

## (19) 대한민국특허청(KR) (12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. <sup>6</sup> G02F 1/09	(45) 공고일자 2002년08월27일 (11) 등록번호 10-0329101 (24) 등록일자 2002년03월06일
(21) 출원번호 10-1998-0054018 (22) 출원일자 1998년12월09일	(65) 공개번호 특2000-0038880 (43) 공개일자 2000년07월05일

(73) 특허권자	강현식
(72) 발명자	전북 전주시 덕진구 금암1동 금암-세원아파트 나동 303호 강현식
(74) 대리인	전라북도 전주시 덕진구 금암1동 금암-세원아파트 나동 303호 임평섭, 정현영, 최재희

**심사관 : 이금욱**

### (54) 아연-카드뮴-텔레늄계 결정을 이용한 전자파의 전기-광학센서

#### 요약

본 발명은 테라헤르쯔(Tera-Hertz) 전자파 센서용도의 아연-카드뮴-텔레늄(Zn-Cd-Te) 계열 전기-광학 소자를 대치하는,  $Zn_xCd_{1-x}Te$ 계 단결정에서 아연-텔레늄(ZnTe)과 카드뮴-텔레늄(CdTe)의 혼합비(x)가 0.4보다는 크거나 같고 1.0보다는 작은 혼합비( $0.4 \leq x < 1.0$ )를 갖는 아연-카드뮴-텔레늄계 결정을 이용한 전자파의 전기-광학 센서에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 아연-텔레늄 단결정 센서용 소자보다 단결정 성장에서 응점이 낮아 작업이 편리하고, 테라헤르쯔 전자파용 센서로 이용할 시에 약 1 펨토세컨드(1 femtosecond)의 단일 샷 신호(single shot signal)를 처리할 수 있는(신호대역의 총 시간분포, 1 피코초) 초고속 소자로 동작할 뿐만 아니라 DC에서 수 테라헤르쯔 정도의 초광역 밴드를 가지며 신호 대 잡음비가 대략  $10^4$  이상인 초고감도의 광학적인 특성을 제공하는 이점이 있다. 한편, 테라헤르쯔 전자파의 활용에 대해서는, 물질의 분자 운동 및 세포 조직 등을 분석하는 프루브 빔(probe beam)으로 이용할 수 있고, 물질에 대한 투과특성이 좋은 저 에너지 파이므로 현 X-선 투시기를 방사선이 없는 테라헤르쯔 전자파 투시기로 대체할 수 있고, 또 초고속 센싱 특성은 장차 신호 전송 체계의 기술이 발전되면 Tbit/sec의 신호 변조 및 처리를 할 수 있는 등 그 활용이 기대된다.

#### 대표도

#### 도4

#### 명세서

#### 도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 테라헤르쯔 전자파 대역에 대한 점유 대역의 위치를 나타낸 스펙트럼도,
- <2> 도 2는  $Zn_xCd_{1-x}Te$ 계 단결정계의 혼합비 x에 따른 에너지 밴드 에지의 변화를 도시한 그래프,
- <3> 도 3은 본 발명에 따른 전기-광학 신호 샘플링 장치를 개략적으로 나타낸 구성도,
- <4> 도 4는 본 발명에 따른 테라헤르쯔 전자파 센싱 및 검출 장치를 나타낸 구성도,
- <5> 도 5는  $Zn_xCd_{1-x}Te$  단결정계 전기-광학 센서들의 전기-광학 신호의 크기를 비교하기 위한 그래프,
- <6> 도 6은 측정된 ZnTe의 전기-광학 신호의 파형을 FFT시켜 얻은 서브 테라헤르쯔 스펙트럼(sub-terahertz spectrum)을 나타낸 파형도,
- <7> 도 7은 본 발명에서 제시한 Zn-Cd-Te계 전기-광학 소자를 장착한 이미지 센서를 나타낸 구성도,
- <8> 도 8은 정상 세포와 암세포를 테라헤르쯔 전자파를 이용하여 분석한 것을 나타낸 예시도이다.

#### 발명의 상세한 설명

##### 발명의 목적

##### 발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

- <9> 본 발명은 전기-광학(Electro-Optic) 센서에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 아연-카드뮴-텔레늄

(Zn-Cd-Te) 계열 전기-광학 소자를 대체하는,  $Zn_xCd_{1-x}Te$ 계에서 혼합비(x)가 0.4보다는 크거나 같고 1.0보다는 작은 혼합비( $0.4 \leq x < 1.0$ )를 갖는 아연-카드뮴-텔레늄계 결정을 이용한 전자파의 전기-광학 센서(Electro-Optic Sensor of Electromagnetic Wave Using ZnCdTe Crystal)에 관한 것이다.

- <10> 도 1은 테라헤르쯔 전자파 대역에 대한 점유 대역의 위치를 나타낸 스펙트럼도이다. 도 1에 도시한 바와 같은 테라헤르쯔(THz; Tera-Hertz) 전자파 대역은 지금까지 일류가 응용하기 어려웠던 전자파 스펙트럼의 영역으로, 원적외선과 마이크로파의 중간 영역을 차지하고 있는 영역이다.
- <11> 1990년대에 들어서면서 초고속 광학-전기 통신과 관련된 연구는 초고속 광대역 통신에 요구하는 시대적인 요청과 기술적인 환경의 발전에 힘입어 기술적인 진보의 전기를 맞이하게 되었다. 우선, 파의 발전, 전파 및 검출에 대한 기초적인 연구를 근간으로 하여 이 시기에 집중된 단파장 펄스 레이저에 대한 연구는 펨토세컨드(femto-second,  $10^{-15}$  sec.) 펄스폭을 가지는 레이저를 개발할 수 있는 기술력을 확보할 수 있도록 해주었다. 이에 따라 테라헤르쯔 전자파의 발전이 점차 용이해졌으며, 이 분야에 대한 계속된 연구는 테라헤르쯔 전자파의 센싱 및 검출을 점차 손쉽게 하였을 뿐만 아니라 테라헤르쯔 전자파에 대한 과학적인 이해를 넓혀주는 개기를 제공했다.
- <12> 오늘날, 전술한 바와 같은, 테라헤르쯔 전자파는 물질에 대한 투과 능력이 뛰어난 저에너지파라는 사실과 한 펄스(single shot pulse)의 시간적 분해능(temporal resolution)이 1 피코세컨드(1 pico-second) 미만이라는 매우 우수한 전자파적인 장점을 보유하고 있음에 기인하여 전자, 통신, 기계, 검출 및 의료 장비에까지 테라헤르쯔 전자파를 이용하고자 하는 다양한 가능성이 적극적으로 타진되고 있다.
- <13> 기본적으로, 테라헤르쯔 전자파의 응용을 위해서는 테라헤르쯔 전자파의 발전, 전파, 센싱 및 검출과 관련된 기술을 확보해야 하는 데, 특히, 광학적 프루브 빔(probe beam)에 신호 역할을 하는 테라헤르쯔 전자파를 싣는 일, 즉, 광학적 변조를 수행을 하는 센서를 고특성의 재료로 구성하는 것이 매우 중요하다. 즉, 우수한 광변조 센서를 만들기 위해서는 광학적 변조가 잘 이루어질 수 있는 물질이 선정되어야 하는 한편, 선정된 물질의 결정성이 우수해야 하는 것이 필수적인 조건이다.
- <14> 이와 같은 전기-광학(E-O; Electro-Optic) 소자의 센서용 재료로서는 지금까지는  $LiBaO_3$  및  $LiNbO_3$  와 같은 페로브스카이트(perovskite)형 결정구조를 갖는 산화물 소재가 사용되고 있다. 최근에는 이를 대체하는 아연-텔레늄(ZnTe) 계열의 단결정이 사용되고 있다.
- <15> 예컨대, 미국의 RPI(Rensselaer Polytechnic Institute) 대학의 연구진은 본 발명의 출원인이 제공한 전기-광학 센서용 재료인 아연-텔레늄 단결정을 전기-광학적 특성을 집약적으로 연구하여 1998년 5월 미국의 샌프란시스코에서 개최된 비선형 광학 물질 및 초고속 광전자에 관련된 SPIE 심포지움의 테라헤르쯔 분광(spectroscopy) 응용 분야에서, 이 아연-텔레늄 단결정이 매우 우수한 고 광학적 특성을 제공할 수 있다는 연구 결과를 상세하게 발표한 바 있다.
- <16> 종래 기술에 따른 전기-광학 변조 센서와 관련된 대표적인 선출원은 미합중국 특허출원 제 05185675 호, "Electro optic modulator systems for fiber optic information transmission", 미합중국 특허출원 제 05835646 호, "Active optical circuit sheet or active optical circuit board, active optical connector and optical MCM, process for fabricating optical waveguide, and devices obtained thereby", 미합중국 특허출원 제 04910454 호, "System for electrical signal sampling with ultrashort optical pulses", 미합중국 특허출원 제 04253734 호, "Electro optical modulation system", 미합중국 특허출원 제 04950884 호, "Electro-optic modulator and modulation method", 미합중국 특허출원 제 05739936 호, "Electro-optical circuit for signal transmission", 미합중국 특허출원 제 05530580 호, "Electro absorption optical modulators", 미합중국 특허출원 제 04849753 호, "Electro optic high temperature well bore modulator", 미합중국 특허출원 제 04755013 호, "Light scanning optical system of an image output scanner using an electro mechanical light modulator", 미합중국 특허출원 제 05622816 호, "Direct to stamper/mother optical disk mastering", 미합중국 특허출원 제 03930718 호, "Electro-optic modulator", 미합중국 특허출원 제 05494782 호, "Direct to stamper/mother optical disk mastering", 미합중국 특허출원 제 05015053 호, "Reduction of modulator non-linearities with independent bias angle control", 미합중국 특허출원 제 04844577 호, "Bimorph electro optic light modulator" 등을 들 수 있다.
- <17> 그러나, 당 분야에 대한 기술적인 진보의 추이 속에서 고찰할 때, 전기-광학 광변조 센서는 장차 테라헤르쯔 전자파 응용의 가장 핵심 기술로 부상할 것이 예상되는 바, 테라헤르쯔 전자파용 전기-광학 센서인 본 소자는 대략적으로 0.3 피코세컨드(pico-second) 정도의 시간 분해능의 초고속, 주파수가 0인 DC(Direct Current)에서 수 테라헤르쯔 정도의 초광역 밴드, 및 신호 대 잡음비가 대략  $10^4$  이상인 초고감도의 광학적인 특성을 가지고 있지만, 종래 기술에 따른 전기-광학 센서는 이와 같은 고도의 광학적 특성을 효과적으로 만족시키지 못하는 문제점이 있었다.

### **발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <18> 따라서, 본 발명은 이와 같은 문제점을 극복하고 있는 것으로, 아연-텔레늄 단결정 센서용 소자보다 단결정 성장에서 용점이 낮은 아연-카드뮴-텔레늄계 결정이 오히려 전기-광학 신호 센서 특성이 우수하다는 연구 결과에 기초하여 초고속, 초광역 밴드 및 초고감도의 우수한 광학적 특성을 제공하는 아연-카드뮴-텔레늄계 결정을 이용한 전자파의 전기-광학 센서를 제공함에 그 목적이 있다.

### **발명의 구성 및 작용**

- <19> 이와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 전기-광학 센서는, 지금까지 사용되어 오던  $LiBaO_3$  및  $LiNbO_3$  등의 페로브스카이트(perovskite)형 결정구조 산화물 소재 단결정을 대체하는 아연-카드뮴-텔레늄(Zn-Cd-Te) 계열의 단결정을 이용하며,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  단결정계 중 ZnTe와 CdTe의 혼합비 x에 따른

결정을  $x=0.4\sim 1.0$ 까지 변화시키면서 단결정을 성장시키어 전기-광학 센서를 제조함으로써 테라헤르쯔 전자파용 센서로 이용할 시에 약 1 피코세컨드(1 pico second)의 시간 분해능(temporal resolution)을 갖는 초고속 소자로 동작할 뿐만 아니라 DC에서 수 테라헤르쯔 정도의 초광역 밴드를 가지며 신호 대 잡음비가 대략  $10^4$  이상인 초고감도의 광학적인 특성을 제공하는 것이 특징이다.

- <20> 이하, 본 발명에 따른 아연-카드뮴-텔레늄계 결정을 이용한 전자파의 전기-광학 센서에 대한 이해를 도모하기 위해  $Zn_xCd_{1-x}Te$  단결정계 시료의 제작 및 제작된 시료의 에너지 밴드갭, 센서용 소자의 전기-광학 신호 센싱 특성을 순차적으로 설명하기로 한다.
- <21> 우선, 단결정 성장 및 전기-광학 센서 제작과 관련된 사항을 설명하면 다음과 같다.
- <22> 단결정 성장은  $Zn_xCd_{1-x}Te$  단결정계를 ZnTe 및 CdTe 혼합비  $x$ 에 따라  $x$ 구간  $0.4\sim 1.0$ 까지 가변시키면서 브리지만(Bridgman)법으로 성장시키는 데, 이들은 모두 징크블렌드(Zincblend) 구조를 갖고 있다.
- <23> 도 2는  $Zn_xCd_{1-x}Te$ 계 단결정계의 혼합비  $x$ 에 따른 에너지 밴드 에지의 변화를 도시한 그래프로,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  단결정계를 ZnTe 및 CdTe 혼합비  $x$ 에 따라  $x$ 구간  $0.4\sim 1.0$ 까지, 브리지만(Bridgman)법으로 성장한 것들 중  $x=1.0, 0.8, 0.6$  및  $0.4$ 에 대한 광투과 및 광 루미네센스(optical luminescence) 측정을 통해 에너지 밴드갭 에지(Energy bandgap edge)를 상온과 저온(20K)에서 조사하여 나타낸 것이다.
- <24> 도 2를 통해 확인할 수 있듯이,  $x$ 값이  $0.8, 0.6, 0.4$ 로 변함에 따라 광의 투과 에지는  $1.87, 2.13$  및  $2.25$  eV가 되어 이 단결정계는 전기-광학 샘플링에서 사용되는 프루브 빔 레이저(probe beam laser,  $\lambda=800nm, 1.554$  eV)가 쉽게 투과될 수 있는 범위에 들어감을 알 수 있다.
- <25> Zn-Cd-Te 단결정을 이용한 전기-광학 센서를 제작하기 위해 단결정 ZnTe,  $Zn_{0.8}Cd_{0.2}Te$ ,  $Zn_{0.6}Cd_{0.4}Te$  및  $Zn_{0.4}Cd_{0.6}Te$  단결정[110]과 이에 동등한 평면[ $l\ l\ 0$ ]으로 약  $0.1\mu m$  크기의 알루미늄 분말을 이용하여, 벽개된 양면이 완전한 플랫 미러 표면(flat mirror surface)이 되도록 연마한 다음에 2% 브로마인-메탄올(bromine-methanol) 용액에서 1~2초 간 에칭(etching)한 후, 세척하여 단결정 양면에 붙어 있는 불순물을 완전히 제거함으로써 전기-광학 센서를 제작한다.
- <26> 본 발명에 대한 좀 더 깊은 이해를 돕기 위해서는 아연-텔레늄 계열의 물성 및 그 응용과 관련된 대표적인 선출원인 미합중국 특허출원 제 05008891 호, "Semiconductor light-emitting devices", 미합중국 특허출원 제 04689520 호, "Color cathode ray tube having an improved color phosphor", 미합중국 특허출원 제 04772818 호, "Cathode ray tube with pigment-doped phosphor", 미합중국 특허출원 제 04252669 호, "Luminescent material and method of making the same" 등을 참조하도록 하고 특히, 본 발명과 직접적으로 관련된 ZnCdTe의 물성과 그 응용과 관련된 선출원인 미합중국 특허출원 제 04589192 호, "Hybrid epitaxial growth process"가 있음에 따라 이를 참조하기로 한다.
- <27> 이어서, 전기-광학 센서의 테라헤르쯔 전자파 신호 센싱 특성을 설명하면 다음과 같다.
- <28> 우선, 전기-광학 센서의 광특성을 측정하기 위한 테라헤르쯔 전자파 생성을 위한 구성을 설명하기로 한다.
- <29> 도 3은 본 발명에 따른 전기-광학 신호 샘플링 장치를 개략적으로 나타낸 구성도이고, 도 4는 본 발명에 따른 테라헤르쯔 전자파 센싱 및 검출 장치를 나타낸 구성도이다.
- <30> 과거에 짧은 펄스의 기가헤르쯔(GHz; Giga-Hertz) 전자파의 생성은 과거에는 주로 광도전형 쌍극자 안테나(optoconductive dipole antenna, Hermitian structure)를 이용하였으나, 최근에는 펨토세컨드(femto-second)의 펄스폭을 갖는 고출력 레이저가 개발됨에 따라 전극이나 바이어스를 걸지 않고 직접 강한 펄스의 광을 반도체 물질에 조사하여 반도체 내에서 순간적 전류 펄스가 생기게 하면, 이렇게 순간적으로 변화된 전류가 다시 전자파 복사를 생성시키는 체렌코프 방사(Cherenkov radiation)에 의해 발생된 전자파가 바로 테라헤르쯔(Tera-Hertz) 주파수의 전자파가 된다.
- <31> 본 발명에서는 주로 갈륨-아세나이드(GaAs)나 카드뮴-텔라라이드(CdTe) 등 징크블렌드 구조의 반도체를 이용한 에미터(emitter)를 사용하여 테라헤르쯔 전자파 빔(Tera-Hertz electromagnetic wave beam)을 발생시킨다.
- <32> 테라헤르쯔 전자파의 발진은 아르곤 이온 레이저(Ar ion laser,  $\lambda=4880\text{\AA}$ )의 빔을 Ti-사파이어(femtosecond laser, 800nm, Coherent Mira 900)에 입사시킴으로써 펄스 레이저로 변환된 빔을 획득하는데, 이 변환된 펄스 레이저 빔은 모드 락(mode lock)된 펨토세컨드(femto-second)의 극초단 펄스폭을 갖는다.
- <33> 본 발명에서는 펄스 유지 시간(pulse duration)이 약 150 펨토세컨드이고, 반복율(repetition rate)이 76MHz인 빔을 사용한다. 이 빔을 빔 분할기(beam splitter)로 분리하여 한쪽을 에미터에 입사할 펌핑 빔(pumping beam, 1W)으로 다른 한쪽을 프루브 빔(probe beam, 100  $\mu W$ )으로 하는 데, 펌핑 빔은 무전극 GaAs 에미터에 입사하여 테라헤르쯔(THz) 전자파를 발진시킨다.
- <34> 테라헤르쯔 전자파의 센싱 및 검출은 편광판을 거쳐 발진·방사된 테라헤르쯔 전자파를 전술한 프루브 빔(100  $\mu W$ )과 함께(copropagating)  $Zn_xCd_{1-x}Te$  센서 결정의 [110]면에 수직하게 입사하여 결정 내에서 프루브 빔에 테라헤르쯔 전자파가 실리게 함으로써 전기 광학 효과인 포켈 효과(Pockels effect)에 따라 변조된 프루브 빔이 출력되게 한다. 참고로, 포켈 효과란 투명한 결정체에서 거기에 가해지는 전기장의 세기에 비례하여 입사 probe beam의 굴절률이 변화하는 현상을 말한다.
- <35> 이때, 펌핑 빔의 광경로에 지연 스테이지(delay stage), 즉 스캐너(scanner)삽입하여 시간 지연(Time Delay)을 시킴으로써 프루브 펄스와 테라헤르쯔 전자파가 정합되게 한다. 전기-광학 센서( $Zn_xCd_{1-x}Te$  결정)에서 나온 변조된 프루브 빔을 편광 빔 분할기(polarization beam splitter)를 이용하여 p-편광 및 s-편광으로 분리한 후, 이것을 두 개의 Si-광 검출기에 각각 입사시켜 이 두 신호의 차가 생기게 한다.

우선, 테라헤르쯔 전자파가 변조된 것을 Si-광 검출기가 검출한 광전류(photocurrent)에서 테라헤르쯔 전자파 없이 프루브 빔만을 검출한 광전류를 빼내면, 그 차이가 바로 테라헤르쯔 전자파의 순간적인 국소 필드(local field) 강도를 나타내는 전기-광학 신호가 된다.

- <36> 이하, 이러한 전기-광학 신호의 특성을 도 5를 참조하여 좀 더 상세하게 살펴보면 다음과 같다.
- <37> 도 5는  $Zn_xCd_{1-x}Te$  단결정계 전기-광학 센서들의 전기-광학 신호의 크기를 비교하기 위한 그래프로,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  단결정계의  $x=1.0, 0.8, 0.6$  및  $0.4$ 에 대해 전기-광학 신호(E-0 signal)를 조사했을 경우, 각각 단결정에 있어서, 시간 지연(Time Delay)에 대한 전기-광학 신호의 특성을 표시하고 있다.
- <38> 예컨대,  $x=1.0$ (ZnTe)인 경우, 현재 상용 샘플로서 판매되고 있는 가장 좋은 단결정(미국 II-VI 사의 ZnTe 제품)의 전기-광학 신호의 세기와 거의 같음을 확인할 수 있다. 이를 통해 본 발명에 의해 성장된 ZnTe 단결정의 질이 매우 우수함을 확인할 수 있다.
- <39> 그리고,  $x=0.8$ 인 경우에는, 현재 전기-광학 센서로 대두되고 있는 ZnTe( $x=1.0$ ) 보다 더 큰 전기-광학 신호의 세기를 보임을 알 수 있다. 즉, 이원계 Zn-Te계의 신호값이 약 5nA를 나타내는 것에 비해  $x=0.8$ 인 경우( $Zn_{0.8}Cd_{0.2}Te$ )에는 약 10nA로써 약 2배의 강도를 나타내고 있다. 이로써 Zn-Te에 비해 Zn-Cd-Te계가 더 좋은 전기-광학 센서로 응용될 수 있음을 명백하게 알 수 있다.
- <40> 한편,  $x=0.6$ 의 단결정에서 작은 전기-광학 신호가 측정되었으며,  $x=0.4$ 에서는 전기-광학 신호가 전혀 측정되지 않는다.
- <41> 이때, 이상의 세 경우의 신호들은, 신호 대 잡음비(S/N)가 10000:1 보다 크게 나타나고 있다.
- <42> 이어서, 도 6을 참조하여 본 발명의 전기-광학 센서의 주파수 스펙트럼 특성에 대해 살펴보기로 한다.
- <43> 도 6은 측정된 ZnTe의 전기-광학 신호의 파형을 FFT시켜 얻은 서브 테라헤르쯔 스펙트럼(sub-terahertz spectrum)을 나타낸 파형도이다.
- <44> 측정된 전기-광학 신호의 파형은 타임 영역(time domain)에서 도시한 것이므로, 수치해석적인 방법인 패스트 푸리에 변환(FFT; Fast Fourier Transformation)을 이용하여 주파수 영역(frequency domain)에서의 신호 특성을 얻을 수 있음에 따라 본 발명에서는 FFT를 이용하여 각각의 전기-광학 신호에 대한 주파수 스펙트럼을 얻는다.
- <45> 도 6을 통해 알 수 있듯이, 주파수 스펙트럼이 0.3 THz를 중심으로 하여, 0~1.4 THz 범위에 주 피크 폭을 가지고 있으며, 그 이상 약 2 THz 범위까지 약한 세기를 가지고 있음을 보여준다. 종래 기술에 따른 다른 ZnTe 시료에서 보여준 바와 같이 5 테라헤르쯔 영역까지 확장되지 않는 이유는 방사된 소스 파의 스펙트럼 때문인 것으로 판단된다.
- <46>  $Zn_{0.8}Cd_{0.2}Te$ ,  $Zn_{0.6}Cd_{0.4}Te$  및 ZnTe(II-VI Co.) 단결정의 FFT한 파형들은 진폭 세기를 제외하고, 거의 동일한 진동수 분포를 가지고 있어 이것은 파의 강도를 센싱하는 차이 외에는 성분비에 관계없이 거의 비슷한 스펙트럼을 갖는 것을 의미한다. 또한, 방출되는 전기장은 광학적으로 유도된 유전 편극의 시간에 대한 2계 미분값에 의존하며, 광에 의한 분극은 고정된 공간축과 시료의 결정축 및 시료의 유전 텐서(tensor)의 주축에 따라 결정된다.
- <47> 본 발명에 따른 전기-광학 센서의 응용 분야에 대해 살펴보기로 한다.
- <48> 우선, 다양한 응용 분야들 중에서 2차원 실시간 투시상과 관련된 응용에 대해 설명하기로 한다.
- <49> 테라헤르쯔(THz)의 전자파는 물질에 대한 투과 특성이 좋고, 또 저에너지 광파이므로 상자 안의 물체 투시용으로 적합하여, 현재 사용되는 있는 엑스선(X-ray) 투시기를 전부 방사능 위험이 없는 안전한 테라헤르쯔 투시기로 대체할 수 있다.
- <50> 따라서 본 발명에서는 저에너지를 갖는 테라헤르쯔 빔을 조사하였을 때 본 발명에서 제시한 Zn-Cd-Te 전기-광학 소자를 장착한 투시기를 채택함으로써 새로운 발상의 이미지 센서를 제공한다.
- <51> 도 7은 본 발명에서 제시한 Zn-Cd-Te계 전기-광학 소자를 장착한 이미지 센서를 나타낸 구성도이다. 입사된 테라헤르쯔 빔은 투시물체를 지나 렌즈로 적당한 크기로 조정된 후 독출 빔(readout beam)용으로 나가는 빔과 동시에 같은 경로로(copropagate) Zn-Cd-Te 소자에서 독출빔이 THz beam의 신호를 싣고 진행한 후 분석기(Analyzer)를 통하여 CCD(charge coupled device) 영상 장치에 연결되어 상을 만들고 이것이 모니터에 표시되게 된다.
- <52> 이와 같은 경로를 통해 본원 발명에서 제시한 Zn-Cd-Te계 전기-광학 소자를 이용한 영상 투시 장치를 사용할 경우, 기계, 건축 및 토목 분야 등에서의 비파괴 검사용으로 사용될 수 있으며, 특히 기존의 엑스선 투시기를 대체 가능할 뿐 아니라 방사선의 위험으로부터 자유로운 영상 투시기를 얻을 수 있는 이점이 있다.
- <53> 또 다른 응용 분야로는 세포 조직 및 물질의 구성 분자 운동을 해석하기 위한 분야에 사용될 수 있다.
- <54> 도 8은 정상 세포와 암세포를 테라헤르쯔 전자파를 이용하여 분석한 것을 나타낸 예시도이다.
- <55> 테라헤르쯔 전자파의 에너지는 물질 구성 분자나 세포 조직의 운동 에너지와 비슷함에 따라, 이들을 투과시키거나 반사시킬 때 전기-광학 신호가 크게 변화됨을 알 수 있다. 이 스펙트럼을 분석하면 물질의 분자 운동의 연구에 크게 도움이 될 수 있다. 도 8에 도시한 바와 같이 암세포(cancer tissue)와 정상 세포(normal tissue)에 테라헤르쯔 전자파의 전기-광학 신호를 투과 시켰을 때 뚜렷이 차이가 남을 보고 곧 정상 세포와 암세포를 구별할 수 있음을 알 수 있다. 즉 이와 같은 역할의 전기-광학 센서를 제공

할 수 있는 이점이 있다.

<56> 한편, 초고속 정보 처리와 관련된 응용 분야에서는 테라헤르쯔 전기-광학 신호의 단일 샷 신호(single shot signal)의 시간 분해능(temporal resolution)이 1 피코세컨드(1 picosecond) 범위이므로 우선 Tbps(Tera-bit per second)의 속도로 신호를 프루브 빔에 실는 변조를 수행할 수 있음에 따라 장치 이 분야의 센서로의 역할도 크게 기대된다.

<57> 본원에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의내려진 용어들로써 이는 당분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있으므로 그 정의는 본원의 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

<58> 또한, 본원에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 통해 본 발명을 설명했으므로 본 발명의 기술적인 난이도 측면을 고려할 때, 당분야에 통상적인 기술을 가진 사람이면 용이하게 본 발명에 대한 또 다른 실시예와 다른 변형을 가할 수 있으므로, 상술한 설명에서 사상을 인용한 실시예와 변형은 모두 본 발명의 청구 범위에 모두 귀속됨은 명백하다.

**발명의 효과**

<59> 이상에서 상세하게 설명한 바와 같이, 아연-카드뮴-텔레늄(Zn-Cd-Te) 계열의 단결정을 이용함에 있어서,  $Zn_xCd_{1-x}Te$  단결정계 중 ZnTe와 CdTe의 혼합비 x에 따른 결정을  $x=0.4\sim 1.0$ 까지 변화시키면서 단결정을 성장시켜 전기-광학 센서로 이용하는 본 발명에 따른 아연-카드뮴-텔레늄계 결정을 이용한 전자파의 전기-광학 센서에 따르면, 아연-텔레늄 단결정 센서용 소자보다 단결정 성장에서 용점이 낮아 작업이 편리하고, 테라헤르쯔 전자파용 센서로 이용할 시에 약 1 피코세컨드(1 pico second)의 시간 분해능(temporal resolution)을 갖는 초고속 소자로 동작할 뿐만 아니라 DC에서 수 테라헤르쯔 정도의 초광역 밴드를 가지며 신호 대 잡음비가 대략  $10^4$  이상인 초고감도의 광학적인 특성을 제공하는 이점이 있다.

<60> 테라헤르쯔(THz)의 전자파는 물질에 대한 투과특성이 좋고, 또 저에너지 광파이므로 장치는 상자 안의 물체 투시용으로 적합하여, 현재 사용되고 있는 엑스선 투시기를 전부 방사능 위험이 없는 안전한 테라헤르쯔(THz)파 투시기로 대체할 수 있는 효과가 있다. 이 경우, 2차원 영상을 얻을 수 있는 발명이 더 필요하며, 기계, 건축 및 토목 등의 분야에서 비파괴 검사용으로 응용할 수도 있다. 앞에서 설명한 바와 같이 생체 조직 및 물질의 분자 운동 분석 응용에 테라헤르쯔 전자파를 활용할 수도 있다. 서브피코세컨드(subpico second)의 초고속 특성과 광대역 장파장(0.1~7 테라헤르쯔) 특성을 이용한 수 Tbit/s 급의 대용량 신호 처리, 무선광 통신 및 컴퓨팅 등의 고속 테라헤르쯔(THz) 통신 응용이 가능할 것으로 예측된다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1**

아연-카드뮴-텔레늄(Zn-Cd-Te) 계열 결정을 이용한 테라헤르쯔 전자파 신호센서용 전기-광학 소자에 있어서, 단결정의  $Zn_xCd_{1-x}Te$ 에서 혼합비(x)가  $0.4\leq x<1.0$ 를 갖으며, 결정면 (110)면에 따라 일정두께로 커팅된 후, 양면이 플랫폼러 표면(flat mirror surface)으로 가공되는 것을 특징으로 하는 테라헤르쯔 전자파의 전기-광학 센서.

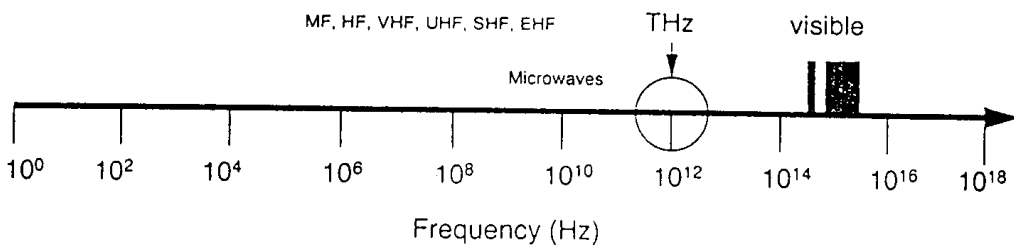
**청구항 2**

제 1 항에 있어서, 상기 혼합비(x)는,

0.8인 것을 특징으로 하는 아연-카드뮴-텔레늄계 결정을 이용한 전자파의 전기-광학 센서.

**도면**

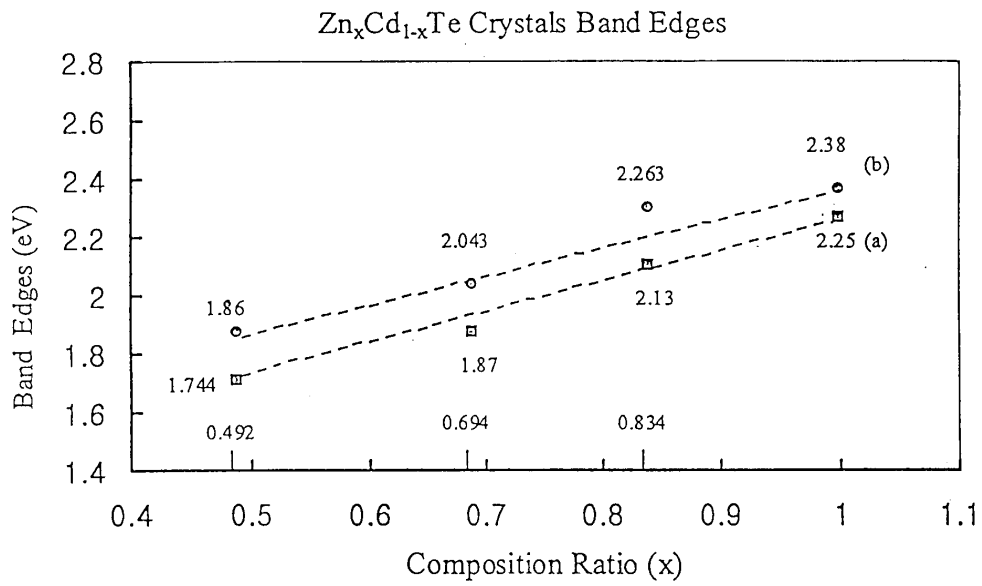
**도면1**



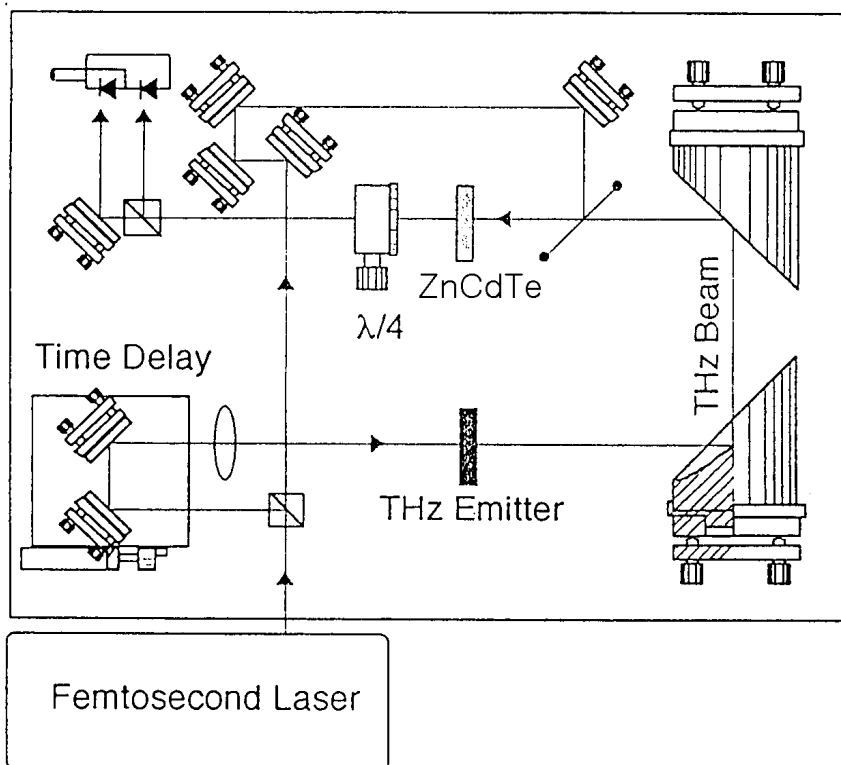
$$1 \text{ THz} = 1 \text{ ps} = 300 \mu\text{m} = 33 \text{ cm}^{-1} = 4.1 \text{ meV}$$



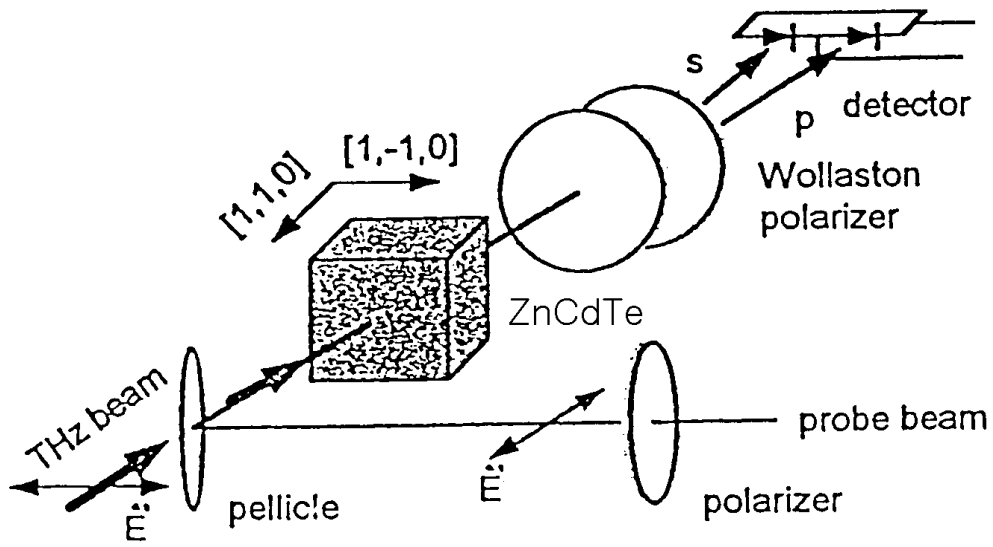
## 도면2



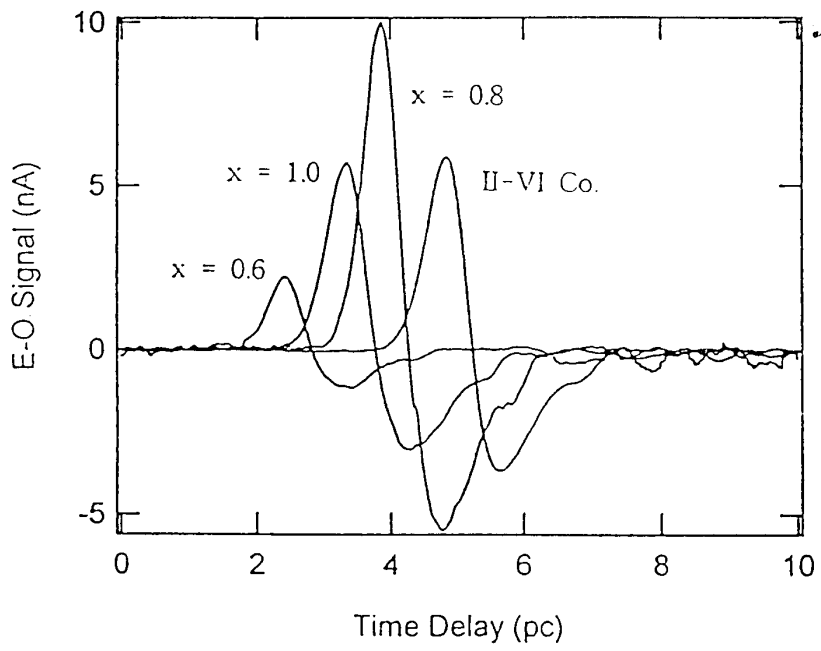
## 도면3



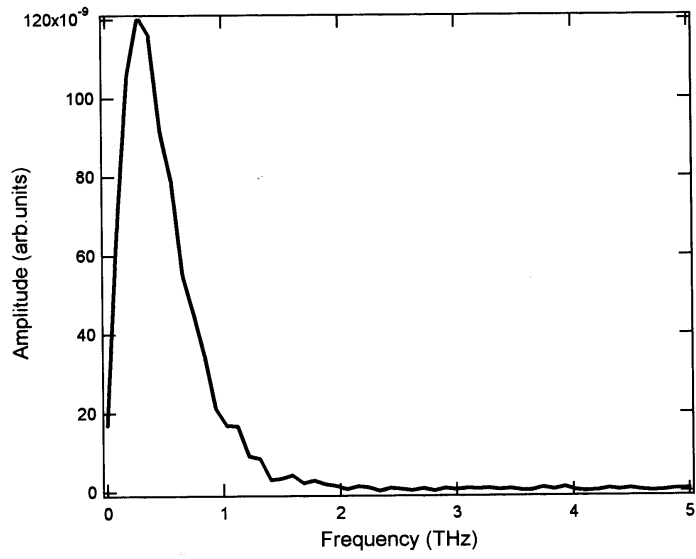
도면4



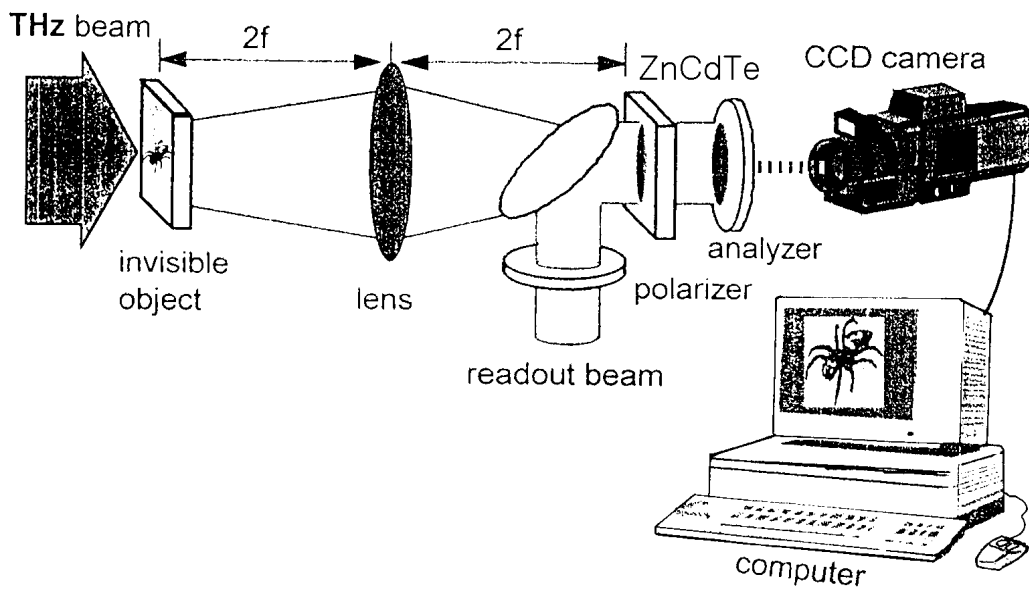
도면5



도면6



도면7





도면8

