(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[6]
G02F 2/02

(45) 공고일자 2003년11월28일
(11) 등록번호 10-0396628
(24) 등록일자 2003년08월21일

(21) 출원번호	10-1996-0704328	(65) 공개번호	특1997-0701375
(22) 출원일자	1996년08월09일	(43) 공개일자	1997년03월17일
번역문제출일자	1996년08월09일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1995/01569	(87) 국제공개번호	WO 1995/22080
(86) 국제출원일자	1995년02월07일	(87) 국제공개일자	1995년08월17일
(81) 지정국	국내특허 : 캐나다 일본 대한민국 중국 멕시코 EP 유럽특허 : 핀랜드		

(30) 우선권주장 08/193,979 1994년02월09일 미국(US)

(73) 특허권자 배 시스템즈 인포메이션 앤드 일렉트로닉 시스템즈 인티크레이션, 인크.
미국 뉴햄프셔 나슈아 스피트 브룩 로드 65 엔에이치큐01-719 피오 박스 868 (우:03061-0868)
(72) 발명자 아헤른, 존, 에스.
미합중국 21784 마릴랜드 시케스빌 스파웃 힐 로드 7307
리틀, 존, 더블유., 주니어
미합중국 21043 마릴랜드 엘리코트 시티 노브스 엔드 코트 4268
(74) 대리인 남상선

심사관 : 양재석

(54) 광변환장치및방법과이미지변환기

명세서

<1> 본 발명은 한 스펙트럼 영역의 이미지를 다른 스펙트럼 영역의 이미지로 변환하기 위한 반도체 양자 웰(quantum well : QW) 장치에 관한 것이다.

<2> 반도체 양자 웰 내의 강한 흡수 공진의 전계 의존도에 근거한 광범위한 전자-광학 장치에 대해 최근 많은 노력이 행해져 왔다. QW에서, 하나의 반도체 재료의 얇은 층이 상이한 재료의 클래딩 층 사이에 삽입되며, 상기 재료의 전자적인 특성은 (중앙 층 내의) 전위 웰이 (클래딩 층 내의) 전기적인 전위 배리어 사이에서 형성되도록 한다. 상기 QW의 100Å 정도의 미소한 두께는 상기 두께 방향에서 전하 캐리어 이동의 양자화를 초래한다.

<3> 또한, QW는 경-정공 및 중-정공(light- and heavy-hole) 엑시톤 (exciton)의 생성과 관련된 QW의 피크 광 흡수 파장이 인가된 전계에 응답하여 긴 파장으로 이동하는 양자-국한 스타르크(stark) 효과를 나타낸다. 이런 피크 엑시톤 흡수는 재료 불순물 및 포논(phonon)과 상호 작용하는 전자/정공에 기인한 한정된 스펙트럼 폭을 가지기 때문에, 피크에 근접한 파장에서의 투과율은 인가된 전계 변화에 따라 변한다. QW 장치의 여러 가지 특징은 본 명세서에 참고로 특별히 인용된, Little, Jr. 등에게 공동으로 양도된 미합중국 특허 제 5,047,822호에 개시되어 있다.

<4> 단일 QW는 대단히 얇기 때문에, 장치는 상당한 광학 효과를 얻기 위하여 전형적으로 다수의 QW, 예를 들면 50개를 적층함으로써 형성된다. 다중 양자 웰(multiple quantum well : MQW) 장치의 많은 특징은 1991년 캘리포니아 샌디에고, 아카데믹 프레스 인코퍼레이티드, C. Weisbuch 등의 양자반도체 구조를 포함하는 논문에 개시되어 있다.

<5> 간단한 MQW 장치는 흡수 변조기이며, 여기서 양자 웰의 엑시톤 흡수 에지는 인가된 전계를 변화시킴으로써 레이저와 같은 스펙트럼 협광원의 파장과 일치하게 이동된다. 그러므로, 전술한 바와 같이, 변조기에 의해 투과되거나 반사된 광세기는 인가된 전계 또는 바이어스 전압에 따라 변한다.

<6> 상기 흡수 변조기 중의 하나는, 양자-국한 슈타르크 효과보다는 오히려 와니어(wannier) 슈타르크 국부화에 기초할지라도, K.-K. Law 등의 "초격자에서의 와니어 슈타르크 국부화를 사용한 정상-오프 높은 대조 패브리-페로(fabry-perot) 반사 변조기", 응용 과학 잡지 제 56권, 1886 내지 1888쪽(1990. 5. 7) 및 K.-K. Law 등의 "100:1 이상의 스위칭비를 가진 초격자 비대칭 패브리-페로 변조기에 기초한 자기-전자-광학 장치", 응용 과학 잡지 제 57권, 1345 내지 1347쪽(1990. 9. 24)에 개시되어 있다. 상기 양자-국한 슈타르크 효과에 기인한 긴 파장의 엑시톤 흡수 피크의 QW 이동과는 대조적으로, 와니어-슈타르크 국부화는 초격자 구조의 전계를 증가시키기 위해 짧은 파장으로의 이동을 초래한다.

<7> 일반적으로, 초격자는 QW의 분리된 전하-캐리어 에너지 레벨이 미니밴드 내로 확장하도록 QW들이 공진적으로 결합된 삽입된 얇은 배리어층 및 QW의 적층이다. 전계를 인가하는 것은 공진을 파괴하며, 인접한 QW에서 에너지 레벨을 오정렬시키고, 이를 몇몇의 QW에 걸쳐 국부화시킨다. 이것은 평활한 미니밴드 프로 파일로부터 피크 QW-엑시톤 프로 파일로 상기 광학 흡수 스펙트럼을 변화시키고, 흡수 가장자리로 청색-이동(blue-shift)시킨다.

<8> 아래에 더욱 상세히 기술된 바와 같이, 본 발명은 MQW 또는 초격자 구조를 사용하여 실시될 수 있다. 또한, 본 발명에서 기술된 그런 구조는 다양한 반도체 공정 방법, 예를 들면 금속-유기물 화학 기상 증착, 분자 빔 에피텍시, 및 전기 화학 증착 방법에 의해 제조될 수 있는 것으로 이해될 수 있다. 예를 들면, J. Switzer 등의 "전기 증착 세라믹 초격자", Sci. 제 247권, 444 내지 445쪽(1990. 1. 26) 및 상기 전술된 Weisbuch 등의 서적을 참조하라.

<9> 실온에서 작동하는 간단한 MQW 흡수 변조기는 약 10:1 내지 30:1 변조 깊이, 즉 최소 대 최대 흡수 비를 나타낼 수 있다. 이런 같은 변조 깊이는 MQW 구조를 적당한 공진 광학 공동(cavity), 이를테면 비대칭 패브리-페로 에타론(asymmetric Fabry-Perot etalon : ASFPE)과 결합시킴으로써 개선될 수 있다, ASFPE는 다른 반사성을 가지는 2개의 평면 거울에 의해 형성된 공진 광학 공동이다. 그런 장치는 본 명세서에 참고로 특별히 인용된 Terrance L. Worchesky와 Kenneth J. Ritter에 의해 1993년 8월 20일에 제출하여 공동으로 양도된 미합중국 특허출원 제 08/109,550호에 개시되어 있다.

<10> QW의 다른 응용은 양자 웰 적외선 광검출기(quantum well infrared photodetector : QWIP)이다. "장파장 적외선 검출기를 위한 반도체 양자 웰 및 초격자", M. O. Manasreh, ed,, 55 내지 108쪽, Artech House, 메사추세츠 보스턴(1993)을 포함하는 논문에 개시된 QWIP에서, GaAs QW 내의 바운드 상태로부터 상기 QWIP의 클래딩층 내의 높은 이동도 채널로의 일렉트론의 내부 광방출은 열적 광, 즉, 약 8000nm 내지 12000nm의 장파 적외선(LWIR) 파장 또는 약 3000nm 내지 5000nm의 중파 적외선(MWIR)의 존재시 상기 QWIP의 전도성을 증가시킨다. 상기 광은 고정된 바이어스 전압으로 작동할 때 상기 QWIP를 통해 흐르는 전류의 증가로서 검출된다. 상기 QWIP의 특징(예를 들면, 피크 응답 파장, 광학 밴드폭, 및 전기 특성)은 QW(일반적으로 4 내지 8nm 폭 범위)의 폭과 클래딩층의 조성(보통 0.2 내지 0.6 범위의 x를 가지는 $Al_{(x)}Ga_{(1-x)}As$의 두꺼운 층)에 의해 결정된다.

<11> 전하 결합 장치(charge-coupled device : CCD) 결상기와 같은, QWIP의 어레이가 열(thermal) 이미지를 형성하도록 제공될 수 있다. 일반적인 열 결상 시스템에서, 검출기 엘리먼트의 어레이는 "버켓 브리게이드(bucket brigade)" 형태(즉, 전하가 각 엘리먼트로부터 캐패시터에 집중된 후 멀티플렉서 상의 단일 전하 측정 엘리먼트에 전하를 전달하는 칼럼 판독 캐패시터 뱅크에 대한 캐패시터 열을 따라 통과된다)로 각 엘리먼트로부터의 전류를 순차적으로 판독하는 실리콘 멀티플렉서에 정합된다. 각 전하 패킷의 최초 위치가 탐지되며, 이미지는 보통 모니터 상에 비디오 이미지로서 전기적으로 재구성된다.

<12> QWIP의 전기적 특성을 위해 최적화된 멀티플렉서는 현재 유용하지 않다. 사용되어 온 멀티플렉서는 액체 질소 정도의 온도에서 작동하는 QWIP의 전형적으로 상당히 높은 암전류 때문에 적절하지 않으며, 상기 이미지 시스템의 가격을 상당히 증가시킨다. 또한, 상기 멀티플렉서는 GaAs 대신에 실리콘으로 형성되기 때문에 열 팽창 계수 부정합이 GaAs 결정 성장 및 공정 기술에 의한 제한으로 인하여 웰에 대한 어레이의 물리적 크기를 제한한다. 부가적으로, 또한 상기 멀티플렉서는 상기 검출기에 가능한 밀접하게 배치되어야 하기 때문에 냉각되어야 하지만, 상기 멀티플렉서의 열량 및 열 손실은 일반적 냉각 시스템을 변형시킨다.

<13> 본 발명은 QWIP를 통해 흐르는 전류가 MQW 변조기를 위해 필요한 바이어스를 제공하는데 사용될 수 있다는 것으로 이해한다. 그런 장치에서, 상기 QWIP를 조명하는 MWIR 또는 LWIR 광량의 변화로 인한 QWIP 전류의 변화는 MQW 변조기로부터 반사되거나 투과된 근적외선(NIR), 즉, 약 800 내지 2000nm의 파장 광의 양 또는 위상을 변화시킬 것이다. 그러므로, 상기 MWIR 또는 LWIR 광의 세기 변화는 NTR 광의 세기 또는 위상의 변화로 변환된다.

<14> "내부 보조 밴드에 의한 양자 웰의 내부 밴드 광학 특성 급속 변조", 어플라이드 피직스 잡지 제 60권, 3141 내지 3143쪽(1992. 6. 2), V. Gorfinkle 등의 간행물은 NIR 광자에 대한 내부 밴드 흡수 강도가 LWIR 광자의 내부 서브 밴드 흡수에 의해 변조되는 도핑된 MQW 흡수 변조기의 이론을 기술한다. 상기 LWIR 흡수는 바운드 상태의 캐리어 군을 부분적으로 비움으로써, NIR 흡수를 위한 최종 상태의 밀도를 변화시킨다.

<15> LWIR 정보를 NIR 정보로 변환하는 것과 같은 목적을 위한 상기 장치의 중요한 단점은 동일 MQW 구조에서 발생하는 흡수에 기인하는 작동 LWIR과 NIR 파장의 상호 의존에 있을 것이다. 또한, 상당한 NIR 흡수 변조를 위해 매우 큰 LWIR 자속 및 도파관 기하형태의 제조가 요구된다.

<16> 본 발명은 중파 적외선(MWIR) 또는 장파 적외선(LWIR) 열 이미지를 간섭성의 근적외선 이미지로 변환하기 위한 장치 및 방법을 제공한다. 상기 장치는 양자 웰 적외선 광검출기(QWIP)의 2차원(2D) 어레이, 양자 웰 광학 변조기의 2D 어레이, 및 전기 회로를 포함한다. QWIP 어레이 상의 LWIR 또는 MWIR 입사광의 세기 변화는 광학 변조기의 바이어스의 변화로 변환된다. 상기 바이어스 변화는 변조기 어레이로부터 반사된(또는 변조기 어레이를 투과한) NIR 광의 강도 및/또는 위상에서의 변화를 초래하며, 그 결과 LWIR 또는 MWIR 이미지를 NIR 이미지로 변환한다.

<17> 본 발명의 특징 중의 하나는 하이브리드 이미지 변환기가 제 1 기판상에 배치된 적외선 검출기 어레이 섹션, 제 2 기판 상에 배치된 전자 섹션, 및 제 3 기판 상에 배치된 광학 변조기 어레이 섹션을 포함하는 것이다. 상기 전자 섹션은 적외선 검출기 섹션과 광학 변조기 섹션 사이에 삽입되어 적외선 검출기 어레이의 화소(pixel)에서 발생된 광전류를 광학 변조기 어레이의 각 화소에 인가된 전압으로 변환시킨다.

<18> 본 발명의 다른 장점은 집적 이미지 변환기가 제 1 기판(기판 상에 한 섹션을 배치하고 상기 섹션 상에 다른 섹션을 배치함으로써) 상에 배치된 적외선 검출기 섹션과 광학 변조기 어레이 섹션 및 제 2 기판 상에 배치된 전자 섹션을 포함한다는 것이다. 상기 전자 섹션의 엘리먼트는 예를 들면 인듐-범프 결합 기술을 사용하여 집적 검출기/변조기 어레이의 엘리먼트에 한 화소씩 전기적으로 연결된다.

<19> 본 발명의 이미지 변환기는 2차원 응시 배열(string array)에 이상적으로 적합하게 하는 개별 선택 가능 작동 파장, 낮은 광세기에 대한 감도, 및 평면(오히려 도파관) 형태의 장점을 가진다. 상기 NIR 광원은 레이저가 될 수 있기 때문에, 얻어진 간섭성의 NIR 이미지는 패턴 인식 또는 후면 클러터(clutter) 제거와 같은 복잡한 이미지 분석을 수행할 수 있는 광신호 프로세서용 입력으로서 사용될 수

있다.

<20> 이제, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명한다.

<21> 제 1도는 본 발명에 따른 적외선 검출기 어레이, 전자 섹션, 및 광학 변조기 어레이를 포함하는 하이브리드 이미지 변환기의 개략적 단면도.

<22> 제 2도는 본 발명에 따른 하이브리드 이미지 변환기의 적외선 검출기 섹션, 전자 섹션, 및 광학 변조기 섹션의 전기적 개략도.

<23> 제 3도는 본 발명에 따른 집적 적외선 검출기/광학 변조기 어레이 및 전자 섹션을 포함하는 집적 이미지 변환기의 개략적 단면도.

<24> 제 4도는 본 발명에 따른 집적 적외선 검출기/광학 변조기 어레이 및 전자 섹션을 포함하는 집적 이미지 변환기의 전기적 개략도.

<25> 제 5도는 본 발명에 따른 제 1 방식의 전자 섹션에 연결된 집적 이미지 변환기의 단일 화소의 개략 단면도.

<26> 제 6도는 본 발명에 따른 제 2 방식의 전자 섹션에 연결된 집적 이미지 변환기의 단일 화소의 개략 단면도.

<27> 제 7도는 본 발명에 따른 제 2 방식의 전자 섹션에 연결된 집적 이미지 변환기의 전기적 개략도.

<28> 제 8a도와 제 8b도는 본 발명의 제 1 실시예를 사용하여 MWIR 광세기의 변화에서 NIR 광세기의 변화로의 변환을 도시하는 도면.

<29> 제 9a도의 제 9b도는 본 발명의 제 2실시예를 사용하여 MWIR 광세기의 변화에서 NIR 흡수 특성으로의 변환을 도시하는 도면.

<30> 제 1도는 기판(200) 상에 배치된 QWIP 화소 어레이(100), 기판(400) 상에 배치된 전자 회로 화소(300), 및 기판(600) 상에 배치된 QW 광학 변조기 화소 어레이(500)를 포함하는 하이브리드 이미지 변환기(10)의 개략적 단면도를 도시한다. 상기 하이브리드 이미지 변환기(10)는 일반적으로 NIR 광에 대해 투과성을 가진 우수한 열 전도체인 기판(20)(예를 들면, 사파이어) 상에 배치된다. 상기 투명 기판(20)은 유리하게 낮은 온도(예를 들면, 77K)로 기판(20)과 하이브리드 이미지 변환기(10)를 냉각하는 극저온 냉각 헤드(30) 상에 배치된다. 일반적으로, 광학 변조기는 실온에서 작동할 수 있지만, QWIP는 전자 회로가 충분한 콘트라스트(contast)를 발생시키도록 적절한 온도로 냉각되어야 한다. 즉, QWIP 암전류는 QWIP 광전류가 그 암전류의 적당한 부분, 예를 들어, 적어도 1%가 되도록 충분히 낮아야만 한다. 그런 냉각의 결과 때문에, 상기 광학 변조기의 성능은 실제로 증진된다.

<31> 상기 어레이(100)의 각 QWIP 화소는 유리하게 아래에서 더욱 상세하게 기술되는 2개의 n-형태 접촉층 사이에 배치된 다수의 n-형태 QW를 포함한다. 상기 QWIP 기판(200)은 각 화소에서 LWIR 또는 MWIR 광을 포획하기 위해서 유리하게 제거될 수 있으며(예를들어 화학-기계적 연마를 사용하여), 그 결과 대형 어레이의 화소 사이에서 광학적 누화(cross-talk)를 제거한다. 상기 기판(200)의 제거는 유리하게 QWIP(GaAs와 같은 III-V 반도체로 이루어진) 및 전자 장치 화소(300)와 기판(400)(보통 실리콘으로 이루어진) 사이의 열 팽창 계수 부정합에 기인하는 QWIP의 변형을 최소화시킨다. 이것은 이미지 변환기(10)가 장치의 수명 동안 실온과 낮은(극저온) 온도 사이에서 오랫동안 반복 사용되어야 하기 때문에 중요하다.

<32> 상기 전자 회로 화소(300)는 상기 QWIP 화소 어레이(100)에서 발생된 광전류를 상기 어레이(500)의 각 QW 변조기 화소에 제공되는 전압으로 변환한다. 비아 정공(도시안됨)이 기판(400)의 한쪽 상의 화소를 기판(400)의 다른 쪽 상의 각 화소에 전기적으로 연결시키는데 사용된다. 상기 전자회로 화소는 실리콘 기판 상에 배치된 일반 실리콘 트랜스임피던스 증폭기(예를 들면, 전류 대 전압 변환기)일 수 있다(그러나 이에 국한되지는 않는다). 본 발명에 따른 이런 회로들 및 실시예들이 아래에 더욱 상세히 기술된다.

<33> 상기 어레이(500)의 각 QW 광학 변조기 화소는 바람직하게는 p-i-n 다이오드를 형성하는 n-형 접촉부와 p-형 접촉부 사이 또는 n-i-n 변조기를 형성하는 2개의 n-형 접촉부 사이에 배치된 다수의 도핑되지 않은 QW를 포함한다. 변조기 기판(600)은 상기 기판(600)이 상기 QW 변조기의 작동 파장 정도의 광에 대해 투과성이 없다면 화학-기계적 연마를 사용하여 제거될 수 있다. 또한 상기 기판(600)의 제거는 상기 QWIP에 대해 전술한 바와 같이, 상기 변조기 어레이와 전자 섹션 사이의 열 팽창 계수 부정합에 기인하는 QW 광학 변조기 어레이의 변형을 유리하게 최소화할 수 있다.

<34> 상기 QWIP 화소(100)와 QW 변조기 화소(500)는 예를 들면, 위에서 참조된 미합중국 특허출원 제08/109,550호에 개시된 바와 같은 기술을 사용하는 인듐-범프 결합(700)에 의해 상기 전자 회로(300)에 전기적으로 연결된다.

<35> 제 1도에 나타낸 바와 같은 상기 하이브리드 이미지 변환기(10)의 작동 동안에, LWIR 또는 MWIR 광은 기판(200)을 통해(제거되지 않는다면) 상기 QWIP 화소(100) 상에 입사된다(상기 LWIR 또는 MWIR 광세기의 변화는 화살표의 두께의 변화로 제 1도에 표현된다). 균일한 세기의 NIR 광의 빔이 투명 기판(20)과 기판(600)(제거되지 않는다면)을 통해 상기 QW 변조기 화소(500) 상으로 지향된다. LWIR 또는 MWIR 광세기의 변화에 대한 전자장치(300)의 응답으로 인한 변조기 화소(500) 상의 바이어스에서의 화소 대 화소의 변화는 상기 QW 변조기 화소(500)로부터 반사된 NIR 광의 세기 또는 위상이 원래 LWIR 또는 MWIR 광의 변화에 비례하여 변조되도록 한다. (또한 NIR 광의 세기 또는 위상의 변화는 제 1도에서 화살표의 두께의 변화로서 나타낸다.) 그러므로, LWIR 또는 MWIR 이미지는 NIR 이미지로 변환된다.

<36> 상기 이미지 변환기의 이런 실시예는 QWIP 어레이(100), 전자 회로(300), 및 QW 광학 변조기 어레이(500) 특성의 개별적 최적화를 가능케 한다. 예를 들면, 상기 QWIP(100)와 QW 광학 변조기(500)가 다른 기판 상에 배열되기 때문에, 2개의 섹션의 성장 조건(예를 들면, 성장 동안의 기판 온도)과 재료 조성(예를 들면, AlGaAs 층에서 알루미늄의 농도)이 각 섹션으로부터 최상의 성능을 얻기 위해 유리하게 달라

질 수 있다.

<37> 제 2도는 QWIP(100)(저항에 의해 표시된), 전자회로(300) 및 QW 광학 변조기(500)(다이오드에 의해 표시된)를 포함하는 하이브리드 이미지 변환기(10)의 한 화소의 전기적 개략도를 도시한다. 전자 회로(300)는 상기 QWIP(100)에 전압 바이어스 V_{det}를 공급한다. 트랜스임피던스 증폭기(310)는 QWIP의 광전류를 상기 QW 변조기(500)에 인가되는 바이어스 V_{mod}로 전환한다.

<38> 제 2도에 도시된 전자 회로(300)는 전류를 진압으로 변환하는 기능을 수행할 수 있는 많은 종류의 회로의 단순히 개략적인 표현으로 이해된다. 예를 들면, 트랜스임피던스 증폭기 출력에 대한 이득과 오프셋 수정 및 QW 변조기(500)를 작동(전형적으로 1 내지 10V 범위에서)시키기 위해 요구되는 전압을 얻기 위한 다중 이득 스테이지를 사용하는 더욱 정교한 회로를 실현하기 위해 근대적인 반도체 전자 기술이 사용될 수 있다.

<39> 제 3도는 기판(200') 상에 배치된 집적 QWIP/QW 광학 변조기 화소 어레이(800) 및 기판(400') 상에 배치된 전자 회로 화소(300')를 포함하는 집적 이미지 변환기(10')의 개략적 단면도를 도시한다. 상기 QWIP/QW 광학 변조기 화소 어레이(800)는 예를 들면, 전술한 바와 같은 인듐 범프(700')를 사용하여 상기 전자 회로 화소(300')에 전기적으로 연결된다. 상기 집적 이미지 변환기(10')는 유리하게 낮은 온도(예를 들면, 77K)까지 장치를 냉각하는 극저온 냉각 헤드(30') 상에 배치된다.

<40> 상기 집적 QWIP/QW 광학 변조기 화소 어레이(800)와 전자 회로 화소(300')는 아래에서 더욱 상세히 기술된다. 제 3도에 나타낸 화소당 하나의 인듐 범프(700')로서 나타낸 전기적 연결은 아래에 기술된 바와 같이 실제로 화소당 하나 이상의 전기적 연결 이상이 될 수 있다.

<41> 하이브리드 이미지 변환기(10)에 대해, 전술한 바와 같이 상기 기판(200')은 광학적 누화를 감소시키고, 상기 집적 이미지 변환기(10')의 검출기/변조기 섹션과 전자 회로 섹션 사이에서 열 팽창 계수의 부정합에 기인하는 변형을 최소화시키기 위해 유리하게 화학-기계적 연마를 이용하여 제거될 수 있다.

<42> 제 3도에 나타낸 바와 같은 집적 이미지 변환기(10)의 작동 동안에, LWIR 또는 MWIR 광은 기판(200')(제거되지 않는다면)을 통해 QWIP/QW 변조기 화소(800) 상에 입사된다. (LWIR 또는 MWIR 광세기의 변화는 제 3도에서 화살표의 두께의 변화에 의해 표현된다.) 또한 균일한 세기의 NIR 광의 빔이 기판(200')(제거되지 않는다면)을 통해 상기 화소(800) 상에 입사된다. LWIR 또는 MWIR 광세기의 변화에 대한 상기 전자 회로(300')의 응답에 기인한 화소(800) 변조기 섹션 상의 바이어스에서의 화소 대 화소의 변화는 상기 화소(800)로부터 반사된 NIR 광의 세기 또는 위상이 원래 LWIR 또는 MWIR 광의 변화에 비례하여 변조되도록 한다(또한 NIR 광 세기 또는 위상의 변화는 제 3도에서 화살표의 두께의 변화로서 나타낸다). 그러므로, LWIR 또는 MWIR 이미지는 NIR 이미지로 변환된다.

<43> 제 4도는 QWIP(100')(저항에 의해 표시된), 전자 회로(300'), 및 QW 광학 변조기(500')(다이오드에 의해 표시된)를 포함하는 집적 이미지 변환기(10')의 한 화소의 전기적 개략도를 도시한다. 여기에서, QWIP(100')와 QW 광학 변조기(500')는 아래에 더욱 상세히 설명된 바와 같이 2개의 섹션이 공통 기판(200') 상에 순차적으로 성장되기 때문에 직렬 연결로 도시된다. 상기 전자 회로(300')는 QWIP(100')에 전압 바이어스 V_{det}를 공급한다. 트랜스임피던스 증폭기(310')는 이런 증폭기가 출력을 반전시키기 때문에 QWIP의 광전류를 검출기 바이어스 V_{det}의 부호에 반대되는 전압으로 변환한다. 이 전압은 전압 부가 엘리먼트(320)를 사용하여 검출기 바이어스 V_{det}에 부가된다. 상기 합산된 바이어스는 전압 반전 엘리먼트(330)로 반전되며, 상기 QW 광학 변조기(500')에 V_{mod}로 인가된다. 상기 엘리먼트(310', 320 및 330)는 작동을 위해 필요할 때 QW 광학 변조기(500')가 역바이어스되도록 한다.

<44> 제 2도에 도시된 전자 회로(300')는 전류를 전압으로 변환하는 기능을 수행할 수 있는 많은 종류의 회로의 단지 개략적인 표현으로 이해된다. 예를 들면, 트랜스임피던스 증폭기(310')의 출력에 대한 이득과 오프셋 수정 및 QW 변조기(500')를 (전형적으로 1 내지 10V 범위에서) 작동시키기 위해 요구되는 전압을 얻기 위한 다중 이득 스테이지를 사용하는 더욱 정교한 회로를 실현하기 위해 근대적인 반도체 전자 기술이 사용될 수 있다.

<45> 제 5도는 기판(200') 상에 배치된 QWIP 섹션(100'), 및 QW 변조기 섹션(500')을 포함하는 집적 이미지 변환기의 한 화소(800)의 에피텍셜층 구조의 개략적 단면도를 도시한다. 아래에 더욱 상세히 기술된 바와 같이, 상기 QWIP 섹션(100')에 사용된 재료는 상기 QW 변조기 섹션(500')에 사용된 재료와 유사하기 때문에 순차적 성장(예를 들면, 분자 빔 에피텍시)은 문제가 되지 않는다. 도 5에서 상기 화소(800)는 인듐 범프(700')를 사용하여 상기 전자 회로 화소(300')에 전기적으로 연결되는 것으로 도시되어 있다.

<46> 상기 QWIP 섹션(100')은 유리하게 2개의 n-형 접촉층(120'과 130') 사이에 배치된 다수의 n-형의 QW(110')를 포함한다. 게다가, 상기 QWIP 섹션(100')은 적절한 분극(즉, 내부 서브 밴드 광학 흡수에 대한 분극 선택 규칙에 의해 요구되는 바와 같이 양자 웰 층(110')에 수직인)의 LWIR 또는 MWIR 광을 QWIP 섹션(100') 내로 결합하는 격자(140') 또는 다른 수단을 포함한다.

<47> 상기 QW 변조기 섹션(500')은 유리하게 n-형 접촉층(520')과 p-형 접촉층(530') 사이에 배치되어서 p-i-n 다이오드의 진성(intrinsic : I) 영역을 형성하는 다수의 도핑되지 않은 QW를 포함한다. 상기 접촉층(530')은 본 발명의 다른 실시예에 대해 아래에 기술된 바와 같이 상기 변조기 섹션의 저항을 변경하는 것이 필요한 경우, n-i-n 광학 변조기를 형성하기 위하여 n-형으로 도핑될 수 있는 것으로 이해된다.

<48> 상기 접촉층(520')은 QWIP 접촉층(130')과 같이 동일 재료로 이루어질 수 있고, 동일 레벨로 도핑될 수 있다. 이런 경우에, 상기 2개의 접촉층(130'과 520')은 QWIP 섹션(100')을 QW 변조기 섹션(500')에 전기적으로 연결하는 단일 연속 층을 형성할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 접촉층(520')은 유리하게 QW 변조기 섹션(500')의 NIR 작동 파장에서 높은 반사율(>99%)을 가지는 유전체 거울(상기 참조된 K.-K. Law 등의 논문에 기술된 바와 같이)을 포함할 수 있다. 이것은 NIR 광이 QWIP 섹션(100')에 입사하

지 않도록 한다(여기서, 어떤 QWIP 디자인에서 NIR 광이 흡수됨으로써, 변조기의 성능을 저하시키고 QWIP 섹션(100')에서 바람직하지 않은 광전류, 즉, 누화를 생성한다). 이것은 또한 상기 NIR 광이 상기 격자로부터 회절(또는 산란)하지 않도록 한다. 상기 격자(140')에서 NIR 광의 회절(또는 산란)은 상기 NIR 이미지의 질을 저하시킬 수 있다.

<49> 상기 화소 어레이(800)는 표준 반도체 리소그래피 및 에칭 기술을 사용하여 규정될 수 있다. 전형적 화소는 상기 기판(200')에 가장 가까운 상기 접촉층(530')을 노출시키기 위하여 화소 주위의 재료를 에칭 함으로써 한정된 약 50㎛×50㎛의 치수를 가지는 정사각형이 될 수 있다. 대부분의 응용에서, 상기 접촉층(530')은 모든 어레이의 화소에 공통이므로 화소당 하나 대신에 단지 하나의 전기적 접촉을 요구한다. 제 2 에칭 단계가 상기 중간 접촉 층(130'과 520')의 작은 영역을 노출시키기 위해 사용된다. 상기 격자(140')는 통상 상기 접촉층(120')에서 에칭되고, 얇은 금속막으로 코딩된다.

<50> 제 5도에 도시된 바와 같이, 인듐 범프(700')가 상기 QWIP 접촉부(120'), 공통 중간 접촉부(130'과 520') 및 상기 QW 변조기 접촉부(530')를 상기 전자 회로(300')에 연결하기 위해 사용된다. 이런 실시예에서, 제 4도에 도시된 바와 같은 전자 회로(300')가 상기 집적 이미지 변환기 화소(800)를 제어하기 위해 사용된다.

<51> 상기 광학 변조기(500')의 전형적 QW 섹션(510')은 각각 가령, 5nm의 두께를 각각 갖는 $Al_{(0.3)}Ga_{(0.7)}As$ 층으로 이루어진 클래딩층에 의해 분리되며 가령 10nm의 두께를 각각 갖는 다수(예를 들면, 80)의 도핑되지 않은 GaAs 양자 웰을 포함한다. 상기 거울 접촉층(520')은 예를 들면, $Al_{(0.3)}Ga_{(0.7)}As$와 AlAs로 구성된 다수(예를 들면, 10)의 교호층을 포함한다. 상기 접촉 층(530')은 전형적으로 GaAs로 이루어진다.

<52> 상기 QWIP(100')의 QW 섹션(110')에 대한 바람직한 설계는 본 명세서에 참고로 인용되고, John W. Little에 의해 1992년 6월 30일에 제출되어 양도된 미합중국 특허출원 제 07/906,417호에 개시되어 있다. 이러한 설계는 미니밴드 트랜스포트(miniband-transport : MBT) 양자 웰 적외선 검출기라고 명명된다. 상기 LWIR 밴드에서 작동하기 위한 한 일례로서의 MBT 구조는 각각 초격자 배리어층에 의해 분리되는 예를 들면 8nm의 두께를 각각 가진 다수(예를 들면, 40)의 n-형 GaAs QW를 포함한다. 상기 초격자 배리어는 QW로부터 광여기된 캐리어에 대한 높은 이동도 채널로서의 동작을 하는 미니밴드의 에너지 상태가 상기 배리어층 내에 형성되도록 선택된 두께(예를들면, 각각 1.5nm와 1.4nm)를 갖는 다수(예를 들어, 10)의 예를 들어, GaAS와 $Al_{(0.3)}Ga_{(0.7)}As$의 교호층을 포함한다.

<53> 상기 MBT 설계는 다른 QWIP 설계와 비교하여 재료 조성의 선택에서 더 많은 유연성을 허용하기 때문에 상기 집적 이미지 변환기에서 사용하기에 유리하다. 예를 들면, 상기 QW 변조기 섹션(500')과 QWIP 섹션(100')둘다의 모든 AlGaAs층에서 알루미늄 농도가 상이할 때보다 공통 기판 상에 이런 섹션의 순차적 성장을 훨씬 덜 복잡하게 하는 동일한 알루미늄 농도가 사용될 수 있다.

<54> 상기 집적 이미지 변환기의 특히 간단한 실시예는 제 5도에 도시된 바와 같은 일반적으로 동일 구성 요소를 가지는 한 화소의 에피텍셜층 구조의 개략적 단면도를 도시하는 제 6도에 의해 나타낸다. 여기에서, 상기 전자 회로(300')는 단지 두 개의 점, 접촉부(120')와 접촉부(530')로 상기 화소(800)에 연결된 간단한 전압원이다(즉, 중간 접촉부(130'과 520') 상기 전자회로에 연결되지 않는다). 상기 집적 이미지 변환기의 이런 실시예의 회로도는 제 7도에 도시된다. 상기 QWIP 섹션(100')과 QW 변조기 섹션(500')은 직렬로 연결되며, 바이어스 V_{bias}는 상기 직렬 회로 양단에 인가된다. 상기 V_{bias}의 일부는 상기 QWIP 섹션(100')(제 7도에서 V_{det}로 표시되는) 양단에 나타날 것이고, V_{bias}의 일부는 상기 QW 변조기 섹션(500')(제 7도에서 V_{mod}로 표시되는) 양단에 나타날 것이다. 상기 QWIP 섹션(100')의 광유도된 변화는 상기 직렬 회로의 바이어스 분포의 변화를 일으켜 상기 변조기 섹션(500')상의 바이어스를 변화시킨다.

<55> 상기 전압 분배 장치는 상기 QWIP를 통해 흐르는 총 전류의 상당부분이 열적으로 발생된 전류(암전류)보다 오히려 광전류일 때에만 효과적이다(즉, 상기 QWIP는 배경 제한된다). 이것은 낮은 작동 오도 또는 단파장(MWIR) QWIP 응답을 필요로 한다. 상기 회로의 간결성 때문에, 이런 모드는 MWIR 신(scene)을 보기 위한 이미지 강화 장치의 프론트 엔드와 같은 낮은 가격의 이미지 시스템에 대해 유용하게 될 수 있다.

<56> 제 7도에 도시된 상기 전자 장치 회로의 분석은 변조기 상의 바이어스의 변화(ΔV_{mod})가 상기 QWIP의 저항에서의 부분 변화, $\Delta R_{det}/R_{det}$에 관련되는 것을 나타낸다.

$$\Delta V_{\mathrm{mod}} = -V_{bias} \cdot \frac{R_{\mathrm{mod}}/R_{det}}{(1 + R_{\mathrm{mod}}/R_{\mathrm{mod}})^2} \cdot \Delta R_{det}/R_{det} \quad \text{... 식 1}$$

<58> 상기 V_{bias}는 화소 상의 전체 바이어스 전압이고, R_{mod}와 R_{det}는 각각 변조기(500')와 QWIP(100')의 유효 저항이다. 고정 $\Delta R_{det}/R_{det}$에 대해, R_{det} 가 R_{mod} 같을 때 ΔV_{mod}는 최대화된다. 이런 조건하에서, 상기 변조기의 바이어스는 $V_{bias}/2$이며, 이것은 다음과 같은 변조기 바이어스에 부분 변화를 제공한다.

$$\Delta V_{\mathrm{mod}}/V_{\mathrm{mod}} = -1/2 \cdot \Delta R_{det}/R_{det} \quad \text{... 식 2}$$

<60> 일례로서의 MWIR MBT는 예를 들면 각각 2nm와 3nm의 두께를 가진 다수(예를 들면, 10)의 $In_{(0.3)}Ga_{(0.7)}As$와 $Al_{(0.5)}Ga_{(0.5)}As$의 교호층을 포함하는 초격자 배리어에 의해 분리되는 예를 들면 4nm의 두께를 가진 다수(예를 들면, 40)의 n-형 $In_{(0.1)}Ga_{(0.9)}As$를 포함한다.

<61> 전술한 바와 같은 구조를 가지는 MWIR QWIP에 대해, 1×10^{10}오옴 내지 1×10^{11} 오옴의 범위의 변화하는 저항이 80K에서 측정되며, 이것들은 반전 바이어스 p-i-n 다이오드의 유효 저항, 즉 QW 변조기 섹

션(500')의 저항과 비교될 수 있다. 300K-흑체로부터 500K-흑체로 입력 이미지를 변화시킴으로써 측정된 QWIP(100')의 저항의 부분 변화는 하나의 샘플에 대해 4 볼트의 QWIP 바이어스에서 약 0.37이 되는 것으로 발견된다.

<62> 상기 QWIP가 변조기와 직렬로 연결되고 약 10V의 바이어스가 인가될 때, 바이어스 전압은 QWIP 섹션(100')과 변조기 섹션(500') 사이에 대략 동등하게 분배되고, 검출기 저항에서 약 0.4 부분 변화에 대한 상기 변조기의 바이어스 변화는 약 1V(식2로부터)가 될 것이다. 80K의 상기 QW 변조기에서 얻어진 상대적 급격한 흡수 선폭에 대해, 이것은 변조기 섹션에서 NIR 광 흡수의 상당히 큰 변화를 일으키기에 충분해야 한다.

<63> 제 8a도와 제 8b도는 제 6도에 도시한 바와 같은 직렬로 바이어스된 집적 이미지 변환기의 한 실시예를 사용하여 MWIR 광세기의 변화를 NIR 광 세기 변화로의 변환한 실험적인 결과를 도시한다. 이런 장치에서, 상기 변조기 섹션의 QW(510')는 10nm의 두께를 가진 $In_{(0.08)}Ga_{(0.92)}As$로 이루어진다. 제 8a도는 화소 상에 입사하는 MWIR 소스로부터의 광을 가진 스펙트럼 및 가지지 않은 스펙트럼의 NIR 영역에서 장치의 투과율을 도시한다. 상기 "MWIR 오프" 곡선에 대한 880nm 정도의 투과율의 강하는 엑시톤 흡수에 기인한다. 상기 MWIR 소스가 가동될 때 급경사가 수평으로 돌려져서 더 긴 파장으로 이동된다. 이것은 바이어스가 증가할 때 NIR 스펙트럼에서 관찰되는 모양과 동일하다. 이것은 MWIR 광이 오프될 때 보다 온 될 때 바이어스가 QW 변조기 섹션(500') 양단에 더 많이 바이어스가 나타난다는 것을 의미한다. 이것은 MWIR 광의 존재시 QWIP의 저항의 감소에 기인하는 전압 재분배에 대한 서술과 일치한다.

<64> 제 8b도는 MWIR광의 비존재와 존재시 878nm 파장의 샘플의 투과율을 도시한다(수평축은 시간으로 참조되고 그 시간에서 셔터는 MWIR 광이 화소를 조명하도록 개방된다). 상기 MWIR 광의 세기에서의 변화에 대응하는 NIR 광의 세기 변화(투과율에서의 변화로 표시된)는 집적 이미지 변환기 화소(800)에 의한 이미지 변환의 직접적 증거이다.

<65> 엑시톤 흡수는 이 테스트된 샘플에서 전계를 인가시키면 날카롭게 유지되지 않는다. 이것은 격자 부정합 InGaAs 양자 웰에서의 변형에 의한 샘플 품질에 대한 문제에 기인한다고 추정된다.

<66> 제 9a도와 제 9b도는 제 6도에 도시된 직렬 바이어스 구조를 사용하여 집적 이미지 변환기의 제 2 실시예에서 이미지 변환의 실험적인 결과를 도시한다(각각 -4V와 -5V에 바이어스된다). 이런 샘플에서, QW(510')은 약 10nm의 두께를 가진 고품질의 GaAs로 구성되고, QWIP 섹션은 MWIR 작동을 위해 전술된 것과 유사하다, GaAs 기판이 변조기의 작동 파장에 불투과적이기 때문에 광전류 I_{pc} 대 파장(NIR 스펙트럼 영역에서)이 투과율 대신에 측정된다. 이런 측정 형태에서, 광전류 신호는 샘플의 흡수 강도에 비례하고, 광전류의 피크는 엑시톤 흡수를 나타낸다. 제 9a도와 제 9b도에서 좌측 수직 축은 상대적 광전류(I_{pc}로 참조)이고 우측 수직 축은 MWIR 광 온 샘플을 갖는 광전류 대 MWIR 광 오프를 갖는 광 전류의 비율이다. -4V와 -5V 바이어스 양쪽에 대해(각각 제 9a도와 제 9b도), 엑시톤 흡수 모양은 급격하며, 전술한 바와 같은 MWIR 광의 존재에 기인하는 바이어스의 재분포를 나타내는 MWIR 광 오프에 비교되는 MWIR 광 온을 가진 더 긴 파장으로 이동된다. 온/오프 비는 4 내지 5의 범위에 있고, 이미지 변환기처럼 작동하기 위해 얻어질 수 있는 진폭의 NIR 변조 깊이를 의미한다.

<67> 이상에서는 본 발명의 양호한 일실시예에 따라 본 발명이 설명되었지만, 첨부된 청구 범위에 의해 한정되는 바와 같은 본 발명의 사상을 일탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형이 가능함은 본 발명이 속하는 기술 분야의 당업자에게는 명백하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

제 1 소정 범위의 파장을 가지는 광의 변화를 제 2 소정 범위의 파장을 가지는 광의 변화로 변환하기 위한 광변환 장치에 있어서,

기판;

소정의 바이어스가 변조기에 인가될 때, 상기 제 2 소정 범위의 파장에서 최대가 되는 중-정공 엑시톤으로 인한 흡수를 가지는 다수의 양자 웰을 포함하는 흡수 변조기;

상기 흡수 변조기에 전기적으로 연결되고 다수의 양자 웰을 포함하는 광검출기로서, 상기 광검출기는 다수의 양자 웰과 상기 양자 웰 사이에 삽입되는 다수의 초격자 배리어 층을 포함하는 다중층 구조를 구비하는데, 각 양자 웰은 바운드 그라운드 에너지 상태와 바운드 여기 에너지 상태를 가지고, 각 초격자 배리어층은 인접하는 양자 웰의 상기 여기 에너지 상태와 공진을 이루는 미니밴드 에너지 상태를 가지며, 상기 미니밴드와 여기 에너지 상태는 상기 제 1 소정 범위의 파장을 갖는 광의 흡수에 의해 미니밴드 및 그라운드 에너지 상태로부터 여기 에너지 상태로 여기된 캐리어를 위한 층 그리고 상기 웰을 가로지르는 전기적으로 연속적인 채널을 제공하는, 광검출기; 및

상기 흡수 변조기와 광검출기에 전기적으로 연결되어 바이어스를 인가하기 위한 수단을 포함하며,

상기 전기적으로 연결된 광검출기와 흡수 변조기는 상기 기판 상에 배치되고, 제 1 세기와 제 1 소정 범위의 파장을 가지는 광이 상기 광검출기 상에 입사되고 제 2 세기, 제 2 위상, 및 제 2 소정 범위의 파장을 가지는 광이 상기 흡수 변조기 상에 입사될 때, 제 1 세기의 변화는 제 2세기와 제 2 위상 중 적어도 하나를 변화시키도록 상기 흡수 변조기 상의 바이어스에 변화를 발생시키는 것을 특징으로 하는 광변환 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 흡수 변조기의 2차원 어레이, 상기 광검출기의 2차원 어레이, 및 다수의 공급 수단을 포함하는데, 각 광검출기는 각 흡수 변조기에 전기적으로 연결되고, 전기적으로 연결된 각각의 광검출기와 흡수 변조기는 각 공급 수단에 전기적으로 연결되며 상기 기판 상에 배치되는 것을 특징으로 하는 광변환 장치.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 광검출기는 상기 흡수 변조기에 대해 수직으로 집적되는 것을 특징으로 하는 광변환 장치.

청구항 4

제 1 소정 범위의 파장을 가지는 제 1 이미지를 제 2 소정 범위의 파장을 가지는 제 2 이미지로 변환하기 위한 이미지 변환기에 있어서,

화소 형식으로 배열되고, 제 1 기판 상에 배치되고, 다수의 양자 웰을 각각 포함하며, 제 1 이미지가 상기 변환기 상에 입사될 때 상기 제 1 이미지의 각 화소에 비례하는 크기를 가지는 광전류를 발생시키는 광검출기 어레이;

제 2 기판 상에 배치된 전자 섹션; 및

화소 형식으로 배열되고 제 3 기판 상에 배치되는 광학 변조기의 어레이를 포함하며, 각 광학 변조기는 광학 변조기에 인가된 전압에 따라 제 2의 소정 범위의 파장에서 변화하는 중-정공에 기인한 흡수 및 소정 두께를 갖는 다수의 양자 웰 변조기 층을 포함하며,

상기 전자 섹션은 상기 광검출기와 상기 광학 변조기 사이에 삽입되어 전기적으로 연결되며, 제 1 이미지가 상기 변환기 상에 입사될 때의 상기 제 1 이미지를 상기 제 2 이미지로 변환시키기 위하여 상기 광검출기에 의해 발생된 광전류를 상기 광학 변조기의 각각에 인가된 전압으로 변환되도록 하는 것을 특징으로 하는 이미지 변환기.

청구항 5

제 4항에 있어서,

각 광검출기는 바운드 그라운드 에너지 상태와 바운드 여기 에너지 상태를 가지는 다수의 양자 웰 및, 상기 양자 웰 사이에 삽입되며 인접하는 양자 웰의 상기 여기 에너지 상태와 공진을 이루는 미니밴드 에너지 상태를 각각 갖는 다수의 초격자 배리어 층을 포함하는 다중층 구조를 구비하며, 상기 미니밴드와 여기 에너지 상태는 캐리어가 상기 그라운드 에너지 상태에서 상기 여기 에너지 상태로 여기하도록 하는 상기 웰과 층을 가로지르는 전기적 연속 채널을 제공하며 제 1 소정 범위의 파장을 가지는 광자의 흡수에 의한 미니밴드를 제공하는 것을 특징으로 하는 이미지 변환기.

청구항 6

제 1 소정 범위의 파장을 가지는 적외선 이미지를 제 2 소정 범위의 파장을 가지는 제 2 이미지로 변환하기 위한 집적 이미지 변환기에 있어서,

제 1 기판;

화소 형식으로 배열되며, 상기 적외선 이미지가 상기 변환기에 입사될 때, 상기 입사된 적외선 이미지의 각 화소의 세기에 비례하는 크기를 가지는 광전류를 발생시키는 다수의 적외선 검출기를 포함하는 적외선 검출기 어레이 섹션;

화소 형식으로 배열되며, 상기 광학 변조기에 인가된 전압에 따라 제 2 소정 범위의 파장을 가지는 광을 각각 흡수하는 다수의 광학 변조기를 포함하는 광학 변조기 어레이 섹션; 및

제 2 기판 상에 배치되고, 적외선 검출기에 의해 발생된 광전류를 전압으로 변환하기 위한 다수의 수단을 포함하는 전자 섹션을 포함하며,

상기 적외선 검출기 어레이 섹션과 광학 변조기 어레이 섹션은 하나가 다른 하나의 상부 및 제 1 기판 상에 배치되고, 상기 다수의 변환 수단은 상기 광전류로부터 변환된 전압을 상기 광학 변조기 각각에 인가하며 상기 적외선 이미지를 제 2 이미지로 변환시키기 위하여 화소 대 화소에 근거하여 상기 적외선 검출기 어레이 섹션 중 하나 및 상기 광학 변조기 어레이 섹션에 전기적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 집적 이미지 변환기.

청구항 7

반도체 장치에서, 제 1 소정 범위의 파장을 가지는 광을 제 2 소정 범위의 파장을 가지는 광으로 변환하는 방법에 있어서,

제 1 소정 범위의 파장을 가지는 광을 다수의 양자 웰을 포함하는 다층 구조를 구비하는 적외선 검출기를 사용하여 전류로 변환하는 단계로서, 각각의 양자 웰은 바운드 그라운드 에너지 상태 및 바운드 여기 에너지 상태를 가지며, 다수의 초격자 배리어층이 상기 양자 웰들 사이에 삽입되고, 각각의 초격자 배리어층은 그 배리어층에 인접한 양자 웰의 여기된 에너지 상태와 공진하는 미니밴드의 에너지 상태를 가지며, 상기 미니밴드 및 여기 에너지 상태는 제 1의 소정 범위의 파장을 갖는 광의 흡수에 의하여 미니밴드 및 그라운드 에너지 상태로부터 여기 에너지 상태로 여기된 캐리어를 위한 층 그리고 상기 웰을 가로지르는 전기적으로 연속적인 채널을 제공하며, 상기 전류는 변환된 광의 강도에 의해 결정되는, 전류 변환 단계;

상기 전류를 상기 전류의 크기에 비례하는 크기를 가지는 전압으로 변환하는 단계; 및

상기 전압에 응답하여 제 2 소정 범위의 파장을 가지는 상기 광 세기와 위상 중 적어도 하나를 제어하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광변환 방법.

요약

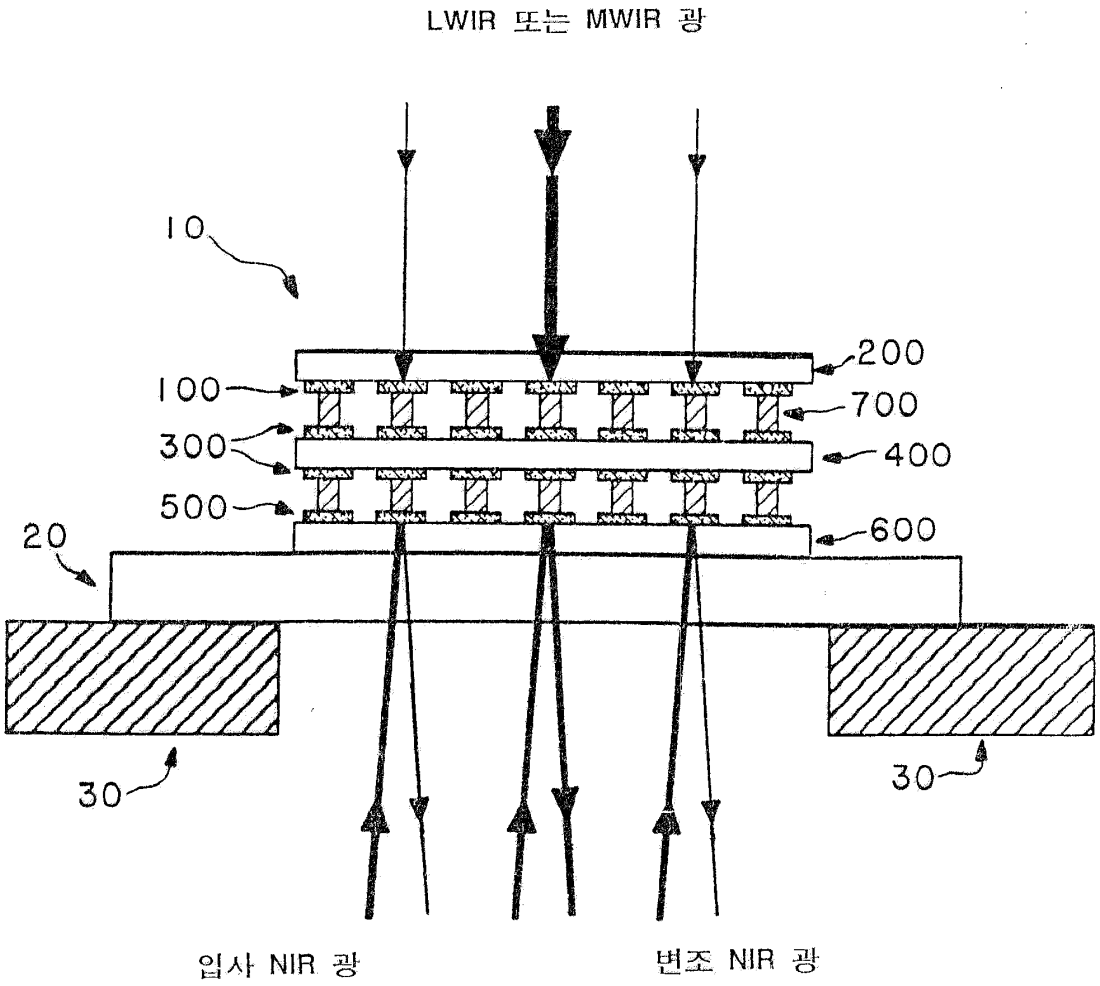
중파 적외선 또는 장파 적외선 열 이미지를 간섭성의 근적외선 이미지로 변환하기 위한 장치는 2 차원 어레이의 양자-웰 기초 광학 변조기(500)와 광검출기(100)를 포함한다. 각 변조기는 각 광검출기를 가지고 집적화되거나 하이브리드화 되고, 상기 결합은 전자 회로에 연결된다. 중파-IR 또는 장파-IR 광세기의 변화는 각 광검출기에 의해 각 변조기에 제공된 바이어스의 변화로 반전된다. 상기 바이어스 변화는 변조기를 조명하는 근-IR 광의 세기 및/또는 위상을 변조한다.

대표도

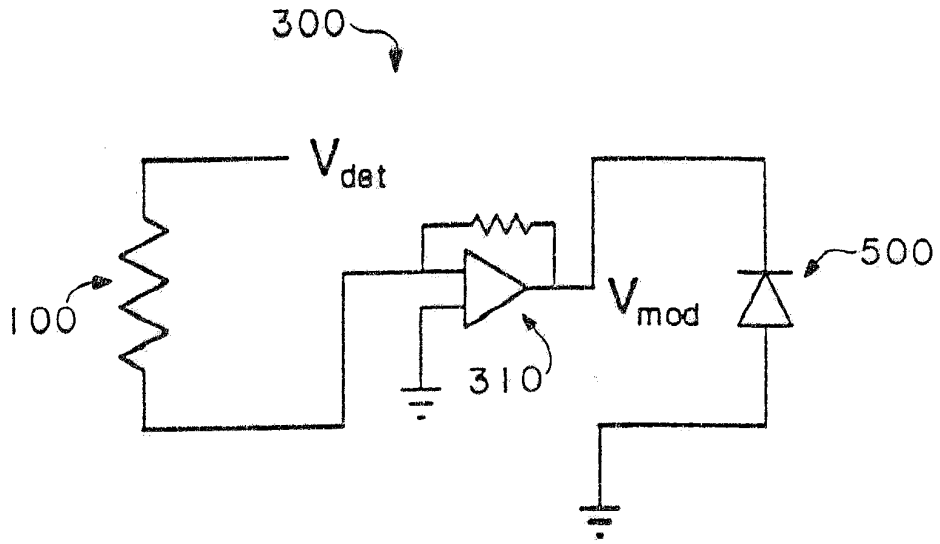
도1

도면

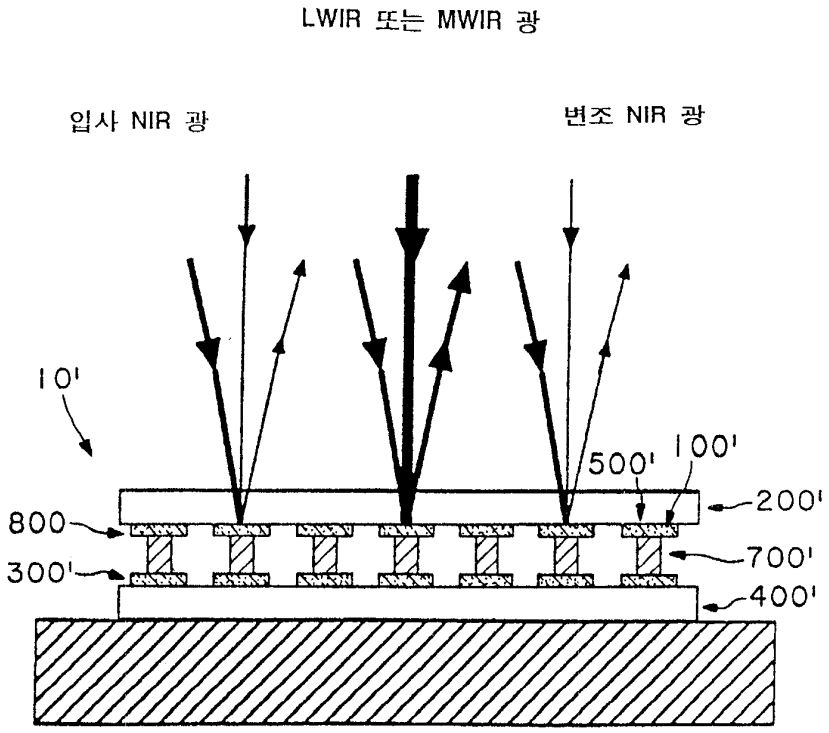
도면1



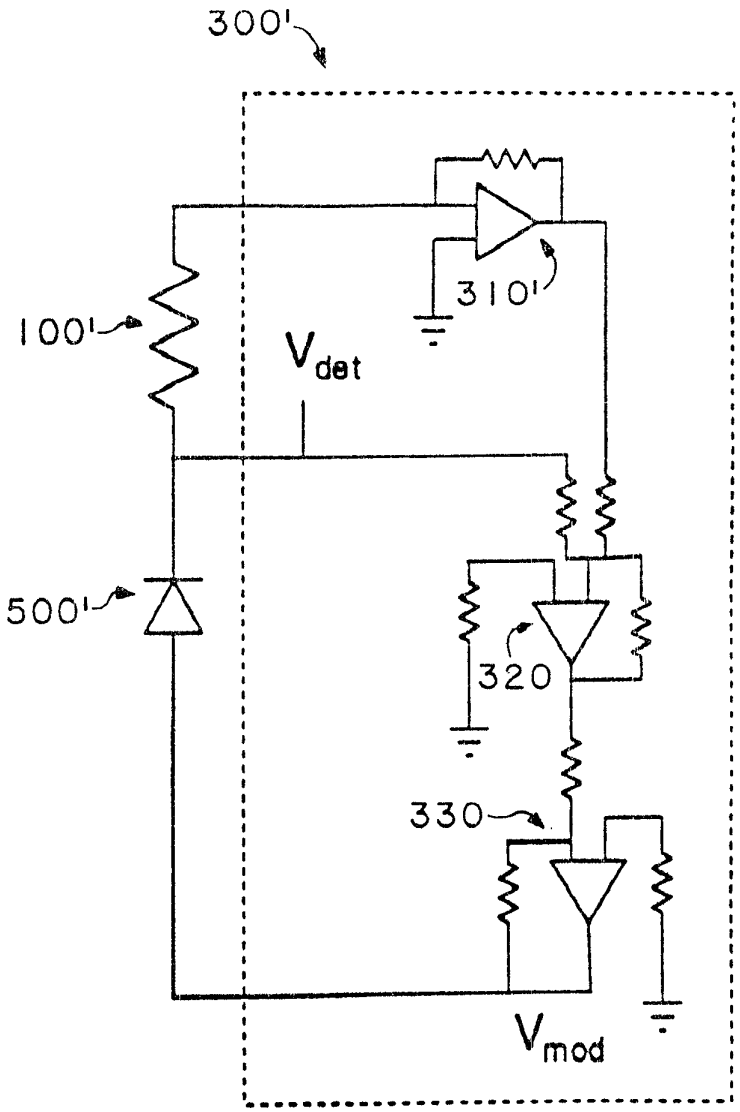
도면2


300
V_{det}
100
V_{mod}
310
500

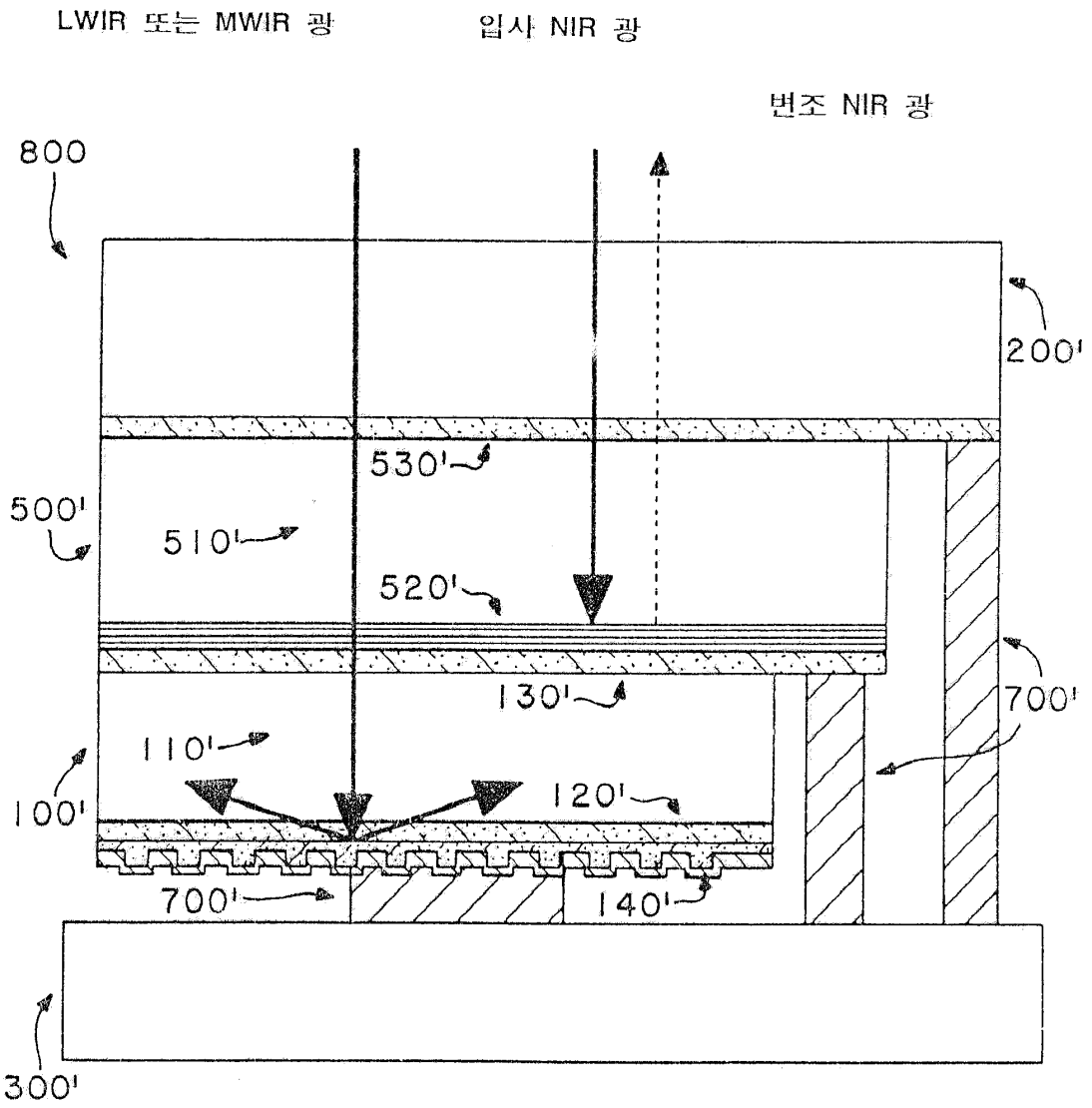
도면3


LWIR 또는 MWIR 광
입사 NIR 광
변조 NIR 광
10'
500'
100'
200'
800
700'
300'
400'

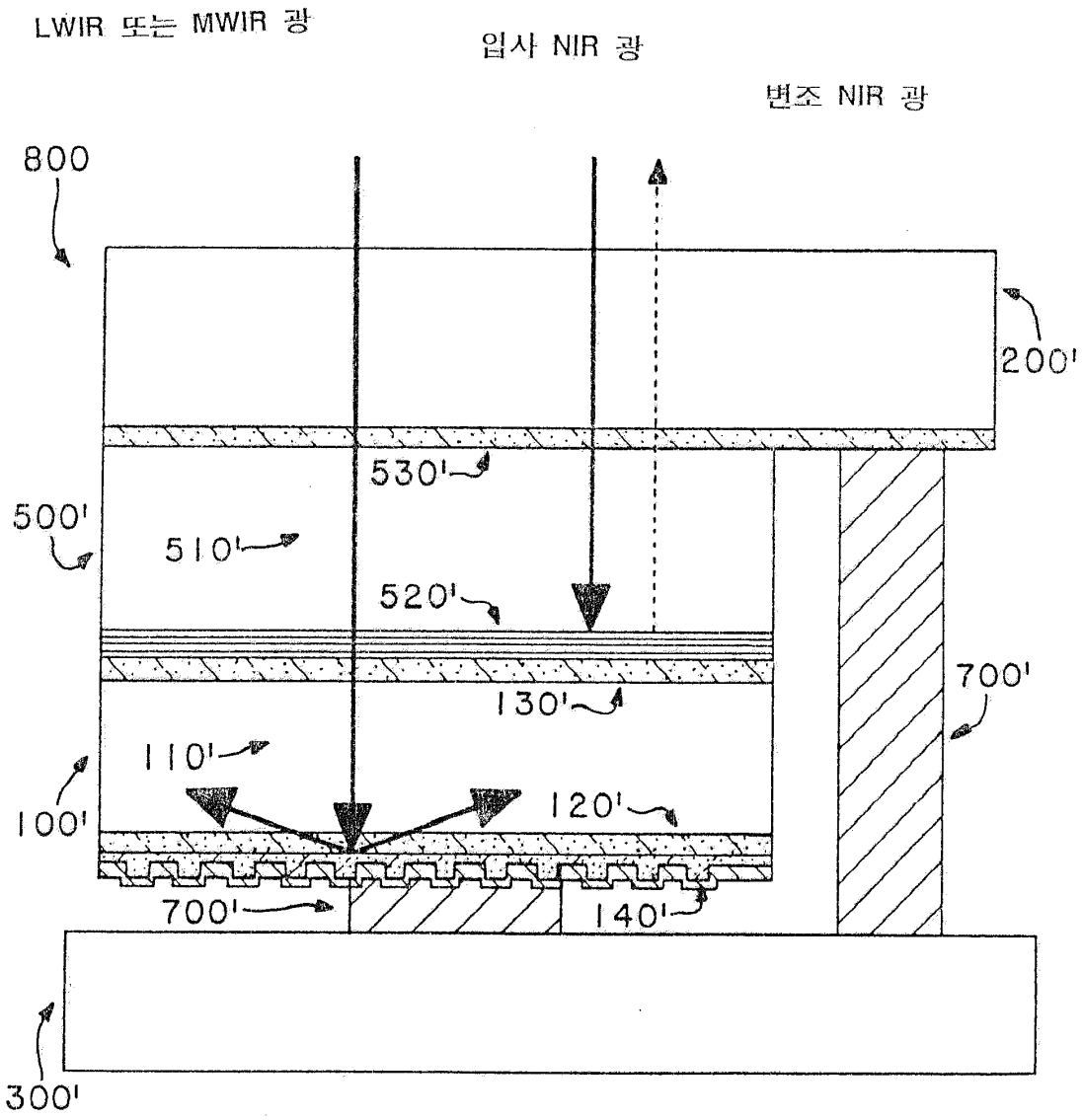
도면4



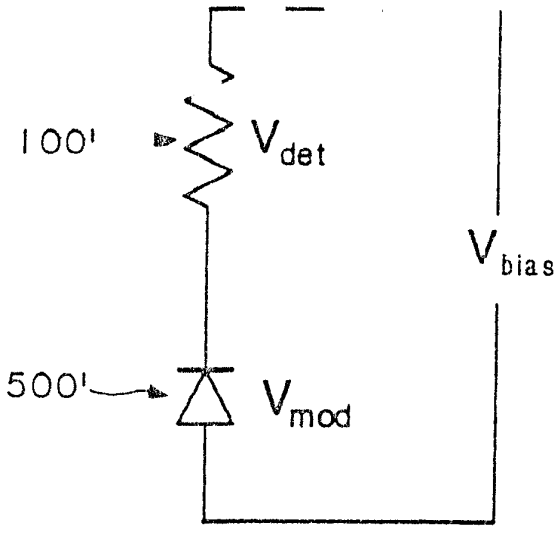
도면5


LWIR 또는 MWIR 광
입사 NIR 광
변조 NIR 광
800
200'
530'
500'
510'
520'
130'
700'
110'
100'
120'
700'
140'
300'

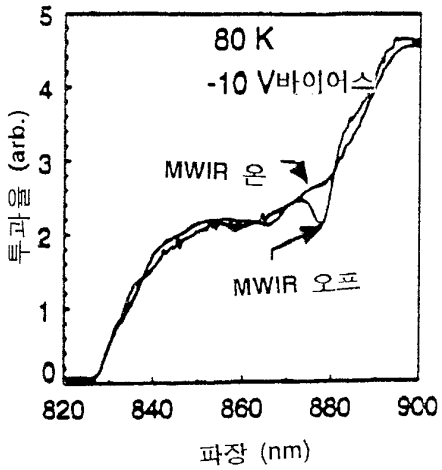
도면6


LWIR 또는 MWIR 광
입사 NIR 광
변조 NIR 광
800
200'
530'
500'
510'
520'
700'
130'
110'
100'
120'
700'
140'
300'

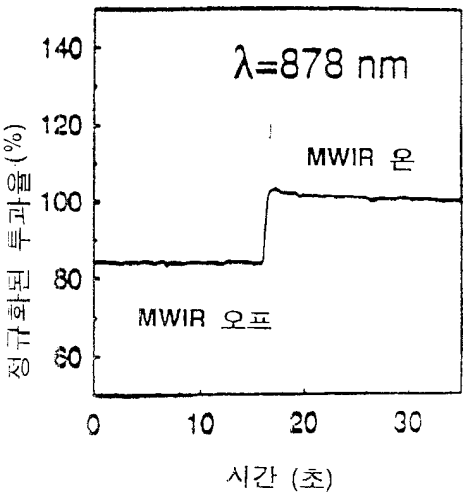
도면7


100'
V_{det}
V_{bias}
500'
V_{mod}

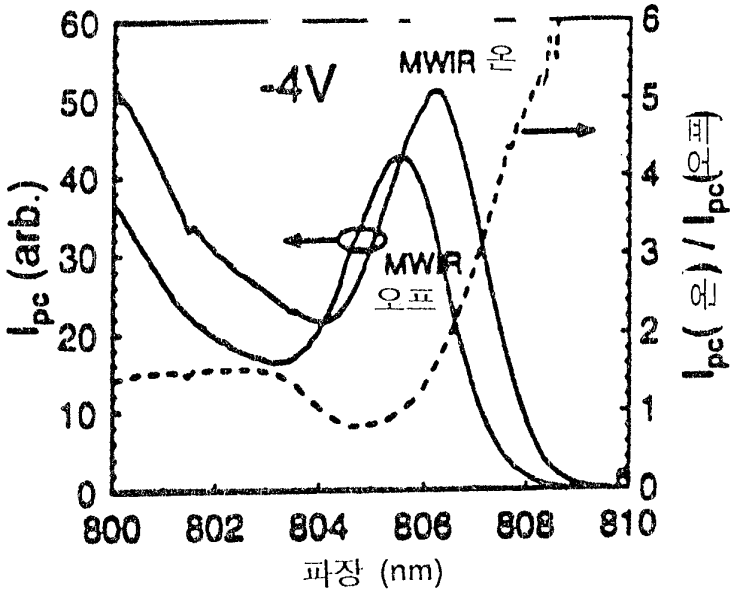
도면8a



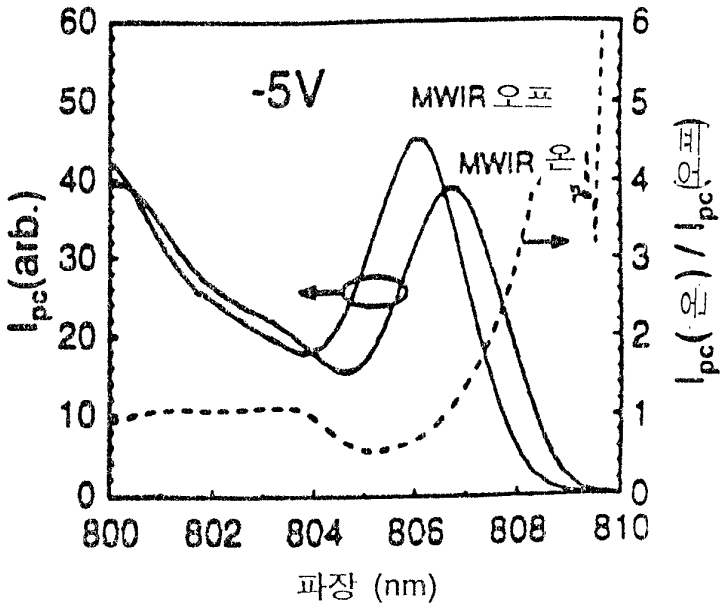
도면8b



도면9a



도면9b


-5V
MWIR 오프
MWIR 온
I_{pc}(arb.)
I_{pc}(온) / I_{pc}(오프)
60
50
40
30
20
10
0
6
5
4
3
2
1
0
800
802
804
806
808
810
파장 (nm)