

Hg_{1-x} Cd_x Te photovoltaic 대형 적외선 감지 소자의 제작(Fabrication of a Large-Area Hg_{1-x} Cd_x Te Photovoltaic Infrared Detector)

鄭 漢*, 金 觀*, 李 熙 哲* 金 在 默* **

(Han Chung, Kwan Kim, Hee Chul Lee and Jae Mook Kim)

要 約

CdTe 기판위에 액상 에피택시 (LPE)로 성장시킨 p형 Hg_{1-x}Cd_xTe (MCT)에 n⁻p 접합을 형성하여 3-5 μ m 파장의 적외선을 감지하는 광기전력형 대형 적외선 감지소자를 제작하였다. 제작에 사용된 MCT 기판의 조성비 (x)는 0.295 이고, 정공농도는 $1.3 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 이다. n⁻p 접합은 보론(boron)을 이온주입하여 형성하였으며, 주입 에너지는 100keV 이고, 주입량은 $3 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ 이다. 이때 n영역은 원형으로 지름은 2.68mm 이다. 소자의 절연층과 비반사층으로 ZnS를 진공 열증착하여 사용하는데, 저항성은 $2 \times 10^4 \Omega\text{cm}$ 정도이고, 3-5 μm 의 파장은 90%이상 통과시켜 비반사층으로서의 역할을 충분히 수행하였다. 저항성 접촉저항을 구성하기위해 p형 접촉금속으로는 금이 사용되고, n형 접촉금속으로는 인듐(indium)이 사용되었다. 소자의 제작에는 총 5장의 마스크가 사용되고, 열에 약한 기판을 보호하기 위하여 전공정을 90 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서 수행했다. 제작된 적외선 감지소자의 측정 결과, R_A 값은 $7500 \Omega\text{cm}^2$ 이고, 반송자 수명시간은 2.5×10^{-9} 초 정도로 추정되었다. 또한, n⁻p 접합은 선형 경사형 접합으로 농도의 변화율은 $1.7 \times 10^{17}/\mu\text{m}$ 정도로 측정되었다. 정규화 탐지도값은 3-5 μm 의 감지 파장대역에서 $1 \times 10^{11} \text{cmHz}^{1/2}/\text{W}$ 이상으로 응용분야에 실제 사용할 수있는 수준급 성능으로 측정되었다.

Abstract

We fabricated a large-scale photovoltaic device for detecting 3-5 μm IR, by forming of n⁻p junction in the Hg_{1-x}Cd_xTe (MCT) layer which was grown by LPE on CdTe substrate. The composition x of the MCT epitaxial layer was 0.295 and the hole concentration was $1.3 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$. The n⁻p junction was formed by B⁺ implantation at 100 keV with a dose of $3 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$. The n⁻ region has a circular shape with 2.68mm diameter. The vacuum-evaporated ZnS with resistivity of $2 \times 10^4 \Omega\text{cm}$ is used as an insulating layer over the epitaxial layer. ZnS plays the role of the anti-reflection coating transmitting more than 90% of 3-5 μm IR. For ohmic contacts, gold was used for p-MCT and indium was used for n⁻-MCT. The fabrication took 5 photolithographic masks and all the processing temperatures of the MCT wafer were below 90 $^{\circ}\text{C}$. The R_A of the fabricated device was $7500 \Omega\text{cm}^2$. The carrier lifetime of the device was estimated 2.5ns. The junction was linearly-graded and the concentration slope was measured to be $1.7 \times 10^{17} \text{cm}^{-1}/\mu\text{m}$. The normalized detectivity in 3-5 μm IR was $1 \times 10^{11} \text{cmHz}^{1/2}/\text{W}$, which is sufficient for real application.

* 正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科
(Dept. of Electrical Eng., KAIST)

(Agency for Defence Development)

接受日字: 1993年 5月 17日

** 正會員, 國防科學研究所

I. 서 론

적외선이라 함은 0.75 μm 에서 1000 μm 의 파장에 해당하는 전자기파를 말한다. 이 적외선 중에서 3~5 μm 와 8~12 μm 의 파장은 대기중에서 가장 감쇄가 적게 투과될 수 있는 파장대이다¹⁾. 그래서, 이 영역의 파장을 이용하기 위한 적외선 감지소자가 많이 제작되며, 유해가스 감지소자, 영상 인식소자, 등이 그 사용 예이다. 적외선 감지소자는 물리적 기구에 따라 열형과 양자형이 있다. 양자형은 입사광이 적외선 감지소자 재료에 흡수되어 전자 - 정공쌍을 생성하는 것인데, 열형에 비해 감지도가 높고 응답시간이 매우 빠른 장점이 있다. 양자형은 생성된 전자 - 정공쌍을 감지하는 방법에 따라 photovoltaic [P.V.] 형과 photoconductive [P.C.] 형이 있는데, P.V. 형이 P.C. 형보다 전력소비면에서 유리하다.

이러한 적외선 감지소자를 제작하기 위한 재료로 Hg_{1-x}Cd_xTe 가 많이 사용 되는데, 그 이유로는 첫째, 조성 x 에 따라 band gap 을 -0.2 eV 에서 1.6 eV 까지 거의 선형적으로 변화시킬 수 있어 우리가 원하는 파장을 효과적으로 감지할 수 있는 재료로 만들 수 있다²⁾. 둘째, electron mobility 가 10⁵ cm²/V.s 정도로 대단히 커서 응답시간이 매우 빠른 민감한 소자를 만들 수 있기 때문이며^{3, 4)}, 셋째로 3~12 μm 의 넓은 파장대역에서 다른 물질을 이용한 적외선 감지소자보다 높은 탐지도를 얻을 수 있기 때문이다.

본 실험실에서는 Hg_{1-x}Cd_xTe를 이용하여 수광면적의 지름이 260 μm 인 적외선 감지소자를 시험 제작하여 소자의 직류특성 및 접합특성에 대하여 보고한 바있다⁵⁾. 그러나 소자의 성능지수를 나타내는 영전위의 저항값 (R₀) 과 수광면적을 곱한 R₀A값이 20 Ωcm^2 으로 BLIP 조건을 만족하지않아 높은 탐지도를 얻을수가 없었다. 일반적으로, 미약한 신호를 효과적으로 감지하기 위해서는 높은 탐지도 뿐 아니라, 큰 신호전력을 얻을 수 있는 수광면적이 큰 적외선 소자가 필요하다. 그러나 대형 적외선 소자를 만들기 위해서는 격자결함이 작은 웨이퍼가 있어야하고, 절연층이 넓은 면적에서 균일하게 비 저항이 커야하는 등 제작상 많은 어려움이있다. 본 논문에서는, 900°C 에서 많이 발생하는 3~5 μm 범위의 middle wave infrared (MWIR) 을 감지하위하여, Hg_{1-x}Cd_xTe 를 이용하여 수광면적의 지름이 2.6mm인 P.V. 형 대형 적외선 감지소자를제작하여 그 특성을 분석 검토하였다.

II. 설계 및 제작

1. 설계

본 연구에서는 CdTe 기판위에 LPE방법으로 성장된 p형 Hg_{1-x}Cd_xTe 에피층에 적외선 감지소자를 제작하였으며, 800 μm 두께의 CdTe 로 인한 적외선 투과도 감쇠를 고려하여 front side illumination 방식으로 설계하였다. photovoltaic 형으로 적외선을 감지하기 위해서는 p-n 접합을 형성해야 하는데, 이를 위하여 p-형의 기판 위에 이온 주입으로 n 영역을 형성한다. p-형의 농도가 8 $\times 10^{16}$ /cm³ 이상이면 tunneling 전류가 급격히 증가함으로 p-형의 농도가 1 $\times 10^{16}$ /cm³ 정도의 Hg_{1-x}Cd_xTe 기판을 사용했고, n 영역의 직경은 2.68 mm 이다.

P.V. 소자 제작에는 여러번의 금속 증착이 필요한데, 증착된 금속으로 패턴을 형성하는 방법으로 식각과 lift-off 방법이 있다. 식각을 사용하는 경우 절연층으로 사용되는 ZnS 에 손상을 주지 않고 선택된 금속만 식각하는 식각용액의 선정이 힘들 뿐 아니라, 이러한 조건을 만족하는 식각용액이라 할지라도 식각 시간이 길어 습기에 약한 ZnS 에 나쁜 영향을 준다. 따라서 금속 패턴형성의 모든 공정은 lift-off 를 사용하도록 설계하였다.

또한 수광 면적 이외 부분으로 흡수된 적외선이 전자 - 정공쌍을 발생시켜 P.V. 소자 성능 측정에 영향을 주는 것을 방지하기 위하여 수광 면적을 제외한 부분은 가능한 한 금속으로 덮히도록 설계하였다. P.V. 소자의 전체적인 모양은 정팔각형 형태이며, 모서리 사이의 최대 거리는 3.6 mm 이다.

2. 단위공정

1) ZnS 증착

P.V. 소자제작에서 ZnS 박막은 절연층 역할과 수광 면적 부분에 비반사층 역할을 수행하기위하여 사용되는데, 본 연구에서는 진공 열 증착 방법으로 ZnS 박막을 형성하였다. 증착된 ZnS 는 전기적으로 ZnS 내부에 fixed charge 와 surface state density 가 적어야 하고, 또한, 절연층으로서의 역할을 충분히 수행하기 위해 비저항도 충분히 커야 한다. 그러나 본 실험에서 적외선 제작 공정을 위해 사용되는 ZnS 박막의 경우, fixed charge density 는 1.76 $\times 10^{11}$ /cm² 정도로 비교적 우수하지만, 비저항은 2 $\times 10^4$ $\Omega\cdot\text{cm}$ 정도로 매우 작아 적외선 감지 소자의 역방향 누설전류에 가장 큰 원인이 되어 소자 성능에 악영향을 끼치고 있다. ZnS 의 광학적 특성은 3~5 μm 의 파장을 90% 이상 통과시켜 비반사층

으로서의 역할을 충분히 수행한다.

2) 이온 주입

적외선 감지소자의 p-n 접합을 형성하기 위해서는 p-형의 MCT wafer 위에 boron을 이온 주입하여 n 영역을 형성한다. Si 기판에서 boron은 acceptor로 작용하지만 MCT기판에서는 boron 이온 주입으로 n 영역을 형성하는데, 이것은 주입된 boron 자체가 donor로 작용하는것이 아니라, 이온 주입 시에 형성되는 defect가 donor로 작용하는 것으로 알려져있다³⁾. 따라서, 주입된 이온량에 따라 n 농도가 선형적으로 증가하지 않으며, n 영역의 깊이도 boron이 침투하는 곳 이상까지 형성되는 것이 MCT의 특징이다. 본 논문의 이온 주입 조건은 energy가 100 keV, dose가 $3 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ 이고, 이온 주입 수행중 MCT wafer의 온도 상승을 방지하기 위해 이온 빔 전류는 $1 \mu\text{A}$ 정도로 낮추었다. 이런 조건으로 형성된 n 영역의 농도는 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 이고 접합깊이는 $1 \mu\text{m}$ 정도로 측정되었다.

3) Contact 형성

n-형 MCT기판과 ohmic contact metal로서 indium이 사용되었다. In은 진공 열증착을 하는데, 보편적으로 In은 MCT 기판과 접착력이 우수하지 못하다. 그래서 본 연구에서는 contact 구멍을 뚫어 In을 증착하고, 그위에 ZnS와 접착력이 우수한 Ni를 증착한뒤, 그위에 다시 In을 증착하여 n-contact line을 형성하였다. 이때의 고유 접촉 저항 (Specific Contact Resistance)은 $1 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}^2$ 정도였다.

p-형 ohmic contact metal로는 금이 사용되었다. 금 박막을 얻기 위한 방법으로는 Au-sputtering이나 진공 열증착이 있겠지만 gold-chloride [HAuCl_3] 용액을 사용하면 이 용액의 Cl이 MCT와 반응하여 접촉 저항을 줄일 수 있다는 보고⁶⁾가 있어 gold-chloride 용액으로 금 박막을 얻었는데, 이때의 고유 접촉 저항은 $1 \times 10^{-1} \Omega\text{cm}^2$ 정도로 측정되었다.

4) Pad

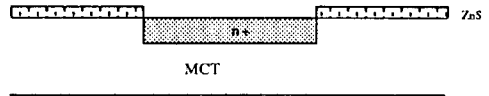
적외선 감지소자의 pad는 In/Pb/In/Ni과 같이 4층의 금속구조를 가진다. Ni은 ZnS층과의 접착력이 우수하여 사용했고, In은 bonding시 capillary로부터 오는 충격을 흡수하고 Pb는 충격을 분산시키기 위해 사용했다. 또 pad의 위치는 bonding시 충격으로 소자의 특성에 나쁜 영향을 미칠 수 있어 접합으로부터 $100 \mu\text{m}$ 이상의 거리를 두었다.

3. 제작

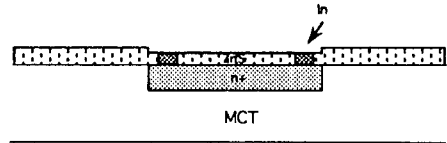
MCT를 이용한 적외선 감지소자의 제작에는 총5장

의 마스크가 필요하다. 첫번째 마스크는 이온 주입에 사용되고, 두 번째는 n-contact를 위한 Indium 증착, 세번째는 p-contact를 위한 gold 형성, 네번째는 Ni과 In을 증착하여 contact line과 pad의 형성에 사용되며, 다섯번째는, Pb와 In을 증착하여 pad를 보강하기 위한 마스크로 사용되었다. 이러한 제작 공정에서 가장 큰 어려움은 모든 공정을 저온에서 수행하여야 함에 있다. $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 는 zincblend structure로 Hg와 Cd가 양이온으로, Te가 음이

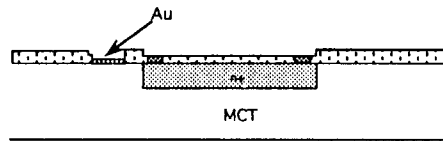
1. Implantation(MASK#1)



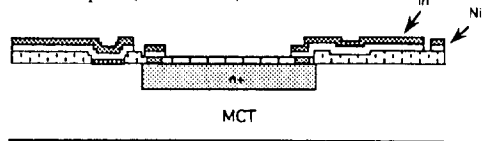
2. n-contact (MASK#2)



3. p-contact (MASK#3)



4. Line & pad (MASK#4)



5. Pad (MASK#5)

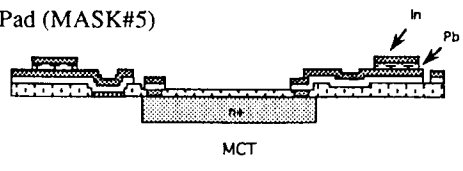


그림 1. 적외선 감지소자의 제작공정

Fig. 1. fabrication process of IR detector.

온의 역할을 하는데 P.V.소자 제작에 있어서 높은 온도의 공정을 거치면 Hg 가 양이온의 위치를 이탈 하기 때문에, 기판의 농도와 조성이 변할 뿐 아니라 p-n 접합 도 무너진다. 따라서, 본 연구에서는 P.V. 소자 제작의 전 공정을 90℃ 이하에서 수행하였다. 적외선 감지소자가 제작되는 공정순서는 그림 1 와 같다.

III. 측정 결과

적외선 감지소자에서 탐지도(detectivity)는 잡음 전력의 역수이며, 적외선 소자의 면적과 bandwidth에 대하여 정규화한 정규화 탐지도 (normalized detectivity, D*)는 식 (1)과 같이 나타낸다.⁷⁾

$$D_{\lambda}^* = \frac{\lambda}{hc} \eta q \left(\frac{4kT}{R_p A} + 2\eta q^2 Q_B \right)^{-1/2} \quad (1)$$

여기서, λ는 신호의 파장, η는 양자 효율, Q_B는 background photon flux이다. 식 (1)에서 첫 번째 항은 소자 내부에서 발생하는 잡음이고, 두 번째 항은 신호주변의 background 에서 발생하는 잡음이다. 정규화 탐지도 값이 소자내부의 잡음 보다 background noise에 영향을 받을 때, 즉

$$\frac{4kT}{R_p A} \ll 2\eta q^2 Q_B \quad (2)$$

를 만족할때 BLIP (background limited infrared photo- detector) 조건을 만족한다고 한다. 따라서, 높은 탐지도를 얻기 위해서는 BLIP 조건을 만족하여야 하며, 그러기 위해서는 소자의 전압 - 전류 특성 곡선에서 영전위에서의 저항값 R₀ 와 소자의 수광 면

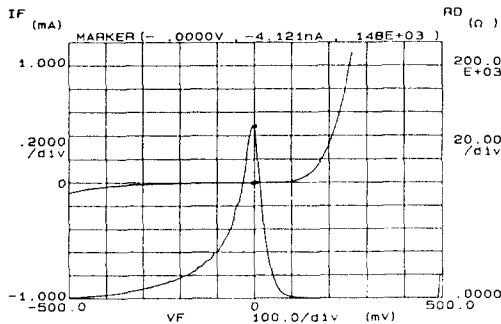


그림 2. 제작된 소자의 전압-전류 특성곡선 (아래곡선은 소자의 Dynamic resistance을 나타낸다)
Fig. 2. I-V charateristic curve of fabricated device. (The lower curve indicates dynamic resistance of device).

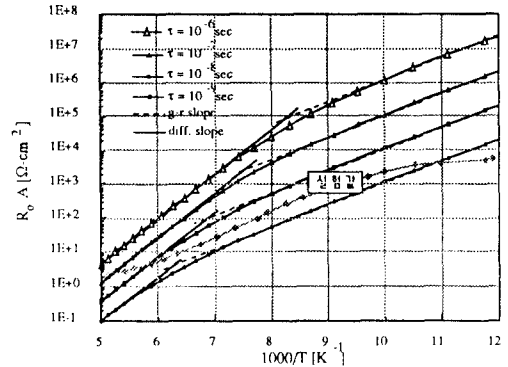


그림 3 온도에 따른 특성곡선(계산된 값과 측정값의 비교)
Fig. 3. RoA-T characteristics curves. (Caparision the calculated value with measured value).

적 A 를 곱한 R₀A 값이 200 Ωcm² 이상이 되어야 한다. 그림 2는 제작된 소자의 전압 - 전류 특성곡선인데, 이 특성곡선으로부터 R₀A 값은 7500 Ωcm² 로 BLIP 조건을 만족하였다.

그림3은 온도에 따른 R₀A 특성곡선 을 나타낸 것으로서, 제작된 소자의 측정된 특성곡선과 p형의 농도를 1×10¹⁶/cm³ 으로 가정하고 반송자 수명시간 (τ)을 10⁻⁹ 초에서 10⁻⁷ 까지 변화시켰을때의 R₀A - 1/T 의 이론적인 특성곡선이다. 확산 전류에 의한 R₀A 값은

$$(R_0 A)_d = \left(\frac{dJ}{dV} \right)^{-1} \Big|_{V=0} = \frac{N_d}{qn_i^2} \sqrt{\frac{kT \tau_n}{q \mu_n}} + \frac{N_a}{qn_i^2} \sqrt{\frac{kT \tau_p}{q \mu_p}} \approx \frac{N_d}{qn_i^2} \sqrt{\frac{kT \tau_p}{q \mu_p}} \quad (3)$$

식 (3) 과 같고, 생성-재결합 전류에 의한 R₀A값은

$$(R_0 A)_{g-r} = \frac{\tau V_{th}}{qn_i W} \quad (4)$$

식 (4)와 같다. 따라서, 보편적으로 R₀A 값은 높은 온도에서는 확산전류에 영향을 받음으로 n_i² 값에 따라 증가하고, 낮은 온도에서는 생성- 재결합 전류에 영향을 받음으로 n_i¹ 값에 따라 증가하는 경향을 나타낸다. 이러한 이론적인 특성곡선과 측정된 특성곡선과의 비교에의해 제작된 소자의 반송자 수명시간은 2.5×10⁻⁹ 초 정도인 것으로 추정된다. 또한, 제작된 소자의 반송자 수명시간을 2.5×10⁻⁹ 초로 가정하면

이 특성곡선의 150K정도에서 n_i^2 와 n_i^1 의 변곡점이 나타나야 하는데 변곡점이 보이지않고, 100K 이하의 온도에서는 R_oA 값의 증가가 없이 포화가 된다. 이와 같이 변곡점이 나타나지 않는 이유는 소자의 접촉저항이 큰 것이 원인이다. 즉 그림 3에서 보는바와같이, 온도가 증가함에 따라 소자의 R_o 값이 감소함으로 접촉저항의 영향이 증가하는데, 제작된 적외선 감지 소자의 접촉저항은 수 십 Ω 정도인데 150K에서 소자의 R_o 값은 200 Ω 정도이다. 따라서 150K이상의 온도에서는 수 십 Ω 의 접촉저항 이 비교적 큰 영향을 미칠 수 있어 R_oA 값의 감소가 이론적인 값과 일치하지 않는 것으로 생각된다. 그리고 100K이하 온도에서 포화되는 이유는, 절연층으로 사용되는 ZnS를 통한 누설전류가 가장 큰 원인이고 또한, 온도가 감소함에 따라 MCT의 밴드갭이 작아지고, 그 결과로 증가하는 터널링 전류도 하나의 원인 이라 생각된다.

제작된 적외선 감지소자의 접합 캐패시턴스로부터

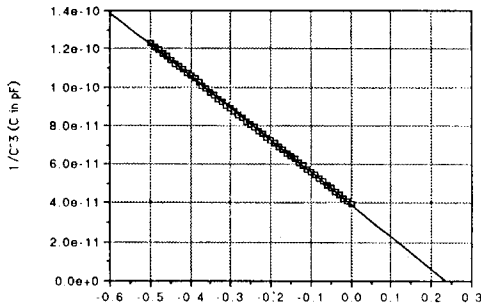


그림 4. $1/C^2-V$ 특성곡선
Fig. 4. $1/C^2-V$ Curve.

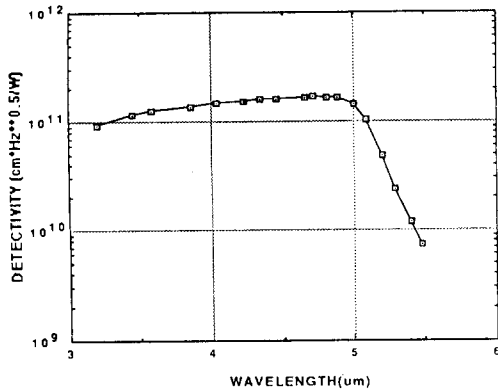


그림 5. 제작된 소자의 정규화 탐지도
Fig. 5. Normalized detectivity of fabricated device.

측정하면, 공핍층의 폭은 영 전위에서는 $0.3\mu m$ 이고 $-0.5V$ 에서는 $0.4\mu m$ 추정된다. 그리고 이 사이에서 C^1 과 전압특성곡선이 그림 4처럼 선형적으로 변한다. 따라서 제작된 소자의 p-n접합은 선형경사형 접합으로 생각되고, 농도의 변화율은 $1.7 \times 10^{17}/\mu m$ 정도로 측정되었다.

정규화된 탐지도값은 그림 5와같이 3 - $5\mu m$ 파장 대역에서 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^2/\text{Hz}^{1/2}/W$ 이상으로, 이 값은 MCT 를 이용한 적외선 감지소자 응용분야에 실제 사용할 수 있는 수준급의 성능이다.

IV. 결론

본 연구에서는 p형 $Hg_{1-x}Cd_xTe$ 기판을 이용하여 대형 적외선 감지소자를 제작하였다. 역방향 전압에서의 tunneling전류를 줄이기 위하여 p형 기판의 농도를 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 정도를 사용했고, 이온 주입으로 형성된 p-n접합을 보호하기위하여 제작 공정 온도를 $90^\circ C$ 이하에서 수행했다. 또한 p형 MCT기판과 접촉저항을 줄이기 위하여 gold-chloride용액을 사용하였고, Pad와 금속 배선에서 ZnS와 접합부분에 금속을 Ni를 사용함으로써 접착력을 증대 할 수 있었다. 이러한 공정으로 제작된 적외선 감지소자는 성능면에서, R_oA 값이 BLIP 조건을 만족했을뿐만 아니라, 정규화 탐지도 값도 실제 응용분야에 사용될 수 있는 값이었다.

그러나, 적외선 감지소자의 성능과 제작상의 재현성을 높이기 위해서는아직도 많은 문제들이 해결되어야 한다. 우선, 제작된 소자의 전압 - 전류 특성곡선을 살펴보면 역방향 에서는 누설 전류가 크고, 순방향에서는 접촉 저항이 크다. 역방향 누설 전류는 주로 절연층으로 사용되는 ZnS의 비저항이 작아서 발생하는데, 적외선감지소자의 성능을 높이기 위해서는 절연층의 비저항을 $1 \times 10^7 \Omega \text{ cm}$ 이상 높이는 연구가 필요하다. 또한, 순방향에서의 접촉 저항은 주로 p형 MCT와 금과의 접촉저항인데, 이 접촉저항을 줄이는 연구도 필요하다. 이러한 문제점들만 해결된다면 세계적 수준의 적외선 감지소자를 재현성있게 제작 가능하리라 생각한다.

參考文獻

[1] R. D. Hudson Jr. and J. W. Hudson, "The Military Application of Remote Sensing by Infrared", *Proc. IEEE*, vol. 63, no.1, pp.104-128, Jan. 1975.

[2] H. Ryssel, G. Lang, J. P. Biersack, K. Mullar, and W. Kuger. "Ion Implantation Doping of Cd_{0.2}Hg_{0.8}Te for Infrared Detector". *IEEE Elect. Dev.* vol.ED-27, no.1, pp.58-62, 1980.

[3] A. Kolodny and I. Kidron. "Properties of Ion-Implanted Junctions in Mercury Cadmium Telluride". *IEEE Elect. Dev.* vol.ED-27, no.1, pp.37-43, 1980.

[4] C. C. Wang et al., "HgCdTe/CdTe Heterostructure Diodes and Mosaics". *IEEE Trans. Electron Devices*, vol.ED-27, no.1, pp.154-160, Jan, 1980

[5] 한 평희, 김 충기, "전기공학회논문지", vol. 38, no. 8, pp. 593-599, 1989.

[6] V. Krishnamurthy. "Studies of Au Ohmic Contacts to p-Type Hg_{1-x}Cd_xTe". U.S. Workshop on the Physics and Chemistry of MCT, 1989.

[7] 문 찬. Hg_{0.7}Cd_{0.3}Te IR Photodiode 의 제작과 역방향 누설전류에 대한 고찰, 석사학위논문, KAIST, 1990.

著 者 紹 介



鄭 漢(正會員)

1960年 11月 12日生. 1988年 2月 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1991年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사 졸업(공학 석사). 1991年 3月 ~ 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 재학중.

박사과정 재학중.



金 觀(正會員)

1967年 12月 19日生. 1990年 2月 한국과학기술대학 전기 및 전자공학과 졸업(공학사). 1992年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학 석사). 1992年 3月 ~ 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 재학중.

박사과정 재학중.



李 熙 哲(正會員)

1954年 9月 8日生. 1978年 2月 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1986年 2月 동경공업대학 전자공학과 대학원 졸업(공학석사). 1989年 2月 동경공업대학 전자공학과 대학원 졸업(공학박사).

1978年 ~ 1982年 공군사관학교 교수부 전자공학과 교관. 1989年 ~ 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 부교수. 주관심 분야는 적외선 감지소자, 화합물반도체 고속전자소자 개발 및 고집적 기억소자를 위한 강유전체 박막 연구 등임.



金 在 默(正會員)

1948年 7月 5日生. 1971年 2月 연세대학교 금속공학과 졸업(공학사). 1973年 2月 연세대학교 금속공학과 대학원 졸업(공학석사). 1986年 University of Illinois 재료공학과 대학원 졸업(공학박사).

1973年 ~ 현재 국방과학연구소 재직중.