

논문 99-8-3-05

p-i-n 구조의 InSb 웨이퍼를 이용한 적외선 광다이오드의 제조 및 그 특성
조준영, 김종석, 손승현, 이종현, 최시영

Fabrication and Characteristics of Infrared Photodiode Using InSb
Wafer with p-i-n Structure

Jun-Young Cho, Jong-Seok Kim, Seung-Hyun Son, Jong-Hyun Lee, and
Sie-Young Choi

요 약

MOCVD로 성장된 p-i-n 구조의 InSb 웨이퍼를 이용하여 3~5 μm 영역의 적외선을 감지할 수 있는 고감도 광기전력 형태의 적외선 광다이오드를 제조하였다. InSb는 녹는점과 표면원자들의 증발온도가 낮기 때문에 광다이오드의 접합계면과 표면의 절연보호막으로 SiO_2 박막을 원격 PECVD를 이용하여 성장시켰다. 광다이오드의 기항성 접촉을 위해 In을 증착하였고 77K의 암상태에서 전류-전압 특성을 조사하였다. 영전위 저항과 수광면적의 적(R_0A)이 $1.56 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 의 높은 값을 가졌는데 이는 BLIP 조건을 만족하는 높은 값이었다. InSb 광다이오드에 적외선을 입사 했을 때 $10^{11} \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$ 의 매우 높은 정규화된 감지도를 나타내었다. 높은 양자효율과 감지도로 인해 제조된 InSb 적외선 단위 셀을 적외선 array에 그 적용이 가능할 것으로 보인다.

Abstract

A highly sensitive photovoltaic infrared photodiode was fabricated for detecting infrared light in 3~5 μm wavelength range on InSb wafer with p-i-n structure grown by MOCVD. Silicon dioxide(SiO_2) insulating films for the junction interface and surface of photodiode were prepared using RPCVD because InSb has low melting point and evaporation temperature. After formation of In ohmic contacts by thermal evaporation, the electrical properties of the photodiode were characterized in dark state at 77 K. A product of zero-bias resistance and area(R_0A) showed $1.56 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ that satisfied BLIP(background limited infrared photodetector) condition. When the photodiode was tested under infrared light, the normalized detectivity of about $10^{11} \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$ was obtained. we successfully fabricated a unit cell with InSb IR array with good quantum efficiency and high detectivity.

1. 서 론

열적 에너지를 가진 모든 물체는 온도에 따라 다른 파장의 적외선을 방출하게 된다. 인체의 열에너지에 의해 방출되는 적외선의 파장영역은 8~12 μm

이며 미사일의 열 추진부와 같이 고온의 물체에서 방출되는 적외선의 파장영역은 3~5 μm 로 나타난다. 또한 이들 파장영역은 공기에 의한 흡수가 가장 적은 파장영역과 대응되기 때문에 이 파장영역에 상응하는 에너지 갭을 가지는 반도체 물질을 사용함으로써 적외선 검출이 가능하게 된다.

* 경북대학교 전자전기공학부 (School of Electronic and Electric Eng., Kyungpook National University)
<접수일자 : 1999년 2월 5일>

일반적으로 3~5 μm 의 파장영역과 에너지 갭이 대응되는 물질로 각광을 받는 반도체 소자로는 InSb가 있다.^[1-3] III-V족 화합물 반도체의 일종인 InSb는 전자의 이동도가 크고(상온에서 $60,000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$), 에너지 갭이 작은(77 K에서 0.23 eV) 특성을 가지고 있다.^[1,6]

그러나 이에 반해, InSb는 다른 III-V족 화합물 반도체에 비해 녹는점이 낮고(약 800 K), 깨어지기 쉬우며, 표면원자들의 급격한 산화 및 증기화가 각각 250 $^{\circ}\text{C}$ 및 300 $^{\circ}\text{C}$ 에서 일어나기 시작하는 특성을 가지고 있다.^[7] 또한, 255 $^{\circ}\text{C}$ 에서 InSb 기판을 열산화 시킴으로써 생성되는 열산화막과 InSb 기판 사이의 계면에는 과잉상태의 Sb가 존재하게 된다.^[8] 이로 인하여 InSb 표면에 결함이 유발되어 계면준위밀도가 높아지기 때문에, InSb 기판을 이용한 절연막 형성을 위해서는 저온 공정이 특히 요구된다.^[9]

본 실험에서는 MOCVD로 성장시킨 p-i-n InSb 웨이퍼를 이용하여, 광기전력 형태의 적외선 광다이오드 개발에 중점을 두었다. InSb mesa 식각에 사용되는 용액에 따른 식각률을 조사하였으며 InSb 웨이퍼를 mesa 식각하여 광다이오드를 제작하였다. 또한 비 반사 막으로, 절연 막으로 다이오드 특성에 직접적인 영향을 주는 SiO_2 막을 저온에서도 성장가능한 PECVD (remote plasma enhanced chemical vapor deposition)로 증착하여 표면 및 계면을 보호하였다. SiO_2 박막제조의 증착온도, 증착압력을 달리하여 증착률과 굴절률을 조사하였으며, 10 : 1 HF를 이용하여 증착압력에 따른 식각률 및 굴절률을 조사하여 InSb 절연막으로의 성질이 우수한지 알아보았다. 또한, AES 표면 및 깊이방향 분석을 행하여 SiO_2 의 조성비를 구하였다. p-i-n 구조의 InSb 웨이퍼를 이용하여 적외선 광다이오드를 제조하였으며, 77 K에서 암상태의 I-V특성을 행하여 다이오드의 특성 및 영전위 저항과 수광면적의 적($R_0 \cdot A$)을 구하였다. 그리고 제조된 소자를 이용하여 입사된 적외선의 3~6 μm 파장영역에 따른 광특성을 조사하였다.

2. 실험

광다이오드의 전류특성에 영향을 미치는 효과에는 표면효과와 성장된 단결정 내의 결함에 의한 bulk효과가 있는데, 표면효과에 의한 누설전류의 감소를 위

해서는 양질의 표면보호용 절연물질을 형성시켜야 한다. 협소 에너지 금지대폭을 가지는 화합물 반도체인 InSb의 경우 양질의 표면보호막이 필수적이다. 그러나 스퍼터링에 의한 보호막 형성은 표면에 손상을 주어 물질 자체의 변형을 가져올 가능성이 있다.^[10] 이를 위하여 본 실험에서는 원격 PECVD를 이용해서 성장시킨 실리콘 산화막(SiO_2)을 표면보호막으로 사용하였다. 원격 PECVD는 플라즈마 여기 챔버와 증착 챔버를 분리시켜, 반응가스들의 일부만을 플라즈마 여기 챔버에 도입시켜 반응종들의 안정된 화학반응을 유도하고, 기판을 증착 챔버에 위치시켜 높은 에너지 상태 이온들의 직접적인 기판충돌에 의한 표면손상을 억제할 수 있기 때문에, 직접 PECVD 공정에서 형성되는 박막보다 양질의 박막을 제조할 수 있는 장점을 지니고 있다.^[11]

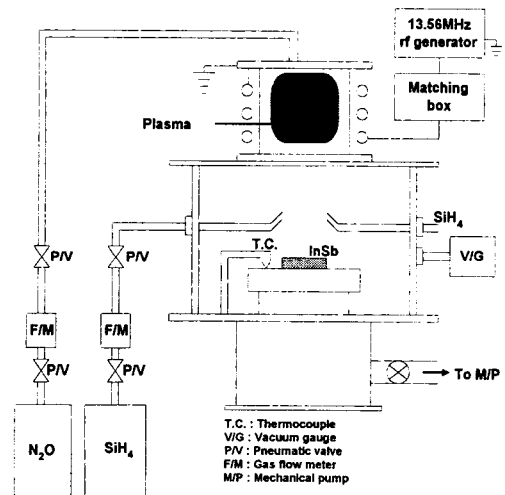


그림 1. 원격 PECVD 장치의 개략도

Fig. 1. The schematic diagram of a remote PECVD system.

그림 1은 원격 PECVD 장치의 개략도이다. 이 장치에서 사용한 고주파 발전기의 발전 주파수는 13.56 MHz이며, 플라즈마 여기 챔버와 증착 챔버가 분리되어 있다. 플라즈마 여기 챔버는 직경이 110 mm 이고 높이가 200 mm 인 석영관으로 되어 있으며 증착 챔버의 상단부와 증착되는 기판사이의 거리는 200 mm 로 되어 있다. 반응가스로서는 고순도 N_2O 가스와 아르곤에 10% 희석된 SiH_4 가스를 사용하였으며, SiO_2 박막을 성장하기 전의 초기 진공은 1 mTorr로

유지하였다. N₂O 가스는 플라즈마 여기 챔버로 유입되어 플라즈마에 의해 O'(oxygen radical)가 생성되고, SiH₄ 가스는 증착 챔버내에서 방출된다. 플라즈마 여기 챔버에서 생성된 O'와 SiH₄ 가스가 기판 근처에서 반응하여 SiO₂ 박막을 형성시킨다.

III-V족 화합물의 경우 V족 원자는 휘발성이 강하기 때문에 Si에 비해 적은 공정이 요구된다. InSb의 경우, 250 °C 이상에서는 Sb가 승화되어 기판표면에서는 Sb 결핍현상이 일어난다.^[11] 따라서, 원격 PECVD를 이용하여 110 °C에서 InSb의 표면 보호막용 SiO₂ 박막을 증착하였다.

본 실험에서 사용된 기판은 Te로 도핑된 n-type InSb 기판위에 n'와 p'를 MOCVD로 성장 시켜온 것이다. InSb 기판의 donor농도는 5~7×10¹³ cm⁻³이고, p'층의 불순물 농도는 2×10¹⁸ cm⁻³이며 두께는 0.75 μm이다. 그리고 n'층은 도핑이 거의 되지 않은 층이며 두께는 1.5 μm이다. 여기서 n'층은 공핍층의 폭을 넓혀 양자효율을 높이기 위해 사용되었다.

제조된 센서의 크기는 7×5 mm²이고, 그 안의 소자는 적외선 입사시 생성된 전자-정공쌍이 신호처리에 기여하는 비율을 조사하기 위해 각각 적외선 감지 영역의 면적비를 달리하여 설계하였다. 메사 식각 한 소자의 크기는 300×300 μm², 300×500 μm², 300×700 μm², 300×900 μm² 으로 각각 설계하였다.

실험에 사용할 웨이퍼를 기본 세척 공정을 한 후, 메사 식각을 행하였다. SiO₂ 박막을 증착하기 전에 다시 표면 세척공정을 행한 후, SiO₂ 박막을 원격 PECVD로 5000 Å 정도를 증착시켰다. 알루미늄(Al)을 증착하여 본딩 패드를 만든 다음, 접촉창(contact open)을 열었다. 그리고 저항성 접촉(ohmic contact)을 위해 In을 2000 Å 정도 증착하여 접촉창과 알루미늄을 연결하였다. 그리고 Au 와이어와 실버 페이스트로 와이어 본딩을 행하였다.

그림 2는 제조 공정 순서를 다이오드의 단면으로 나타낸 것이다.

3. 결과 및 고찰

일반적으로 양질의 절연막은 대체로 고온에서 성장되지만, 고온에서는 유전층이 형성되기 시작하면서 계면을 변화시킬 수 있는 기판과 유전층의 상호확산이 있을 수 있으며, 기판의 증기화 및 산화과정도 증

1. 세척공정
2. 메사 식각공정
3. SiO₂ 증착 공정
4. 금속(Al) 패드 공정
5. Contact open
6. 금속(In) 배선공정

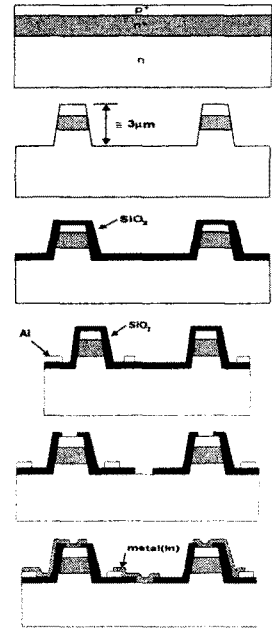
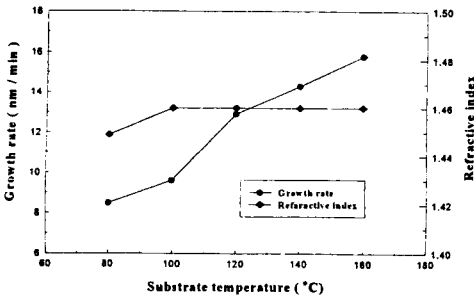


그림 2. 적외선 다이오드의 제작 공정

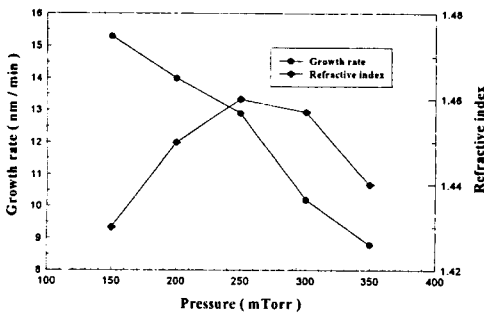
Fig. 2. The fabrication processes of infrared sensor.

대된다. 그러므로 이러한 과정이 최소화될 수 있도록 가능한 낮은 온도에서 유전층을 성장시킬 필요가 있다. 그러나, 온도가 낮아질수록 성장된 막의 유전특성 및 기계적 특성이 저하되므로, 우수한 계면특성 및 절연막 특성을 가지는 절연막을 형성하기 위해서는 상호보완적인 적절한 온도의 설정이 필요하게 된다.^[17] 특히, 다른 III-V족 화합물 반도체들보다 상대적으로 녹는점, 기판표면 원자들의 급격한 산화 및 증기화 온도가 낮은 InSb의 경우는 그 온도제어가 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

그림 3은 SiO₂ 박막 성장시 증착압력, 기판온도 등의 공정변수를 변화시키면서 SiO₂ 박막의 증착률 및 굴절률을 나타내었다. 성장된 박막의 두께 및 굴절률은 Ellipsometer로 측정하였는데, 굴절률 측정시 InSb 기판 굴절률의 실수부(n_s) 및 허수부(k_s)는 각각 3.92와 1.99로 설정하였다.^[12] 그림 3에서 나타난 결과를 이용하면 증착 온도는 100 °C 이상, 증착압력은 200~280 mTorr 부근에서 SiO₂ 박막의 굴절률이 실리콘 열산화막의 굴절률과 동일한 1.46을 가지게 된다. 따라서, 양질의 SiO₂ 박막 성장의 중요변수가 위의 범위로 제한되게 된다.



(a)



(b)

그림 3. 기판 온도와 증착 압력에 따른 SiO₂ 박막의 성장률 및 굴절률 변화

(a) 기판 온도 (b) 증착압력

Fig. 3. The deposition rate and refractive index of SiO₂ thin film as a function of (a) substrate temperature and (b) deposition pressure.

10 : 1 HF 용액을 이용하여 증착압력에 대한 SiO₂ 박막의 식각률 변화를 그림 4에 나타내었다. 증착압력이 150 mTorr 이하, 300 mTorr 이상일 때 식각률이 높게 나타났다. 따라서, 기판 표면 반응이 유도될 수 있는 범위는 250 mTorr 근처임을 알 수 있다.

그림 5는 N₂O와 SiH₄의 가스 유량비에 따른 식각률과 굴절률의 변화를 나타내고 있다. 증착조건은 rf 전력을 40 watt, 기판온도를 110 °C로 하였으며, 유량비가 클 때 식각률이 증가하였고 굴절률은 약간의 감소를 보였다.

앞에서 나타난 결과를 분석하면, SiO₂ 박막의 적절한 증착조건이 가스 유량비는 12, 증착압력은 250 mTorr 근처로 제한되게 된다.

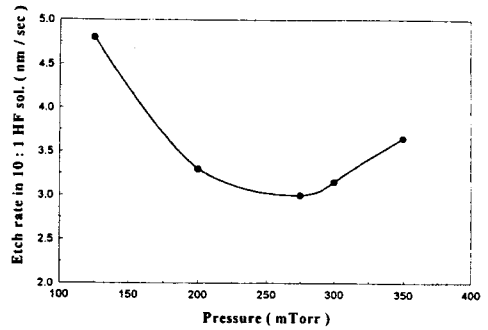


그림 4. 증착압력에 따른 SiO₂ 박막의 10:1 HF 용액에서의 식각률

Fig. 4. Etch rate of SiO₂ films in 10:1 HF solution as a function of deposition pressure.

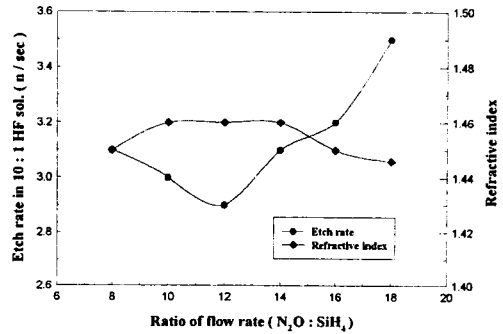
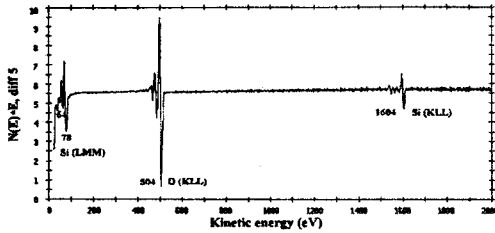


그림 5. 가스 유량비에 따른 SiO₂ 박막의 10:1 HF 용액에서의 식각률 및 굴절률

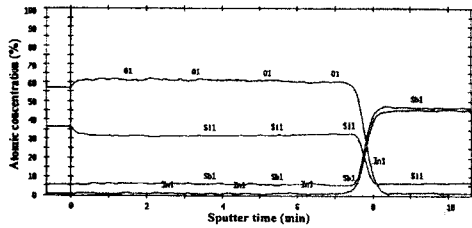
Fig. 5. Etch rate in 10:1 HF solution and refractive index of the SiO₂ films as a function of ratio of flow rate during deposition.

그림 6(a)는 110 °C, 40 watt 그리고 증착압력을 250 mTorr의 조건으로 증착한 SiO₂ 박막을 AES로 표면 분석을 행한 것이다. 그림 6(a)에서 나타난 바와 같이 막에는 Si 원자와 O 원자만이 존재함을 볼 수 있다. SiO₂ 박막 내부에 N이 존재하지 않는다는 것은, InSb 기판이 플라즈마에 직접적으로 노출되어 있지 않고, 기판 표면 반응에 참여할 수 있는 준 안정상태의 질소원자(N*)가 플라즈마에 의해 거의 생성되지 않기 때문으로, 이는 원격 PECVD법의 장점이라 할 수 있다. 또한, Si(LMS)에 해당하는 피크가 64 및 78 eV에서 나타나고 있다. 즉, Si-Si 결합에 해당하는 92 eV 근처의 피

크^[13,14]가 존재하지 않는데, 92 eV 근처의 피크가 산화막내에 존재한다는 것은 막 자체의 불안정성으로 인하여 Si 원자와 O 원자와의 완전한 결합이 일어나지 않은 것을 의미한다.^[14,15] 그림 6(b)는 기판온도 110 °C에서 성장시킨 SiO₂ 박막을 깊이방향으로 2.5 kV 가속 전압의 Ar⁺ 이온으로 스퍼터링하면서 AES 분석을 행한 결과를 나타내는 것으로, Si 및 O 원자가 SiO₂ 박막내부에 균일하게 분포하고 있으며, Si 원자에 대한 O 원자의 조성비가 1 : 2 임을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 6. SiO₂ 박막의 AES 표면 분석 및 깊이방향 분석

(a) 표면 분석 (b) 깊이방향 분석

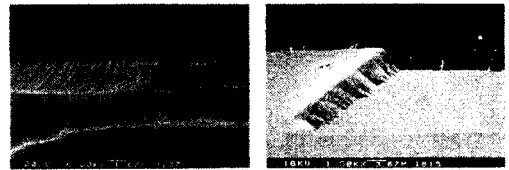
Fig. 6. The AES surface survey and depth profiles of SiO₂ thin film. (a) Surface survey (b) Depth profile

본 실험에서 사용한 원격 PECVD를 이용해서 제조한 MIS 커패시터의 계면상태밀도 D_{it} 는 110 °C 근처에서 $2.0 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{eV}^{-1}$ 의 값을 가졌다.^[11] 이러한 낮은 계면준위밀도는 계면특성이 우수하다고 보고한 CVD^[7] 및 광 CVD^[16-18]에서 평가된 $1 \sim 2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{eV}^{-1}$ 과 비슷한 값이다. 또한, 증착 온도가 200 °C보다 높으면 MIS 소자의 이력특성이 크게 증가하게 된다고 보고한 M. Okamura 등^[12]의 결과와 비교하면, 본 연구에서의 원격 PECVD로 성장시킨 SiO₂ 박막의 경우 110 °C 근처의 증착 온도가 양질의 계면특성을 유지하기 위한 최적의 온도로 생각된다.

그림 7은 표면 세척과 메사 식각을 한 후의 SEM 사진이다. 그림 7(a)에는 HF : H₂O₂ : H₂O = 1 : 1 : 80 과 그림 7(b)에는 젓산 : HNO : HF = 50 : 3 : 3을 이용하여 메사 식각을 행한 것을 나타내었다. 거의 동일한 각도로 식각이 일어났지만, 그림 7(b)의 경우 젓산의 점성으로 인해 용액의 섞임이 불규칙하여 식각속도의 제어가 어려웠다. 그래서 본 실험에서는 그림 7(a)에 사용한 식각용액을 사용하였다.

InSb의 메사 식각한 표면사이의 각도는 70° 정도였으며 이는 표면에서 일어날 수 있는 누설 전류의 방지막인 SiO₂ 박막의 균일한 증착을 도모하는데 충분하리라고 본다.

메사 식각시 온도에 의해 생길 수 있는 오차를 없애기 위해 40°C에서 식각을 하였으며 그림 8에 그림 7(a)에 사용된 식각용액을 이용했을 때의 식각률을 나타내었다. 식각 깊이 측정은 α -step을 사용하였으며 식각률은 거의 33 Å/sec로 나타났으며 HF에 의한 식각속도의 감소와 제어를 위해 H₂O의 양을 많이 했다.



(a)

(b)

그림 7. 메사 식각 후 InSb 표면의 단면도

Fig. 7. The cross-sectional view of InSb surface after mesa etching.

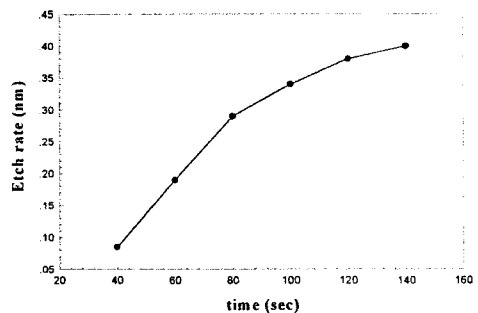
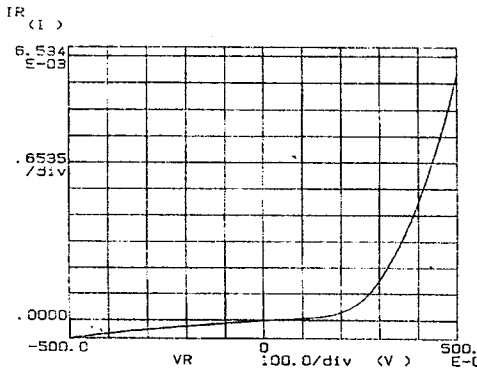
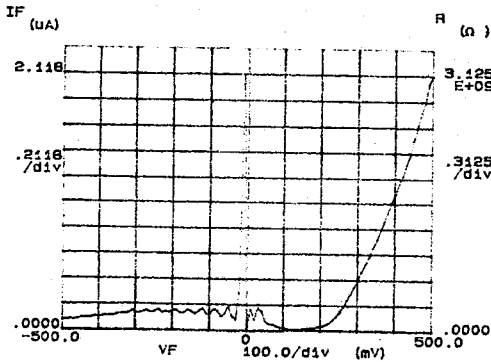


그림 8. 메사 식각용액을 사용했을 때의 InSb의 식각률
Fig. 8. The etch rate of InSb in etching solution for mesa fabrication.

제조된 적외선 다이오드에 관한 전류-전압 특성을 반도체 변수 분석기(HP4145)로 조사하였다. 이 p-i-n 적외선 다이오드는 Au 와이어를 이용하여 패키징 하였으며, 액체질소가 담겨져 있는 암상태의 용기에 직접 투입하여 측정을 행하였다.



(a)



(b)

그림 9. SiO₂ 증착 전과 후의 77 K에서 측정된 p-i-n 적외선 다이오드의 전류-전압 곡선 (a) SiO₂ 증착 전 (b) SiO₂ 증착 후

Fig. 9. The I-V characteristic of p-i-n diode before and after SiO₂ deposition at 77 K. (a) before SiO₂ deposition (b) after SiO₂ deposition

그림 9(a)는 MOCVD로 성장된 p-i-n 구조의 InSb 웨이퍼를 이용하여 표면 보호막인 SiO₂ 박막을 증착하지 않은 다이오드를 직접 제작하여 액체질소 내에 투입하여 측정을 한 것이다. 역방향 전압 500 mV에서 거의 650 μ A의 전류를 나타내었는데 이는 표면 보호막인 SiO₂ 박막을 증착하지 않았기 때문에 생기는 표면 누

설 전류의 증가로 인한 역방향 포화 전류이다.

그림 9(b)는 제조된 p-i-n InSb 적외선 다이오드의 전류-전압특성 곡선 및 저항값으로, 암상태에서 측정된 것이다. 원격 PECVD를 이용하여 110 $^{\circ}$ C, 40 watt의 조건으로 표면 보호막인 SiO₂ 박막을 증착시킨 후 제조한 적외선 다이오드의 전류-전압특성이다. 역방향 전압 500 mV에서도 역방향 전류가 거의 수백 nA 스케일로 나타났으며, SiO₂ 증착전과 비교해서 수백배 정도의 감소를 보였다. 이는 양질의 SiO₂ 박막으로 인해 표면 누설 전류의 감소 및 3~5 μ m 파장의 비 반사 막으로의 의미를 가지고 계면준위밀도는 계면특성이 우수하다고 보고한 CVD^[7] 및 광 CVD^[16-18]에서 평가된 $1\sim 2 \times 10^{11}$ cm⁻²·eV⁻¹과 비슷한 값이다. 77 K의 영전위 저항(R₀)이 0.625×10^9 Ω 의 값을 가졌으며, 77 K에서 영전위 저항과 수광 면적의 적(R₀A)이 1.56×10^6 $\Omega \cdot \text{cm}^2$ 의 값을 가졌는데, 이는 식 (5)의 BLIP(background limited infrared photodetector) 조건을 충분히 만족하는 높은 값이라고 할 수 있다.

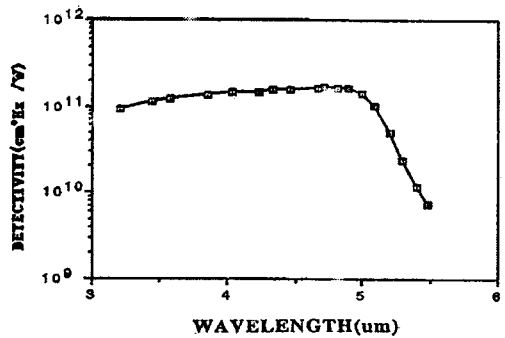


그림 10. 입사된 3~6 μ m 적외선 파장에 따른 정규화된 검지도

Fig. 10. The normalized detectivity under illumination of 3~6 μ m infrared light.

그림 10은 적외선 파장 영역에 따른 정규화된 검지도의 결과를 나타낸 것이다. 제조된 소자에 대한 광특성 조사는 'Dewar'라는 장비를 이용하여 측정을 행하였다. Dewar라는 장비는 액체 질소가 담겨있는 챔버 내에 제조된 소자가 그 챔버와 도체를 통해 간접적으로 연결되어 InSb 적외선 다이오드의 동작 온도인 77 K를 유지해 주는 역할을 하며 전체적으로 진공상태를 만들어 적외선 윈도우와 적외선 렌즈를 통해 적외선을

입사하게 하는 장비이다. 3~6 μm 까지의 적외선을 입사하면서 검지도를 조사하였으며 예측한 것과 같이 InSb 적외선 다이오드는 3~5 μm 영역에서 $10^{11} \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$ 의 높은 검지도 값을 나타내었으며 그 파장 영역보다 큰 영역에서는 검지도가 급격히 낮아졌다.

4. 결론

본 연구에서는 광기전력 형태의 적외선 센서를 위한 p-i-n 광다이오드를 제조하였으며 그 특성을 조사하였다. 원격 PECVD로 증착한 표면 보호막용 SiO_2 박막의 성장률이 기판 온도에 거의 선형적으로 비례하게 나타났고 기판온도가 증가할수록 SiO_2 박막의 치밀도가 증가하였다. 증착압력이 낮을 때는 반응종들의 원자간 결합이 충분히 이루어지지 않아서 막의 치밀도가 낮았으며, 증착압력이 높을 때는 반응종들의 기판표면반응과 더불어 기상상태에서의 반응도 유도되어, 치밀도가 저하되었다. 그리고 성장된 SiO_2 박막의 굴절률은 실리콘 열산화막의 굴절률 1.46과 거의 비슷한 값을 얻을 수 있었으며, C-V측정을 이용한 SiO_2 와 InSb 계면준위밀도는 105 $^\circ\text{C}$ 근처에서 가장 낮게 나타났고, 중간 에너지 대역근처에서의 계면준위밀도가 $1 \sim 2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{eV}^{-1}$ 로 평가되었다.

제조된 p-i-n 적외선 광다이오드를 77 K의 암상태에서 전류-전압 특성을 조사하여 영전위 저항(R_0)이 $0.625 \times 10^9 \Omega$ 의 값을 가졌으며, 영전위 저항과 수광면적의 적($R_0 A$)이 $1.56 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 의 값을 가졌는데, 이는 BLIP 조건을 충분히 만족하는 높은 값이라고 할 수 있다. 제조된 p-i-n 적외선 광다이오드를 Dewar에 넣어 3~6 μm 의 파장영역에 대한 광특성을 조사하였는데, 3~5 μm 의 파장영역에 대해서 제조된 소자는 $10^{11} \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$ 의 높은 검지도를 나타내었으며 그 이상의 파장 영역에 대해서는 검지도가 급격히 낮아졌다. 본 실험에서 나타난 결과로 볼 때, 제조한 소자는 적외선 단위 셀로서 우수한 성능을 나타내었으므로 3~5 μm 적외선 array 제조에 그 적용이 가능할 것으로 보인다.

감사의 글

※ 본 연구는 1997년도 교육부 학술 연구조성비에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] E. H. Putley, "Indium antimonide submillimeter photoconductive detectors", *Appl. Opt.*, vol. 4, no. 6, pp. 649-656, 1965.
- [2] Richard D. Thom, Thomas L. Koch, John D. Langan, and William J. Parrish, "A fully monolithic InSb infrared CCD array", *IEEE trans. electron. dev.*, vol. ED-27, no. 1, pp. 160-170, 1980.
- [3] S. R. Kurtz, R. M. Biefeld, L. R. Dawson, I. J. Fritz, and T. E. Zipperian, "High photoconductive gain in lateral InAsSb strained-layer superlattice infrared detectors", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 53, no. 20, pp. 1961-1963, 1988.
- [4] T. Ashley, A. B. Dean, C. T. Elliott, C. F. Mcconville, C. R. Whitehouse, "Molecular-beam growth of homoepitaxial InSb photovoltaic detectors", *Electron. Lett.*, vol. 24, no. 20, pp. 1270-127, 1988.
- [5] C. E. Hurwitz and J. P. Donnelly, "Planar InSb photodiodes fabricated by Be and Mg ion implantation," *Solid-State Electron*, vol 18, pp. 753-756, 1975.
- [6] S. D. Smith, T. S. Moss, and K. W. Taylor, "The energy-dependence of electron mass in indium antimonide determined from measurements of the infrared faraday effect", *J. Phys. Chem. Solids*, vol. 11, pp. 131-139.
- [7] J. F. Wager and C. W. Wilmsen, "The deposited insulator/III-V semiconductor interface", in *Physics and chemistry of III-V compound semiconductor interfaces*, C. W. Wilmsen ed., Plenum Press, New York, p.168, 1985.
- [8] R. L. Farrow, R. K. Chang, S. Mroczkowski, and F. H. Pollak, "Detection of excess crystalline As and Sb in III-V oxide interfaces by Raman scattering," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 31, no. 11, pp. 768-770, 1977.
- [9] R. Y. Hung and E. T. Yon, "Surface study of

- anodized indium antimonide," *J. Appl. Phys.*, vol. 41, no. 5, 2185-2189, 1970.
- [10] Y. Nemirovsky and G. Bahir, "Long-wavelength infrared detectors based on strained InAs-Ga_{1-x}In_xSb type-II superlattices", *J. Vac. Sci. Technol.*, vol. A7, no. 2, pp. 445-449, 1989.
- [11] Jae-Gon Lee, Sie-Young Choi and Sang-Jun Park, "Characteristics of an indium antimonide metal-insulator-semiconductor structure prepared by remote plasma enhanced chemical vapor deposition", *J. Appl. Phys.*, vol. 82, no. 8, pp. 3917-3921, 15 October 1997.
- [12] M. Okamura and M. Minakata, "Hysteresis free SiO₂/InSb metal-insulator-semiconductor diodes" *J. Appl. Phys.*, vol. 57, no. 6, pp. 2060-2065, 1985.
- [13] U. Mackens and U. Merkt, "Plasma-enhanced chemically vapor-deposit silicon dioxide for metal/oxide/semiconductor structures on InSb," *Thin Solid Films*, vol. 97, pp. 53-61, 1982.
- [14] G. Lucovsky, S. S. Kim, D. V. Tsu, G. G. Fountain, and R. J. Markunas, "The effects of subcutaneous oxidation at the interfaces between elemental and compound semiconductors and SiO₂ thin films deposited by remote plasma enhanced chemical vapor deposition", *J. Vac. Sci. Technol. B*, vol. 7, no. 4, pp. 861-869, 1989.
- [15] Lawrence E. Davis *et al.*, *Handbook of Auger electron spectroscopy*, Perkin-Elmer Corporation, Minnesota, 1976.
- [16] T. P. Sun, S. C. Lee, K. C. Liu, Y. M. Pang, and S. J. Yang, "High performance metal/SiO₂/InSb calacitor fabricated by photo-enhanced chemical vapor deposition," *J. Appl. Phys.*, vol. 68, no. 7, pp. 3701-3706, 1990.
- [17] C. J. Huang, Y. K. Su, and R. L. Leu, "Studies of InSb metal-oxide-semiconductor structure fabricated by photochemical vapor deposition using Si₂H₆ and N₂O", *J. Appl. Phys.*, vol. 69, no. 4, pp. 2335-2338, 1991.
- [18] Y. K. Su and U. H. Liaw, "Study of indium antimonide metal-oxide-semiconductor structure prepared by direct photochemical vapor deposition," *J. Appl. Phys.*, vol. 76, no. 8, pp. 4719-4723, 1994.

著 者 紹 介

조 준 영

1974년 12월 17일생.

1997년 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사), 1999

년 경북대학교 전자공학과 석사과정 졸업

주관심분야 : 적외선 감지소자



김 종 석

1974년 6월 6일생

1998년 인제대학교 전자공학과

졸업 (공학사), 1999년 경북대학교

전자공학과 석사과정

주요관심분야 : 적외선 감지소자

손 승 현

『센서학회지 제7권 제3호』 논문98-7-3-04, p.178 참고

현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

이 종 현

『센서학회지 제8권 제1호』 논문99-8-1-12, p.94 참고

현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

최 시 영

『센서학회지 제1권 제1호』 논문 92-11, p.100 참고

현재 경북대학교 전자전기공학부 교수