해 실험적으로 결정된 반사도를 도시한다. 이 측정치는 변조기의 기판측에서 취해진다. 제 4도에서, 실선은 금속 미러(135)가 배치된, 후 측정된 스펙트럼이며, 점선은 미러(135)가 배치되기 전의 스펙트럼이다. 여기서 중요한 스펙트럼의 두가지 특성은 각각 화살표에 의해 지시된 양자-웰 여기자 흡수성 피크 및 ASFPE 동조이다. 변조기가 고정된 ASFPE 동조 파장에서 동작해야 하며 양자 웰에 의한 중요 변조가 여기자 흡수 피크보다 대략 파장이 10nm 길 때만 얻어지기 때문에, 이들 두 특성의 상대 위치는 중요하다.

<120> 제 5도는 층 두께의 에러 때문에 양자 여기자 파장(λ_{ex}) 및 광 공명파장($\lambda_{\text{공명}}$)에서 계산된 쉬프트를 도시한다. 양자-웰 여기자 흡수 피크가 층 두께에 의해 천천히 쉬프트되기 때문에, 층 두께에서 몇 퍼센트의 정확도는 소정 파장에서 이같은 특성을 확인하기에 충분하다. 대조적으로, 미러(M_1) 반사 피크 및 FPE 동조 파장 모두는 층 두께에 비례하여, 여기자 파장보다 더 빠르게 쉬프트된다. FPE 동조가 M_1 미러 동조의 대역폭보다 더 좁은 대역폭을 가지기 때문에, 그것은 3개의 두께 종속 특징중 가장 중요하다. 0.1%의 정확도는 소정 파장에서 이같은 특성을 배치시키기 위해 요구된다. 이같은 정확도는 본 반도체 성장 기술에서 이용되지 않는다. 요구된 정확도로 FPE 동조 파장을 배치시키기 위해, 캡 층(137)은 장치의 전체 두께가 요구된 것보다 크도록 소모성 에칭 조절층을 포함하며, 제 2미러의 이상적인 위치는 캡 층(137)내에 놓인다.

<121> 변조기 구조의 성장후, 반사도 스펙트럼이 측정될 수 있으며(웨이퍼의 어느 한측면으로부터) 초과 스페이스 층은 이상적인 FPE 동조 파장에 도달할 때까지 에칭된다. 제 6 도는 각각 6초간의 주기동안 약한 화학 에칭이 반복된 후 제 3 도(양자 웰을 가지지 않는)에서 도시된 것과 유사한 구조의 상부 측면으로부터 얻어진 8개의 반사도 스펙트럼을 도시한다. 임의의 에칭전에, FPE 동조 파장은 약990nm이고, 7 번의 6초 에칭후에, FPE 동조 파장은 목표된 940nm 이다.

<122> 제 7도는 에칭 시간의 함수로서 FPE의 두 개의 순서동안 동조 파장의 변화를 도시한다. 곡선의 기울기는 에칭이 필요한 정확도로 FPE 동조 위치에 사용될 수 있는 잘 제어 가공된 것을 나타낸다. 그것은 실제의 변조기에 대하여, 금속 미러가 제 4 도에서 도시된 바와 같은 광학 동조 피크를 쉬프트하는 위상 쉬프트(예를 들어, 금에 대해 130°)를 생성하기 때문에 FPE 동조가 최종 소정 파장에 배치되지 않는다는 것을 알 수 있다.

<123> 에칭 조절 가공은 금속이 M_2 에 인가되기 전에 행해지기 때문에, 금속(제 4 도에서 도시된 쉬프트에 의해 설명된 바와 같이)에 의해 유발된 Φ_2 (식 1a 참조)에서의 변화는 조절 가공동안 참작되어야 한다. 위상 쉬프트는 하기 식5를 사용하여 계산된다.

$$\Delta \Phi = \arctan \left[\frac{2 \cdot n_1 \cdot k_2}{n_1^2 - n_2^2 + k_2^2} \right] - 180^\circ \quad \text{식 5}$$

<125> 여기서, n_1 = GaAs의 굴절률($n_1=3.4$) ;

<126> n_2 =금 속의 굴절률의 실수부 ; 및

<127> K_2 =금속 굴절률의 허수부이다. 금에 대해, 파장 $\lambda = 940\text{nm}$, $n_2 = 0.174$ 및 $K_2 = 5.69$ 에서 $\Delta \Phi = -139^\circ$ 의 위상 변화를 초래한다. 동조 대응 쉬프트는 ;

$$\Delta \lambda_{\text{금속}} = \lambda^2 \frac{\Delta \Phi}{4\pi \sum t_k \cdot n_k} \quad \text{식 6a}$$

<129> 으로 주어지는데, 제 3도에서 $\lambda=940\text{nm}$ 인 구조의 경우에, 상기 계산된 위상 변화에 대하여 약

25nm의 파장 쉬프트를 발생하게 된다. 실제로, 수정은 두개의 공동 모드 (λ_1, λ_2) 사이의 간격을 측정하는 것으로 대개 계산된다. 따라서, 파장 쉬프트는 아래와 같고

$$\Delta \lambda_{\text{공동}} = \frac{\Delta \Phi}{2\pi} |\lambda_1 - \lambda_2| \quad \text{식 6b}$$

<131> 동작 파장이 양자 웰 여기자의 위치보다 더 긴 약 10nm이기 때문에, 여기자(λ_{ex})의 위치는 2개의 동조 라인에 따라 측정되고, 따라서 상기 구조는

$$\lambda_{\text{타겟}} = \lambda_{ex} + 10nm - \Delta \lambda_{\text{공동}} \quad \text{식 7}$$

<133> 로 주어진 타겟 파장($\lambda_{\text{타겟}}$)에 배치될 때까지 에칭된다.

<134> 제 8도는 파장 940 nm에서 동작하는 상기 SLM장치의 이미지를 나타낸다. 이 장치는 제 3도에 도시된 에피택셜 구조를 갖는 GaAs 기판상의 50 μ m 중심에서 16 \times 16 화소 어레이로 이루어진다. 광 어레이는 콜드 솔더링을 통해 실리콘 구동회로의 출력 패드상의 해당 인동 범프에 결합되는 각각의 화소에서의 하나의 인동범프와 함께 인동범프의 어레이를 통해 실리콘 구동회로에 결합된다. 광 어레이와 구동기에서 범프의 16 \times 1행은 공동 n-접촉 접속을 제공한다. 구동기 회로에 대한 입력은 전압 공급, 제어 및 클럭 입력과 관련하여 16 디지털 데이터 라인에 의해 제공된다. SLM상의 16 \times 16 패턴은 초당 100,000 프레임 이상으로 변경될 수 있다.

<135> 본 발명의 다른 실시예는 제 3에 도시한 ASFPE-MQW 변조기에 필요한 변형층 초격자 (124)를 이용하지 않는다. 제 9A도 내지 제 9C도에 도시한 바람직한 실시예는 MQW 구조에서 인동을 필요로 하지 않는 더 짧은 파장에서 동작한다. 이 설계는 GaAs 기판 재료에 완전히 격자 정합되고, 따라서 이 설계는 장치 성능을 열화시킬 잔여 변형(residual strain)을 갖지 않으며 변형층 초격자를 필요로 하지 않는다. 짧은 파장에서 GaAs 기판의 흡수를 제거하기 위하여, GaAs 기판은 후술하는 바와 같이 제거되고 투명한 재료로서 대체된다.

<136> 제 9C도에 도시된 구조는 층 두께와 성분이 광역의 값에 걸쳐 변경될 수 있는 본 발명에 따른 변조기 구조의 종류 중 한 예이다. 제 3도의 단면에 대응하는 제 9A도 내지 제 9C도의 변조기의 단면은 소수로 된 참조숫자에 의해 식별된다. 예시적인 도핑레벨은 제 9C도에 나타내었다.

<137> 제 9B도에 도시한 변조기는 장치를 처리하는 동안에 완전히 제거되는 GaAs 성장기판 (140')과 에폭시층(165)에 의해 투명한 기판(155)에 결합되는 잔여 에피택셜층을 갖는다. 기판 제거와 대체를 성취하기 위하여, 구조는, 첨가된 2개 부가층(분리층 145 및 에칭 정지층 150)과 함께, 제 9도에 도시한 것처럼 순서 층으로 구조가 성장된다. 제 9C도에 도시한 바와 같이, 분리층은 예컨대 5000 Å 두께의 AlAs를 가지며, 에칭 정지층은 예컨대 500 Å 두께의 GaAs를 갖는다. 또한 n-형 접촉층(180)과 버퍼층(182)은 미러층(130')과 MQW 구조(122') 사이에 배치된다. 버퍼층(182)은 200 Å의 두께의 AlGaAs를 가지며 MQW층(122')에 제어된 인터페이스를 제공한다; 접촉층(180)은 125 주기의 20 Å 두께인 GaAs와 20 Å 두께인 AlGaAs를 교대로 구비하고, 이하에 더 후술된다. 또한 100 Å 두께인 GaAs 성장 캡은 다층 미러(130') 꼭대

기에 제공될 수 있다. 인접 미러층에 더한 성장캡은 총 광학적 두께 $\frac{\lambda}{4}$ 가 된다.

<138> 그리고 나서 웨이퍼는 제 10도에 도시한 바와 같이 투명한 기판 재료(155)로 에폭시된다. 새로운 투명기판(155)은 상부면에서 자외선 경화 에폭시(165)로 광학적 평면(185)에 배치된다. GaAs 웨이퍼(140')는 투명한 기판(155)상으로 성장 측면에 배치되고, 플레이트(190)와 탄성패드(195)를 이용하는 광학적 평면(185)쪽으로 압축된다. 이것은 새로운 투명기판(155)의 광학적 평평도를 유지하고, 또한 GaAs 표면이 새로운 광학적 평면인 기판면에 따르도록 한다.

<139> 새로운 기판(155)에 결합한 다음, 성장기판(140')은 에칭된다. 이 과정은 금속 점접 패턴(180 : 제 11A도)을 사용하여 성장된 웨이퍼 및 에폭시층(165 : 제 11B도)에 의해 투명기판(155)에 결합된 웨이퍼를 도시한 제 11A도 내지 제 11D도로서 요약된다. 약 50 μ m 내지 75 μ m의 GaAs 성장기판만이 남을 때까지 기판은 대략적으로 기계적으로 폴리싱되기 시작된다. 예를 들어 염소 표백 및 펠트 폴리싱 패드를 이용한 추가의 화학적/기계적인 폴리싱은 AlAs 분리층(145)에 도달될 때까지 이용된다(제 11C도). 따라서, 잔여 분리층 재료는 예를 들어, HCl 용액을 이용하여 화학적으로 에칭되며 새로운 구조의 표면에서 에칭 정지층(150)을 가진 새로운 투명기판(155)상에 에피택셜 MQW 구조를 남긴다(제 11D도), 최종 화학적 에칭이 에칭 정지층에서 정지하기 때문에, 이 과정은 MBE 시스템에서 성장된 거의 자동적으로 평평한 장치를 형성한다. 이 평평성은 층 두께 변화에 의해 야기될 수 있는 임의의 위상 왜곡을 제거한다. 이 과정은 투명한 기판에 결합된 에피택셜적으로 성장된 SLM구조의 박막(예, 2.5 μ m)를 생성한다. 이 결합된 구조는 층 두께의 에러에 대한 보정을 위해 조정되고 또한 전술한 바와 같이 SLM 장치로 처리된다.

<140> 또한, 이 공정은 에피택셜 구조의 양측을 처리할 수 있다. 제 11A도에 지시한 바와같이, 금속 점접층(180)은 새로운 기판(155)에 결합되기 앞서서 성장 웨이퍼상에서 패터닝된다. 본 발명은 상기 점접이 에폭시가 견디기에 너무 높은 온도에서 열적으로 어닐링되어야 하기 때문에 n-접촉을 장치에 적용하기 위해 상기 기능을 이용한다. n-접촉(180)이 적용되고 결합전에 성장 웨이퍼로 어닐링됨으로써, 높은 n-접촉층에 전기적인 접촉을 제공하기 위한 후후 처리동안에 새로운 표면(제 11B도에 도시한 에칭 조절층 : 137')으로부터 어닐링된 n-접촉 아래로 에칭된다.

<141> 성장기판(140')을 제거하고 이 성장기판을 투명기판(155)으로 대체하는 이러한 공정은 여러가지 잇점을 갖는다. 이 장치는 더 짧은 파장에서 동작할 수 있으며 이때 실리콘 검출기가 더 효과적이고 다이오드 레이저는 더 용이하게 이용할 수 있다. 인동은 에피택셜층에서 필요없기 때문에 SLM의 on : off 율을 열화시킬 수 있는 변형 문제는 없다. 광학적으로 평면인 투명 기판이 이용될 수 있다(GaAs기판은 일반적으로 수 마이크로 미터의 표면 리플(ripple)을 갖는다). 웨이퍼는 결합중에 투명기판(155) 쪽으로 단단하

게 압축되기 때문에, 아교라인(165)은 매우 얇고(0.1 내지 0.2 μ m), 에피택셜 재료는 새로운 기판의 표면 프로파일을 얻는다. 극저온을 적용하는 경우에, 투명기판(155)은 실리콘에 전형적으로 제조되는 전자장치 구동 회로의 열팽창 계수를 정합하기 위해 선택될 수 있다. 이것은 열 사이클링으로 인한 결함을 피하는 큰 어레이를 제조할 수 있게 한다. 높은 전력을 적용하는 경우에, 열적 전도도가 높은 기판(155)이 선택됨으로써, 기판은 열싱크로서 이용될 수 있다. 다이아몬드와 사파이어는 극저온에서 열적 전도도가 높다.

- <142> 기판 대체 공정에 대한 추가적인 잇점은 광 대역 M, 미러를 제공하는 것이다. GaAs의 굴절률이 약 3.4이고 대체된 기판의 굴절률이 약 1.5이기 때문에, 둘 사이의 인터페이스는 고유 반사율 35%를 제공한다. 이 반사율은 거의 파장에 무관하다. M_1 에 대해 보다 더 높은 반사율을 제공하기 위해, $\frac{1}{4}$ 파장 미러 층이 필요할 경우 이 인터페이스에 추가 될 수 있다(제9C도 : 130'). 인터페이스 반사는 주어진 반사율을 성취하는데 필요한 층의 수를 감소시킨다. 이것은 총 7층을 가진 다층 미러와, GaAs-대-투명-기판 인터페이스에 추가하여 4층을 가진 미러의 계산된 반사율을 나타내는 제 12도에 도시되어 있다.
- <143> 양측 미러는 거의 동일한 피크 반사율을 갖는다. 미러 반사 대역폭이 층의 수에 따라 감소되기 때문에, 제 2 구조는 보다 넓은 대역의 미러를 형성한다. 이 비교적 넓은 대역폭은 M_1 의 반사율이 동작 파장에서 떨어지기 전에 층 두께에서 더 큰 변형을 허용한다. 이미 논의한 바와 같이 좁은 공동 동조는 층 두께 변화에 관련하여 가장 중요한 특성이지만, 이 특성은 조정될 수 있다. 미러(M_1)가 성장층에 고정되고, 초기 성장에러를 허용할 수 있는 만큼 광 대역이 되도록 하는 것에 중요하다.
- <144> 제 13도는 860nm의 파장에서 동작하는 상기 장치의 이미지를 나타낸다. 이 장치에 통합된 투명기판은 융합된 석영이다. 광 어레이는 실리콘 구동회로에 결합되고 기술한 바와 같이 상기 장치용으로 동작한다.
- <145> 본 발명의 기판을 제거하기 위한 과정은, 어플라이드 피직스레터, 51호, 2222-2224(1987. 12. 28.)페이지에서 E. 야브로노비치 등에 의해 저술된 " 에피택셜 GaAs필름의 리프트-오프에서 최대 선택률" 과, 제이, 크리스탈 성장 45호, 277-280 (1978)페이지에서 M. 고나가이 등에 의한 "피막 기술에 의한 고효율 GaAs 박막 솔다셀" 및 제이.어플라이드 피직스 45호, 3904-3906(1974. 9월)에서 F.스테른 등에 의한 " 반도체 레이저에서 포톤 리사이클링"에 논의 되어 있는 것과 같이, 현재의 기술 이상의 잇점을 갖고 있다. 최종 화학 에칭은 노출된 AlAs 분리층(145)만을 제거한다. 현재의 기술에서, 산에 장기간 담그는 것은 웨이퍼 측면을 에칭하기 위하여 이용된다. 이는 고농도 알루미늄을 포함하는 장치에서 어떠한 층이라도 에칭하여, 이러한 기술이 다층 유전체 미러(130')에 AlAs층을 사용하는 수직 공동 장치에 적합하지 못하도록 한다. 본 방법은 반사기의 AlAs층에 손상을 가하지 않고 SLM 구조상에 이용된다. 또한 본 발명의 기술에서, 에피택셜층은 자체적으로 지지되지 않아 결정 손상이 발생할 가능성이 적다.
- <146> 화소 단위로 전자 및 광학 구조를 집적하는 본 발명의 변조기는 넓은 공간 광 변조기에 대하여 매우 큰 충전 인자를 가진 매우 높은 프레임 비율을 가능하게 한다. 또한, 투명 기판의 이용은 범프 본딩 기술을 이용하여 간편하고, 신뢰성있고 경제적인 방식으로 장치를 제조할 수 있도록 한다.
- <147> 본 발명은 각각 응용이 넓은 광학 보정, 퓨리에 데이터 분석, 매트릭스 처리 및 그외의 광학 계산 등에 대한 광학 처리 시스템에 특히 유용하다. 본 발명의 SLM의 크기 및 속도는 상기 시스템이 유용한 속도에서 동작하도록 한다. 예를 들어, 광학 상관기(correlator)는 범죄 현장에서 발견된 지문을 매칭시키기 위한 지문 파일과 같이 입력 이미지에 매칭시키기 위한 이미지 라이브러리를 통하여 탐색할 수 있는 이미지를 비교하는 시스템이다. 본 발명에 의하여, 수만개의 이미지 비교가 초단위로 이루어질 수 있다.
- <148> 본 발명의 또다른 이용은 광학 데이터 저장 분야에 대한 것이다. 이러한 장치는 정보를 저장하기 위한 광학적으로 민감한 재료(예를 들어, 광학 디스크)에 광학 패턴을 인코딩하는 입력일 수 있다. 큰 고속 공간 광 변조기는 현재 광학 저장 시스템에 이용되는 직렬 데이터 입력에 비하여, 많은 양의 데이터를 가진 병렬 입력을 가능하게 한다.
- <149> 본 발명은 특정 실시예에 대하여 기술되었다. 그러나, 본 발명은 상기 실시예에 국한되지 않으며 본 발명의 원리는 다른 장치 및 방법에 구현 및 실행될 수 있다. 따라서, 본 발명은 상기 특정 실시예에 의하여 제한되는 것이 아니라 첨부된 청구범위에 의하여 권리범위가 한정된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

양자웰과 패브리-페롯 에탈론(Fabry-Perot etalons)을 포함하는 공간 광 변조기로서,

(A) 특정 에너지 범위 내의 광자에 투과성을 갖는 제1 조성(composition)을 가지며, 제1 굴절율을 가지는 투명 비반도체 유전체 기판과,

(B) 상기 투명 기판에 인접하는 공통 전기 접촉층 및 부분 반사 유전체 미러와, 상기 유전체 미러 및 공통 전기 접촉층의 제1층으로부터 이격된 상기 유전체 미러와 공통 전기 접촉층의 측면에 의해 지지되는 양자 웰 층과, 광학적으로 비투과성인 금속 미러층과, 상기 금속 미러층을 상기 양자 웰 층에 기계적 및 전기적으로 연결하는 수단을 각각 구비하는, 상기 특정 에너지 범위내의 상기 광자에 응답하는 복수의 변조기 화소를 더 포함하는 공간 광 변조기와,

(C) 복수의 개별 전기 구동신호를 발생시키는 구동 전자수단(drive electronics)을 포함하는 전자 섹션과,

(D) 상기 화소중 서로 다른 하나의 상기 금속 미러층에 상기 개별 전기 구동 신호 각각을 결합하도록, 상기 구동 전자수단, 상기 유전체 미러 및 공통 전기 접촉층의 상기 전기 전도층 및, 상기 변조기의 상기 화소들의 상기 금속 미러층에 결합된 커플링 수단을 구비하며,

상기 유전체 미러와 공통 전기 접촉층은,

(a)상기 투명 기판보다 높은 굴절율을 가지는 제1 반도체 재료의 제1층을 구비하고, 상기 제1 반도체 재료의 상기 제1층은 상기 투명 기판상에 고정적으로 부착되어 있어, 상기 투명 기판과 상기 제1 반도체 재료의 상기 제1층 사이의 접합부는 비교적 파장에 독립적인 미러이며,

상기 유전체 미러와 공통 전기 접촉층은 또한,

(b)적어도 그중 하나가 전기 전도성에 있는 복수의 부가층을 구비하며, 상기 부가층은 제2 반도체 재료와 상기 제1 반도체 재료의 교번층을 포함하고, 상기 제2 반도체 재료는 상기 제1 반도체 재료보다 낮은 굴절율을 가지며,

상기 양자 웰 층은 (a)특정 그라운드 에너지 상태를 가지는 제3 반도체 재료와, (b)상기 특정 그라운드 에너지 상태보다 더 높은 그라운드 에너지 상태를 가지는 또 다른 반도체 재료의 복수의 교번층을 포함함으로써, 상기 양자 웰 층은 복수의 양자 웰을 포함하는 것을 특징으로 하는 변조기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 반도체 재료는 GaAs이고, 상기 제2 반도체 재료는 AlGaAs인 것을 특징으로 하는 변조기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 투명 비반도체 기판 재료는 사파이어인 것을 특징으로 하는 변조기.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제3 반도체 재료는 GaAs이고, 상기 또다른 반도체 재료는 AlGaAs인 것을 특징으로 하는 변조기.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 유전체 미러 및 전기 접촉층의 상기 부가층들 중 상기 전기 전도층은 전기 전도를 강화시키도록 도핑된 것을 특징으로 하는 변조기.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 반도체 재료는 상기 투명 비반도체 기판보다 낮은 상기 특정 에너지 범위 내의 상기 광자에 대한 투과율을 가지는 것을 특징으로 하는 변조기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 전기 접촉층과 양자 웰 층 사이에 있는 진성 반도체 재료의 버퍼층을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 변조기.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 유전체 미러와 전기 접촉층은 상기 복수의 화소를 가로질러 연속적인 것을 특징으로 하는 변조기.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 전자 섹션은 상기 변조기의 상기 화소들의 상기 금속 미러에 물리적으로 인접하여 위치되어 있으며, 상기 변조기의 복수의 상기 화소와 같이 정합되어 있으며, 상기 화소들 중 대응하는 하나로부터 등거리인 복수의 구동신호 단자를 포함하며,

상기 커플링 수단은, 상기 대응하는 구동신호 단자들과 상기 변조기의 상기 화소들의 금속 미러 사이에서 연장하는 복수의 전기 전도성 본드를 구비하는 것을 특징으로 하는 변조기.

청구항 10

제2항에 있어서,

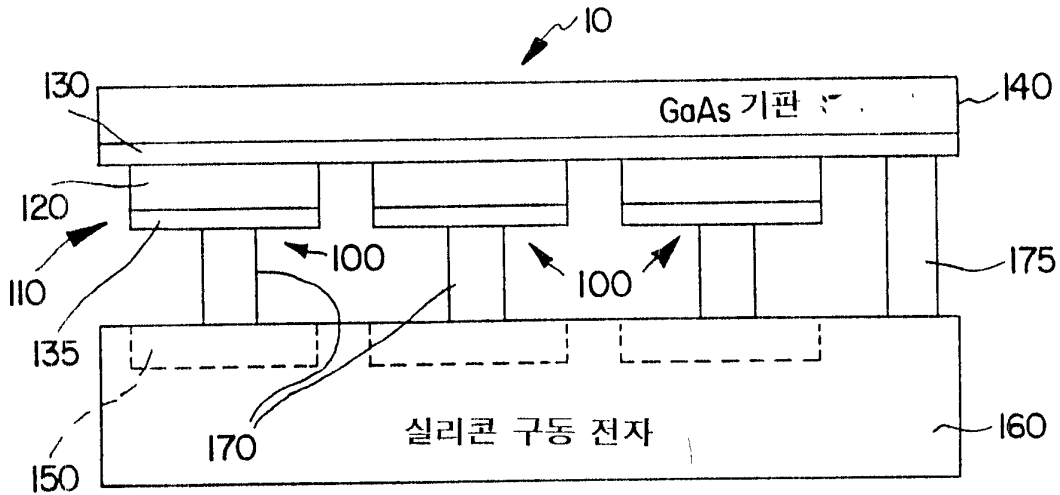
상기 양자 웰 층과 상기 유전체 미러 및 전기 접촉층 사이에 놓인 인터페이스층을 더 구비하고, 상기 인터페이스층은 상기 제1 및 제2 반도체 재료 중 하나의 적어도 한층을 구비하는 것을 특징으로 하는 변조기.

요약

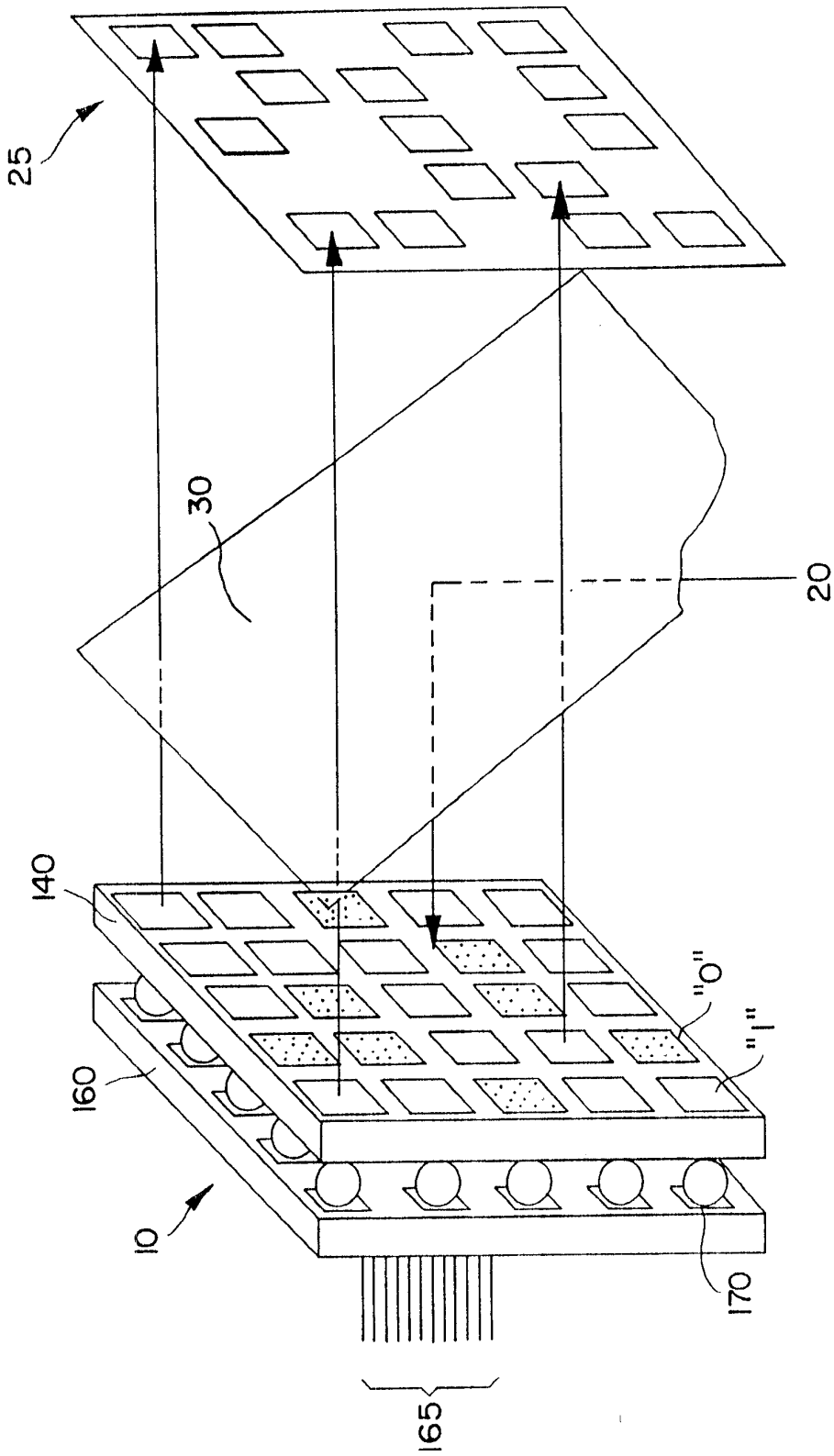
본래의 이미지로 이미지를 표현하는 한 세트의 전자 신호를 변환하기 위한 장치는 집적 회로(160)상에 배치된 구동 회로(150)의 2차원 어레이를 바탕으로 화소 단위에 접속된 광학 변조기를 바탕으로 비대칭 페브리 페룻(ASFP)(100)의 2차원 어레이(10)를 포함한다. 집적 회로(160)에 의해 수신된 전자 신호는 광학 변조기(100) 섹션을 가로질러 인가된 바이어스 전압을 변화시키기 위하여 화소 구동 회로(150)를 유발하여, 장치의 광학 변조기 섹션(110)의 광학 특성을 변화시킨다. 2차원 어레이는 어레이에 입사하는 본래의 레이저 광(165)의 빔에 세기만, 위상만, 또는 위상 및 세기 변화를 전달하기 위하여 사용된다. 이 본래의 이미지는 광학 가공 기계 및 광학 저장 장치를 형성하기 위하여 다른 광학 부품으로 사용된다.

도면

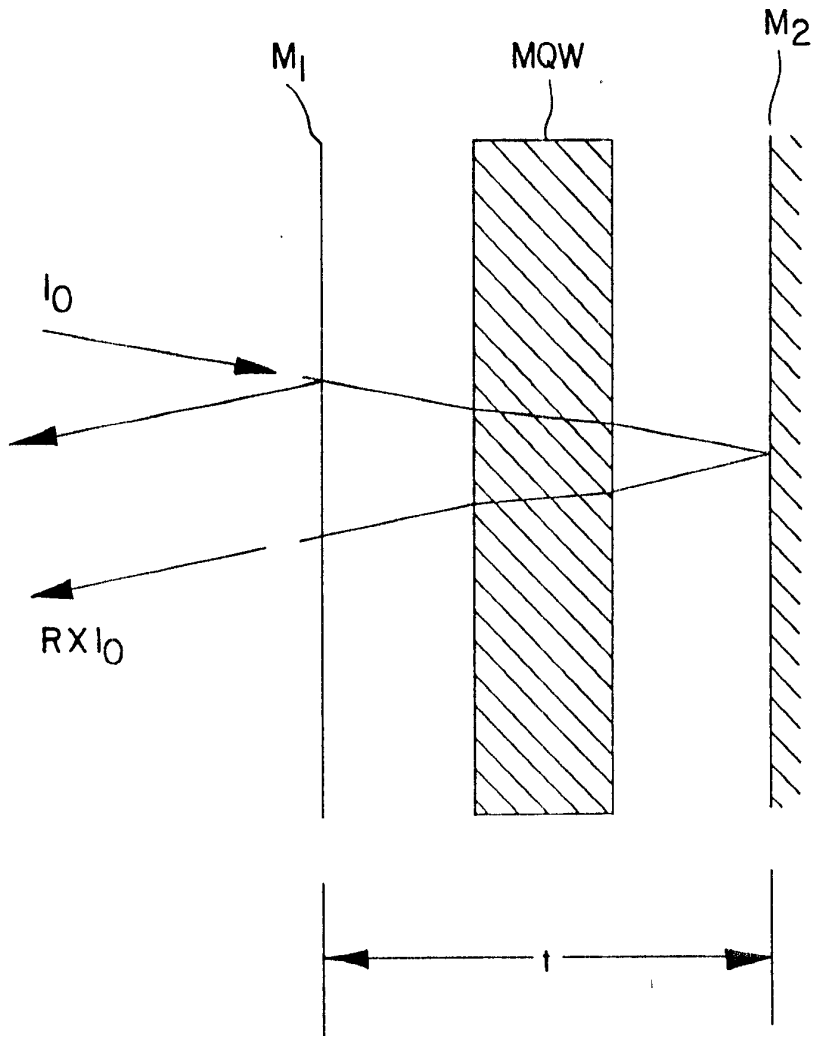
도면 1a



도면 1b



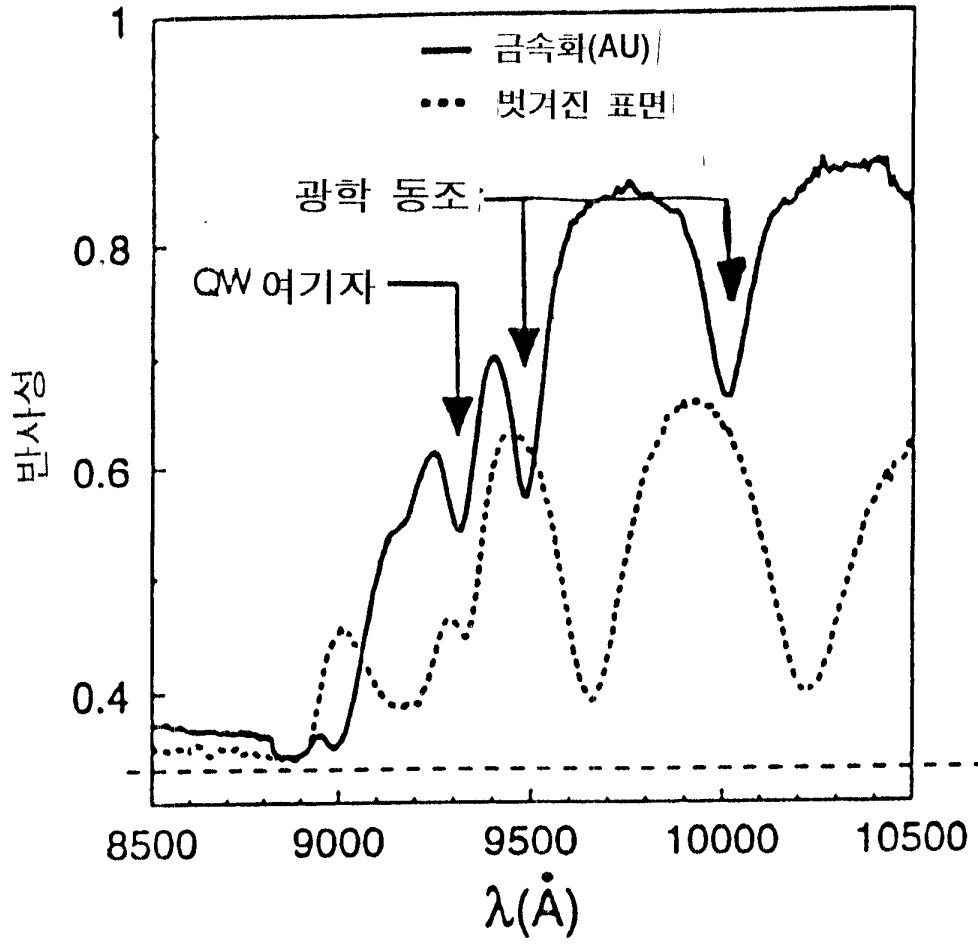
도면2



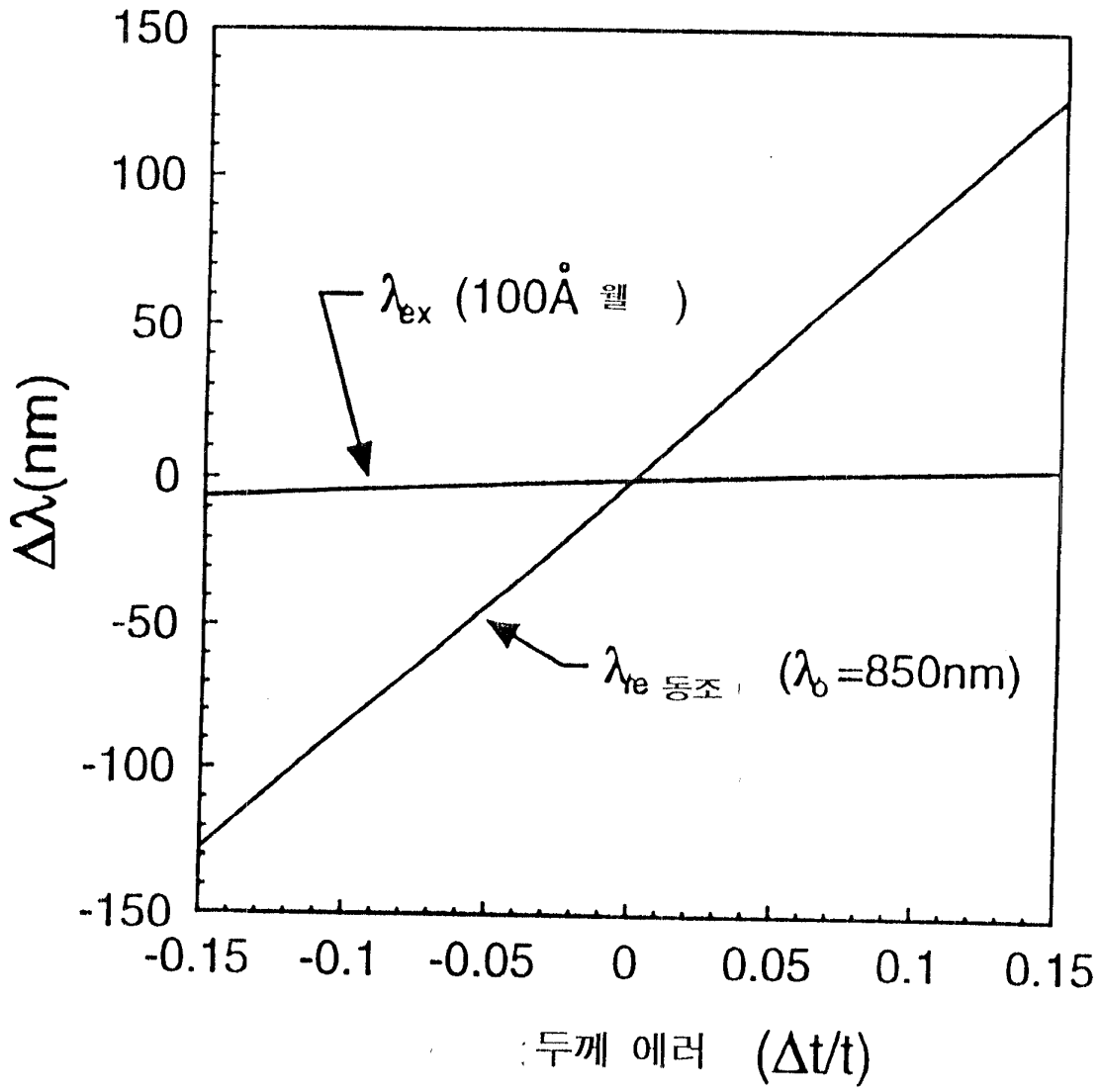
도면3

135	Au			
	성장 간격	100.0Å	In _{0.08} Ga _{0.92} As	p=1x10 ¹⁸
137	에칭 조절층 74x {	20.0Å	In _{0.08} Ga _{0.6254} As	p=1x10 ¹⁸
		20.0Å	In _{0.0746} Al _{0.30} Ga _{0.6254} As	p=1x10 ¹⁸
	비피 10x {	20.0Å	In _{0.08} Ga _{0.6254} As	진성
		20.0Å	In _{0.0746} Al _{0.30} Ga _{0.6254} As	진성
122	양자 웰 변조기 80x {	장벽 50.0Å	In _{0.0746} Al _{0.30} Ga _{0.6254} As	진성
		웰 20.0Å	In _{0.08} Ga _{0.6254} As	진성
		장벽 50.0Å	In _{0.0746} Al _{0.30} Ga _{0.6254} As	진성
124	변형 층 슈퍼레티스 10x {	SLS 장벽 19.0Å	Al _{0.563} Ga _{0.437} As	진성
		SLS 웰 56.0Å	In _{0.122} Al _{0.494} Ga _{0.384} As	진성
	변형 층 슈퍼레티스 57x {	SLS 장벽 19.0Å	Al _{0.563} Ga _{0.437} As	n=1x10 ¹⁸
		SLS 웰 56.0Å	In _{0.122} Al _{0.494} Ga _{0.384} As	n=1x10 ¹⁸
130	다중 층 미러 3x {	로우 793.7Å	AlAs	n=1x10 ¹⁸
		하이 664.6Å	GaAs	n=1x10 ¹⁸
		로우 793.7Å	AlAs	n=1x10 ¹⁸
141	비피	5000Å	GaAs	n=1x10 ¹⁸
140	기판		GaAs	진성

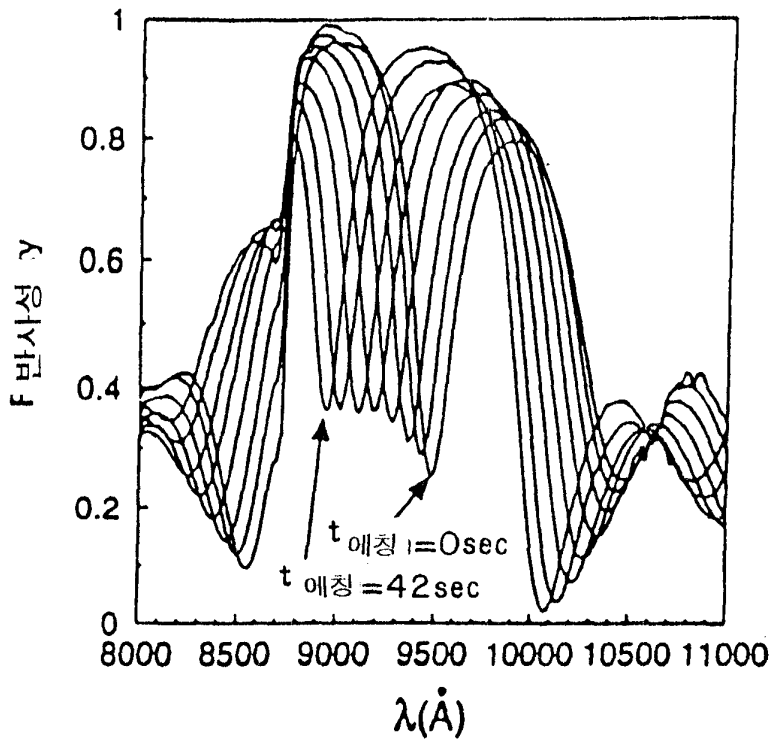
도면4



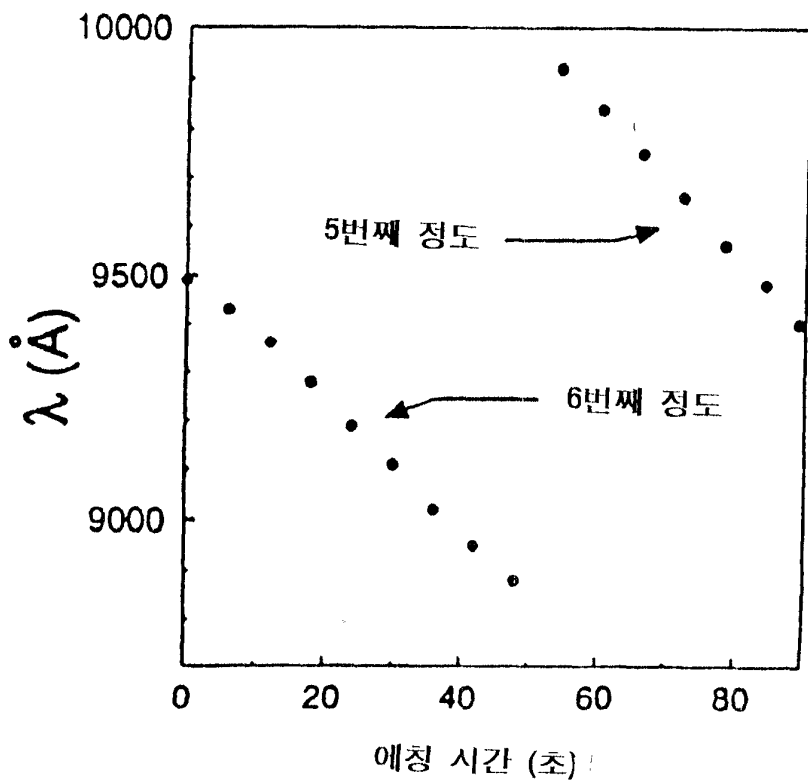
도면5



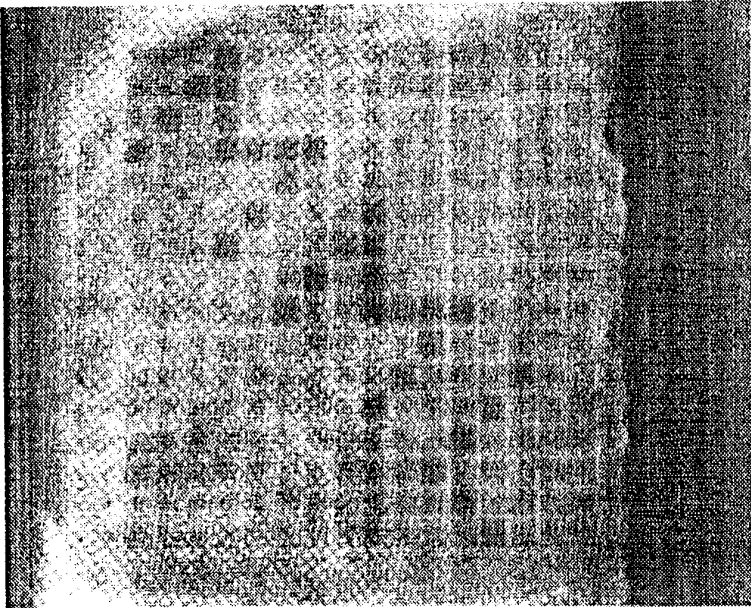
도면6



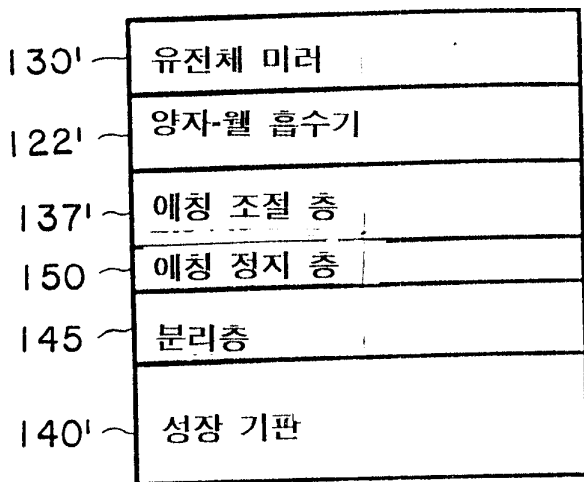
도면7



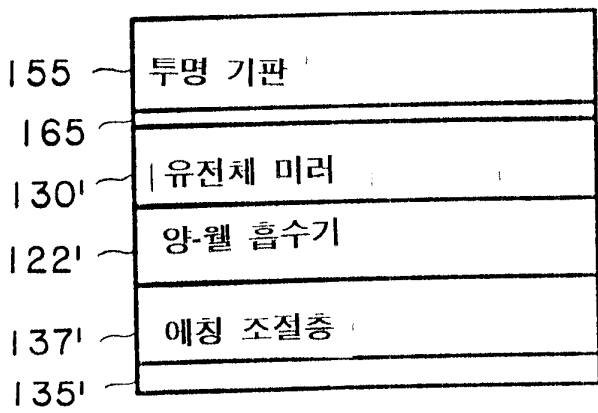
도면8



도면9a



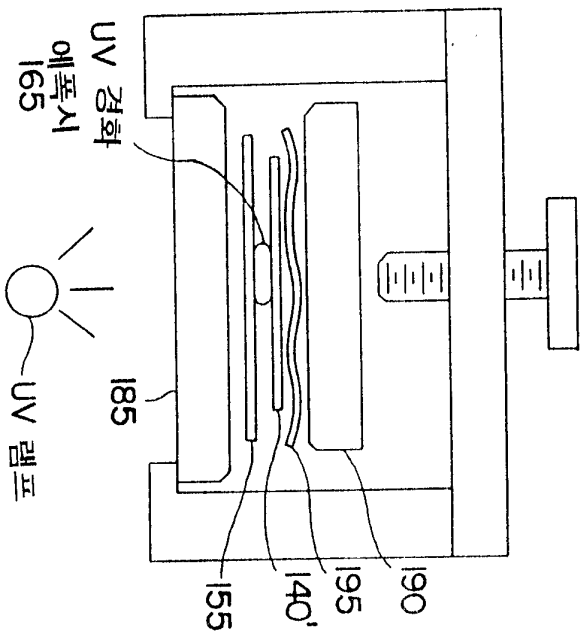
도면9b



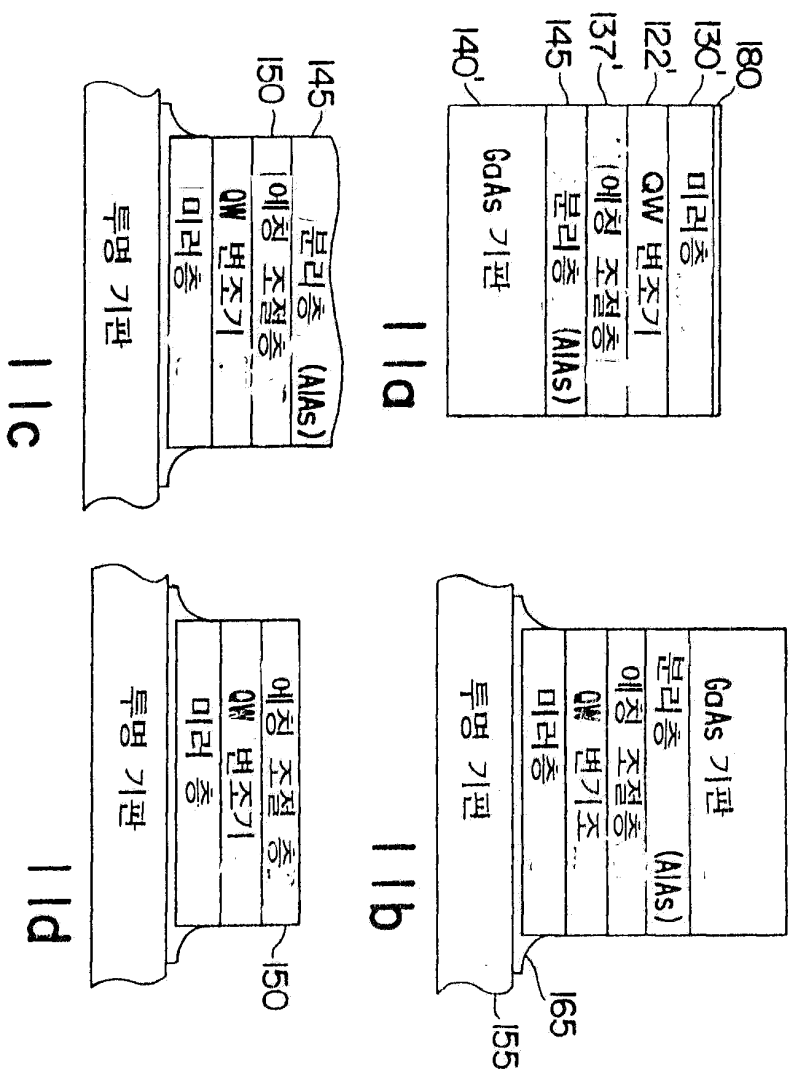
도면9c

	성장	100.0Å	GaAs	$n=1 \times 10^{18}$
130	미러			
	하이 인덱스	534.3Å	$\text{Al}_3\text{Ga}_7\text{As}$	$n=1 \times 10^{18}$
	로우 인덱스	748.3Å	AlAs	$n=1 \times 10^{18}$
	하이 인덱스	641.7Å	$\text{Al}_3\text{Ga}_7\text{As}$	$n=1 \times 10^{18}$
	로우 인덱스	748.3Å	AlAs	$n=1 \times 10^{18}$
180	n-접촉			
	125x { 웰	20.0Å	GaAs	$n=1 \times 10^{18}$
	장벽	20.0Å	$\text{Al}_3\text{Ga}_7\text{As}$	$n=1 \times 10^{18}$
182	버퍼 R	200.0Å	$\text{Al}_3\text{Ga}_7\text{As}$	진성
122	양자 웰 변조기			
	80x { 웰	100.0Å	GaAs	진성
	장벽	50.0Å	$\text{Al}_3\text{Ga}_7\text{As}$	진성
	변조기			
	10x { 웰	20.0Å	GaAs	진성
	장벽	20.0Å	$\text{Al}_3\text{Ga}_7\text{As}$	진성
137	에칭 조절 층			
	80x { 웰	20.0Å	GaAs	$p=1 \times 10^{18}$
	장벽	20.0Å	$\text{Al}_3\text{Ga}_7\text{As}$	$p=1 \times 10^{18}$
150	에칭 정지	500.0Å	GaAs	
145	분리층	5000Å	AlAs	$p=1 \times 10^{18}$
140	비피	5000Å	GaAs	진성
	성장 기판		GaAs	

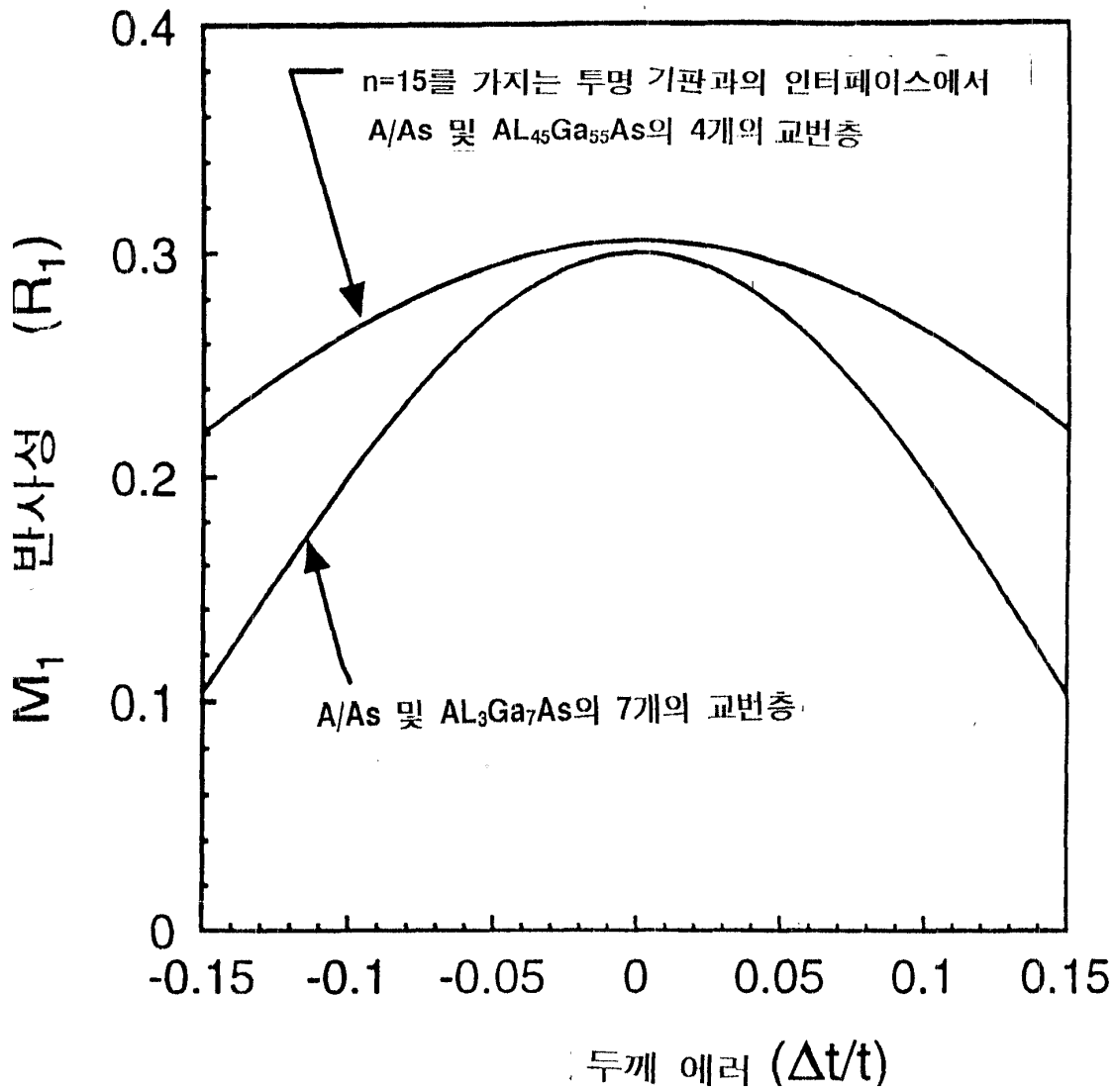
도면10



도면11



도면12



도면13

