

## HgCdTe MIS의 이중 절연막 특성에 관한 연구

논문  
9-5-5

### A Study on the Characteristics of Double Insulating Layer for HgCdTe MIS

정진원\*  
(Jin-Won Jung)

#### Abstract

The double insulating layer consisting of anodic oxide and ZnS was formed for HgCdTe metal insulator semiconductor(MIS) structure. ZnS was evaporated on the anodic oxide grown in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> electrolyte. Recently, this insulating mechanism for HgCdTe MIS has been deeply studied for improving HgCdTe surface passivation. It was found through TEM observation that an interface layer is formed between ZnS and anodic oxide layers for the first time in the study of this area. EDS analysis of chemical compositions using by electron beam of 20Å in diameter and XPS depth composition profile indicated strongly that the new interface is composed of ZnO. Also TEM high resolution image showed that the structure of oxide layer has been changed from the amorphous state to the microcrystalline structure of 100Å in diameter after the evaporation of ZnS. The double insulating layer with the resistivity of 10<sup>10</sup>Ωcm was estimated to be proper insulating layer of HgCdTe MIS device. The optical reflectance of about 7% in the region of 5μm showed anti-reflection effect of the insulating layer. The measured C-V curve showed the large shift of flat band voltage due to the high density of fixed oxide charges about 1.2x10<sup>12</sup>/cm<sup>2</sup>. The oxygen vacancies and possible cationic state of Zn in the anodic oxide layer are estimated to cause this high density of fixed oxide charges.

**Key Words(중요용어)** : TEM(Transmission Electron Microscope:투과전자현미경), EDS(Energy Dispersive Spectrum:에너지 분산형 스펙트럼), ZnO (Zinc Oxide:징크산화물)

#### 1. 서 론

최근 십수년에 걸쳐 적외선감지소자로 Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te의 중요성이 증가되고 있으며, 특히 조성비인 x가 0.2 및 0.3 인 경우의 Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te는 군사적으로도 중요성을 갖는 2개의 대기창인 3~5μm 와 8~12μm 의 적외선 감지에 적당한 협대역 반도체이다. 이 물질로 실현할 수 있는 소자로는 광전도체(Photo-conductor), 광다이오드(Photo-diode), MIS(Metal Insulator Semiconductor), CCD(Charge Coupled Device), CID(Charge Injection Device) 및 MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) 등이 있다.<sup>1)</sup>

지금까지는 적외선 감지 소자로 광전도형소자가 많이 사용되어 왔으나 차세대 소자로 불리는 모노리틱 적외선 초점면 배열소자(Monolithic Infrared Focal Plane Array)는 수만개의 적외선 검출기를 동일평면에 배열시켜 적외선 탐지능력을 향상시키고자 함으로 MIS 소자의 응용을 필요로 한다.

HgCdTe 표면보호처리와 관련하여 금속-절연막-반도체(MIS)소자의 절연막으로 양극산화막<sup>2,5)</sup> 또는 ZnS막<sup>6,8)</sup>을 사용한 MIS 연구와 양극산화막과 ZnS막으로 구성된 이중절연막을 사용한 MIS 연구<sup>9)</sup>가 보고되었으며, 또한 양극산화 막과 ZnS의 이중절연막을 이용한 CCD 가 제작되어<sup>10)</sup> 협대역반도체인 Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te의 MIS소자 사용 가능성을 제시해 주었다.

최근에는 이 MIS소자와 관련한 HgCdTe 표면보호막 처리기술에 대하여 깊은 연구가 진행되고 있으며, 특히 HgCdTe와의 계면특성 향상을 위하여

\* : 국방과학연구소

접수일자 : 1996년 4월 16일

심사완료 : 1996년 6월 16일

HgCdTe 위에 양극산화막 또는 양극황화막을 성장시키고 그 위에 ZnS막을 형성시킨 이중구조절연막에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다<sup>11)</sup>.

본 연구에서는 고상재결정(Solid state recrystallization)방법으로 성장시킨 HgCdTe 웨이퍼를 사용하여 국내에서 처음으로 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액에서 양극산화법으로 300~500Å 정도의 양극산화막을 성장시키고 그 위에 열진공증착법으로 4000~5000Å 정도의 ZnS를 증착시켜 이중절연막을 갖는 HgCdTe MIS구조를 만들었으며, 이 MIS구조의 절연막 미세구조와 계면특성 및 광학적, 전기적 절연특성에 대하여 고찰 하였다.

## 2. 실험

실험에 사용된 Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te 웨이퍼는 직경 10mm 시편으로서 x=0.3이고, 운반자농도는 5x10<sup>15</sup>/cm<sup>3</sup> 인 p형이었다. HgCdTe 시편은 0.05μm 알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)분말을 이용한 기계적 연마를 거쳐 TCE, 아세톤 및 메타놀에 세척된 후 1%의 브롬 메타놀(Br-Methanol)에 1분간 화학식각을 실시하였다. HgCdTe 표면보호처리의 한 기법인 산화막 형성은 현재까지 거의 연구되어 있지 않은 30%의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액을 사용하여 상온에서 양극산화법<sup>12)</sup>으로 300~500Å 정도 두께의 산화막을 성장시켰으며 이때 공급된 전류밀도는 150μA/cm<sup>2</sup> 이었다.

ZnS막은 한국진공에서 제작한 열 증착기를 사용하여 몰리브덴기판(Mo boat)에 ZnS조각을 놓고 기화시켜 박막을 증착시켰다. 증착조건은 국방과학연구소 및 한국과학기술원의 공동 연구 결과<sup>7)</sup>에 의거한 것으로서 증착시의 진공도는 2.3x10<sup>-6</sup> Torr 였으며, 증착속도는 최초 두께 500Å 까지는 0.5Å/초를 유지하고 그 다음부터는 서서히 증가시켜 3Å/초를 유지하였으며 증착두께는 진공증착실내의 두께 측정기로 확인하였다. 5000Å 정도의 ZnS막을 증착시킨 후에는 박막증착후 바로 꺼내어 공기 중에 노출시키면 가열된 상태의 ZnS박막이 수분을 흡수하여 균열이 발생할 수 있는 점을 고려하여 24시간 진공실내에 그대로 둔 다음 꺼내어서 직경 800μm의 구멍이 뚫린 금속마스크를 사용하여 인듐(In)게이트를 5000Å 정도 증착시켜 HgCdTe MIS를 만들었다.

이중절연막의 계면 미세구조와 화학적 구성 성분 및 구성분자의 화학적 상태를 확인하기 위하여 투과 전자현미경 분석과 X-선 광전자 분광법에 의한 측정을 실시하였다. 온도에 약한 산화막 특성관계로 TEM용 시편준비는 60℃ 이하에서 실시하였

으며, 5KeV의 이온밀링(Ion milling)시에는 액화질소를 사용하여 저온을 유지함으로써 가능한 한 시편 손상을 최소화 하였다. 투과 전자현미경(JEOL 4000FX)의 전자빔 가속전압은 400kV였고, 화학적 성분분석을 위하여 직경 20Å인 미세전자빔을 사용한 에너지분산형 스펙트럼(EDS)분석을 실시 하였다. 절연막의 절연성확인을 위하여 저항을 측정 하였으며, 무반사효과를 위한 적외선 영역의 광반사도 측정 및 HgCdTe-절연막의 계면특성을 확인 하기 위하여 고주파 C-V 측정을 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

고분해능 단면도 투과전자현미경분석(High resolution and cross sectional transmission electron microscopy)을 통하여 HgCdTe/자연산화막/ZnS막의 구성성분 및 계면구조를 관찰하였다. 그림 1은 HgCdTe/자연산화막/ZnS막 계면 부위에 대한 고분해능 사진으로서 두 가지의 특이한 점을 발견할 수 있었고 그 내용은 다음과 같다. 첫째는 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액에서 성장시킨 양극산화막은 KOH 용액에서 성장시킨 산화막과 같은 비결정(amorphous)<sup>13)</sup>의 특성을 갖고 있는데 반하여 산화막위에 ZnS를 열 증착시킨후의 산화막은 직경이 약 100Å 정도크기의 미세결정(microcrystalline)을 이루고 있어 그 결정구조가 변했음을 알 수 있었고 이는 주로 ZnS 증착시에 생기는 진공실내의 온도 상승에 기인한 것으로 판단되었다. 둘째는 양극산화막과 ZnS막

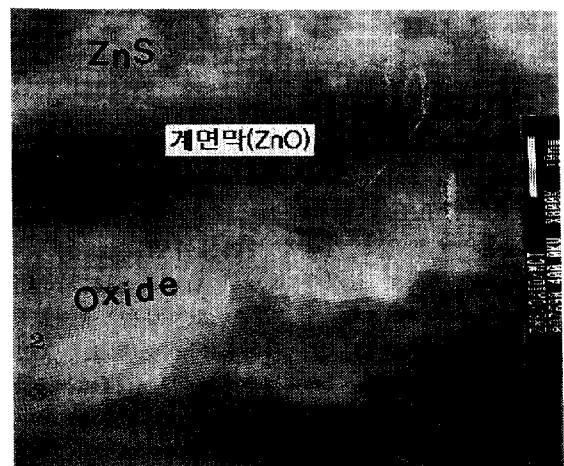


그림 1. HgCdTe/양극산화막/ZnS막 계면의 TEM 사진

Fig. 1. TEM micrograph of HgCdTe/anodic oxide/ZnS interfaces.

사이에 약 150Å 정도 두께의 새로운 계면막이 생성된 점이다. 이는 국내외를 통하여 최초로 TEM 사진상에서 확인된 것으로 외국의 연구보고 내용에서 이론적으로 설명이 되는 새로운 계면막 형성 가능성에 대한 명확한 근거 자료로서의 중요성을 갖는다. 또한 직경 50Å 정도의 미세한 구멍들이 ZnS쪽 계면을 따라서 형성되어 있음이 관찰되어 ZnS막 열증착 초기에 바람직스럽지 못한 계면반응이 있음을 알 수 있다.

사진에서 관찰된 새로운 계면막의 구성 성분을 확인하기 위하여 직경 20Å의 미세전자빔을 이용하여 에너지 분산형 스펙트럼 방법(energy dispersive spectroscopy)으로 확인을 한 결과 그림2에서 보는 바와같이 다량의 Zn 성분과 미세한 양의 S 성분이 확인되었다. 본 실험에 사용된 EDS 검출기는 산소를 탐지할 수 없는 관계로 새로이 형성된 계면막에서의 산소확인 은 불가하였으나, XPS 측정결과인 그림4에서 보는 바와 같이 계면막지점에서 산소가 확인됨으로 이 계면막은 ZnO로 구성되어 있음이 분명한 것으로 판단된다. 그림3은 양극산화막 각 부위에 대한 성분을 나타내고 있으며, 특이한 점은 Zn가 산화막 깊숙이 침투해 있는 점이다. 이와같이 산화막내에 침투한 Zn는 그림 6에서 나타난 Zn의 화학적 상태와 외국의 연구내용<sup>9)</sup>을 고려하면 양이온 상태로 존재하고 있을 가능성이 높다. 위의 내용을 종합하면 ZnS보다 열역학적으로 안정한 ZnO가 ZnS 증착 초기에 형성된 것으로 보이며, 이는 ZnS막 증착초기에 양극산

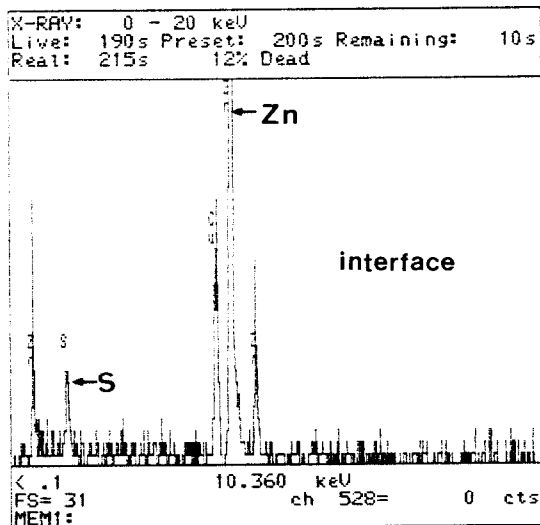


그림 2. ZnS막과 산화막 사이 계면막의 구성성분  
Fig. 2. Chemical compositions of interface between ZnS and oxide layer.

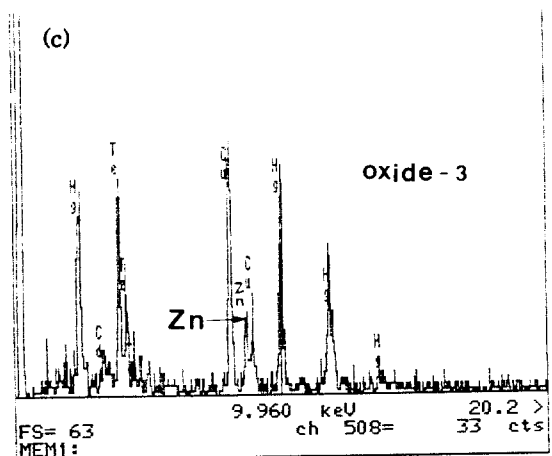
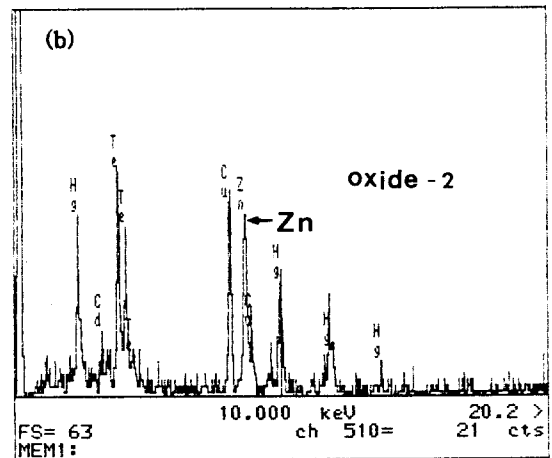
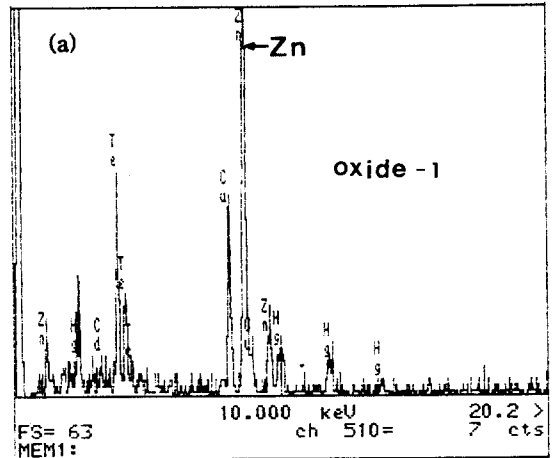


그림 3. 양극산화막 부위에 대한 구성성분  
(a)윗부분 (b)중앙부분 (c)밑부분  
Fig. 3. Chemical compositions of anodic oxide.  
(a) top (b) center (c) bottom

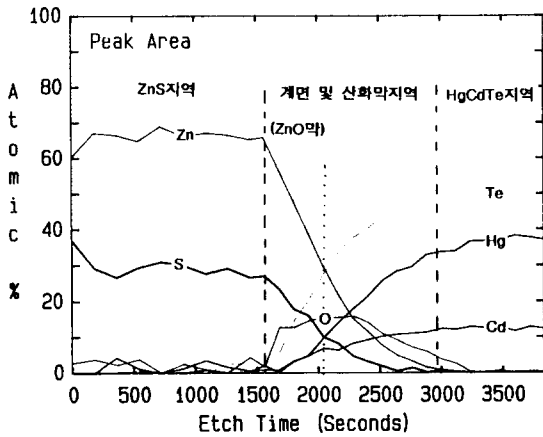


그림 4. ZnS/산화막/HgCdTe의 XPS깊이에 따른 구성성분 측면도

Fig. 4. XPS depth composition profile of ZnS/oxide/HgCdTe

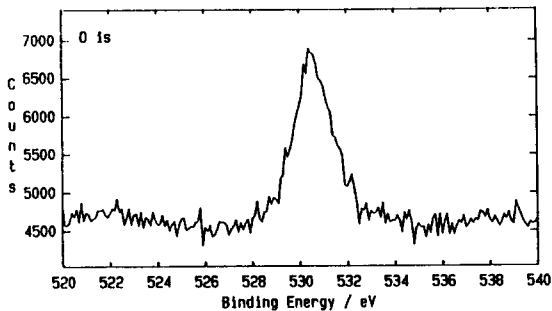


그림 5. 산소의 화학적 상태

Fig. 5. Chemical state of O1s.

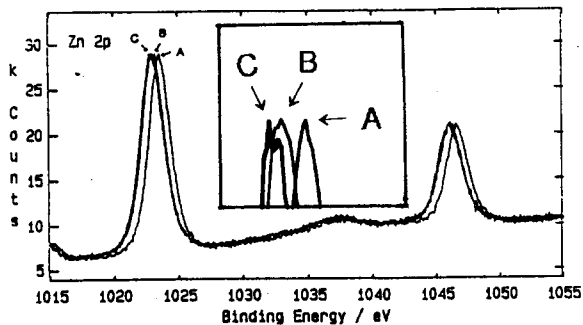


그림 6. Zn의 화학적 상태

Fig. 6. Chemical state of Zn.

화막 표면에 흡착된 Zn 원자가 S 원자보다는 O 원자와 우선적으로 결합하려는 경향에 의해 산화막 내부에 불안정한 상태로 존재하고 있던 산소원자가 산화막 표면으로 나오면서 일부 Zn원자와 결

합하여 ZnO막을 형성한 것으로 판단된다. 또한 산화막내에 양이온 상태로 존재하고 있을 가능성이 많은 Zn<sup>2+</sup>와 ZnO로 구성된 새로운 계면막의 형성으로 산화막내에 유발된 산소빈자리가 MIS의 계면전하중 많은 양의 산화막 고정전하를 만드는 것으로 생각된다. 그림 3에서의 Cu는 HgCdTe 시편을 고정시킨 시편 받침대(holder)에서 나온 것으로 시편성분과는 관련이 없다.

그림 4는 양극산화막위에 ZnS를 성장시킨 HgCdTe 시편에 대한 XPS 측정 결과로서 깊이에 따른 구성분자 성분을 보여주고 있다. 그림에서 보는바와 같이 깊이에 따른 측면도는 3개의 지역, 즉 ZnS지역, 산소가 존재하는 ZnO 및 양극산화막지역 과 HgCdTe 지역으로 구분할 수 있으나 ZnO막과 양극산화막의 구분은 명확하게 확인하기는 어렵다. 그러나 TEM 사진에 나타난 새로 형성된 계면막의 두께를 고려하면 ZnO막은 ZnS막 바로 아래 지역인 것으로 판단이 가능하며 그림에 표시된 ZnO막 및 산화막으로 추정하여 구분할 수 있다.

그림 5는 그림 4에 나타난 ZnO 및 산화막지역에서의 산소성분을 확인한 결과로서 산소의 화학적 상태 (O1s)를 보여 주고 있다.

그림 6은 ZnS지역, ZnO지역 및 자연산화막 지역에서 측정된 Zn의 화학적 상태를 나타내고 있다. A는 ZnS지역, B는 ZnO지역, C는 산화막부분에서 측정된 Zn의 꼭지점을 나타내는 것으로서 A지점(ZnS지역)의 결합에너지는 1023.7eV, B(ZnO지역)지점의 결합에너지는 1022.8eV, C(산화막부분)지점의 결합에너지는 1022.4eV로서 XPS참고서<sup>14)</sup> 내용과 비교할 시 결합에너지가 전반적으로 1eV정도의 전이가 있으나, XPS참고서의 Zn, ZnO 및 ZnS 결합에너지와 부합되는 것으로 생각되며, 이를 고려할 시는 B지점의 Zn는 ZnO상태를 나타내고 있다고 생각된다.

양극산화막위에 ZnS막을 증착한 이중구조의 절연막은 앞에서 설명된 것과 같이 ZnO로 구성된 새로운 계면막의 형성, Zn가 산화막 깊숙이 침투한 점, 산화막이 미세결정으로 변한 점 및 ZnS 증착초기에 산화막과의 계면에서 일어난 바람직하지 못한 계면반응등의 복잡한 절연막 구조 및 계면형성으로 되어 있다. 이와 관련하여 절연막의 절연특성인 저항측정을 해본 결과, ZnS막이 일반적으로 갖는 비저항치인  $10^{10}\Omega\text{cm}$  정도를 나타내어 HgCdTe MIS 소자의 절연막으로서 적절한 저항값을 갖는 것으로 판단되었다.

또한 ZnS막, ZnO계면막 및 TeO<sub>2</sub>의 양극산화막으로 각각 두께가 다른 박막인 점을 고려하여 절

연막의 무반사효과를 FTIR(Fourier transform infrared spectroscopy)을 이용한 광반사도로 확인한 결과 그림 7에서 보는 바와같이 4-6 $\mu$ m 영역에서 10% 정도의 반사도를 보여 주었으며 특히 5 $\mu$ m 근처에서 7%의 반사도를 보여 양호한 ZnS막막이 갖는 수준임으로 적절한 무반사효과를 나타내는 것으로 판단되었다.

제작한 Hg<sub>0.7</sub>Cd<sub>0.3</sub>Te MIS 계면에 존재하는 전하량들을 조사하기 위하여 고주파 커패시턴스(capacitance-voltage) 방법을 이용하였다. 사용한 HgCdTe는 p형으로 농도는 4.8x10<sup>15</sup>/cm<sup>3</sup> 였다. 양극

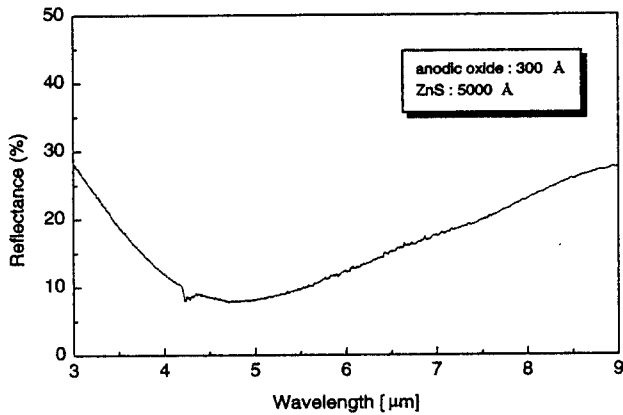


그림 7. 이중절연막의 광반사도  
Fig. 7. IR reflectance of the double insulating layer.

산화막과 HgCdTe 계면에 존재하는 주요 전하들은 산화막 고정전하(fixed oxide charge), 산화막 포획전하(oxide trapped charge or slow states) 및 계면 포획전하(interface trapped charge or fast surface states)가 있다. 그림 8은 측정된 C-V 곡선과 계면전하가 없는 경우의 이상적인 C-V 곡선을 나타내고 있다. 그림에서 보는바와 같이 측정된 C-V 곡선의 플랫폼전압(flat band voltage)이 이상적인 곡선으로부터 왼쪽으로 많이 진이 되어 있어 양전기를 띠는 고정전하량이 상당히 많음을 알 수 있고 아래 식을 이용하여 계산해 본 결과는 고정전하밀도가 1.24x10<sup>12</sup>/cm<sup>2</sup> 였다.

$$Q_f = (\Phi_{MS} - V_{FB}) \times C_{ins} / qA \quad (1)$$

여기서  $\Phi_{MS}$  는 게이트 금속인 인듐과 HgCdTe와의 일함수 차이로서 그 값은 -0.083eV 이다.

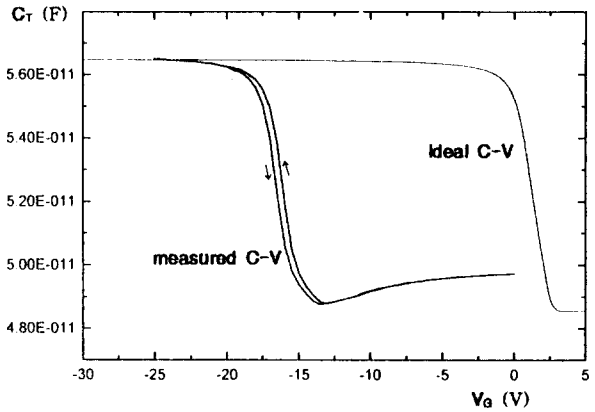


그림 8. 이상적인 C-V곡선과 비교한 측정된 C-V 곡선  
Fig. 8. Measured C-V curve compared to ideal C-V curve.

$V_{FB}$  는 측정된 C-V곡선에서 진이된 플랫폼드 전압으로 그 값은 -17.81V이고, 절연막의 커패시턴스( $C_{ins}$ )는 56.4x10<sup>-12</sup>F 였다. q는 1.60218x10<sup>-19</sup>C이며, A는 게이트 면적으로서 5.01x10<sup>-3</sup>cm<sup>2</sup> 이다.

위에서 계산된 고정전하량은 외국의 연구보고 내용에서 나타난 고정전하량인 6.5x10<sup>11</sup>~1.2x10<sup>12</sup>/cm<sup>2</sup> (2,9,10,16,17) 과 비슷한 수준이었으나, MIS 다이오드에 적절 수준인  $\leq 10^{11}$ /cm<sup>2</sup> 보다는 상당히 많은 양으로 평가된다. 위와 같이 비교적 많은 량의 고정전하를 만드는 주원인으로는 ZnS 열진공 증착초기에 양극산화막과 ZnS막 사이에 ZnO로 구성된 새로운 계면막이 형성될 시에 생기는 산화막내 많은 양의 산소빈자리와 산화막내에 침투하여 양이온 상태로 존재하고 있을 가능성이 높은 Zn<sup>2+</sup> 때문인 것으로 판단되었다.

#### 4. 결 론

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액에서 성장시킨 얇은 양극산화막위에 열증착법으로 두꺼운 ZnS막을 증착시켜 이중구조를 갖는 HgCdTe MIS의 절연막을 만들어 이 절연막의 미세구조 및 구성성분, 절연특성, 광반사도특성과 계면특성에 대하여 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 이중절연막의 구조는 ZnS막, 새로이 생성된 ZnO의 계면막 및 양극산화막으로 구분할 수 있었고, 국내외를 통하여 처음으로 TEM 사진에서 새로운 계면막인 ZnO막을 확인하였다. ZnO막의 형성은 ZnS 증착초기에 Zn 원자가 산화막 내부로부

터 나온 산소원자들과 우선적으로 결합 하여 이루어진 것으로 판단 되었다.

(2) ZnS를 증착한 후의 산화막은 직경 100Å 정도 크기의 미세결정을 이루고 있었으며 이는 주로 ZnS 증착시에 생기는 진공실내의 온도 상승에 기인된 것으로 판단되었다. 또한 Zn가 산화막 깊숙이 침투되어 있음이 확인되었고 이 Zn는 양이온 상태로 존재하고 있을 가능성이 높은 것으로 판단 되었다.

(3) 양극산화막위에 ZnS를 증착시킨 이중절연막의 측정된 비저항치는  $10^{10} \Omega \text{cm}$  정도로서 HgCdTe MIS 소자의 절연막으로서의 적절한 절연성을 나타내었다.

(4) FTIR 을 이용한 광반사도 측정결과는  $4\text{-}6\mu\text{m}$  영역에서는 10% 정도의 반사도를 보여 주었으며, 특히  $5\mu\text{m}$  근처에는 7% 정도의 반사도를 보여 양호한 ZnS 박막이 갖는 수준임으로 적절한 무반사 효과를 나타내는 것으로 판단되었다.

(5) 측정된 고정전하밀도는  $1.24 \times 10^{12} / \text{cm}^2$  로서 MIS 다이오드 적절 수준인  $Q_f \leq 10^{11} / \text{cm}^2$  보다 비교적 많은 양인 것으로 평가되었다. 이 많은 양의 HgCdTe MIS 계면 고정전하는 ZnS 열진공 증착 초기에 양극산화막과 ZnS사이에 ZnO라는 새로운 막의 형성으로 산화막 내부에 유발된 많은 양의 산소 빈자리 및 산화막내에 침투하여 양이온 상태로 존재하고 있을  $\text{Zn}^{++}$ 에 기인된 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

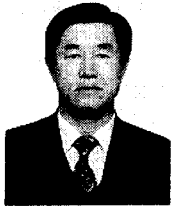
1. M. B. Rein, A. K. Sood and T. J. Tredwell, "Semiconductors and Semimetals", R. K. Willardson and A. C. Beer(Ed.), Academic Press, Vol.18, pp.201-305,1981.
2. J. D. Beck, M. A. Kinch, E. J. Esposito and R. A. Chapman, "The MIS physics of the native oxide-Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te interface", J. Vac. Sci. Technol., 21(1), pp.172-177, 1982.
3. Y. Nemirovsky and I. Kidron, "The interface between Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te and its antive oxide", Solid state electronics Vol.22, pp.831-837, 1979.
4. W. F. Leonard and M. Michael, "Surface state studies of nonparabolic band semiconductors using MIS structures", J. Appl. Phys. 50(3), pp.1450-1456, 1979.
5. 최경구, "Hg<sub>0.8</sub>Cd<sub>0.2</sub>Te 반도체의 표면보호막 연구", 국방과학연구소 선임연구원 승격 논문, pp.

- 40-47, 1995년 10월.
6. A. F. Tasch Jr., R. A. Chapman and B. H. Breezeable, "Field-Effect Measurements on the HgCdTe Surface", J. Appl. Phys. 41, pp. 4202-4203, 1970.
7. D. R. Rhiger and J. D. Langan, "Study of HgCdTe MIS technology", US Contract No. N00173-76-C-0316, pp.3-1 ~ 7-3, 1977.
8. HgCdTe 적외선감지소자의 제작에 관한 연구 (I-VII), 국방과학연구소, pp.104-172, 1992년 12월.
9. S. P. Buchner, G. D. Davis, W. A. Beck and N. E. Byer, "Interface properties and surface leakage of (Hg,Cd)Te photodiodes", MML-TR-81-39C report, pp.36-42, 1981년 7월.
10. R. A. Chapman, M. A. Kinch, A. Simmons, S. R. Borrello, H. B. Morris J. S. Wrobel and D. D.Buss, "HgCdTe Charge-coupled device shift registers", Appl. Phys. Lett. 32, pp. 434-436. 1978.
11. Y. Nemirovsky and G. Bahr, "Passivation of mercury cadmium telluride surfaces", J. Vac. Sci. Technol. A7(2), pp.450-459. 1989.
12. 정진원, 왕진석, "MCT 표면보호를 위한 양극 산화막 성장", 전기전자학회지 Vol.8, No.3 pp. 352-356, 1995.
13. C. M. Mole, C. R. Helms, H. F. Schaake, R. L. Strong, A. Simmons, J. B. Pallix and C. H. Becker, "Physical and chemical properties of the anodic oxide/HgCdTe interface", J. Vac. Sci. Technol. A7(2), pp.474-482. 1989.
14. J. F. Moulder, W. F. Stickle, P. E. Sabot and K. D. Bomben, "Handbook of X ray photoelectron spectroscopy", Perkin-Elmer Corporation, pp.189, 1992.
15. S. M. Sze, "Physics of semiconductor devices 2nd edition", John Wiley & Sons, pp.390-402, 1981.
16. Y. Nemirovsky and G. Bahir, "Passivation of mercury cadmium telluride surfaces", J. Vac. Sci. Technol., A7(2), pp.450-459, Mar/Apr. 1989.
17. C. M. Stale, C. R. Helms, H. F. Schaake, R. L. Strong, A. Simmons, J. B. Pallix and C. H. Becker, "Physical and chemical properties of the anodic oxide/HgCdTe interface", J.

Vac. Sci. Technol., A7(2), pp. 474-482, Mar  
Apr. 1989.

---

**저자소개**



**정진원**

1944년 1월 20일생. 1967년 2월 육군사  
관학교 졸업(이학사). 1982년 6월 미 해  
군대학원 졸업(물리학 석사). 1986년 8  
월 미 콜로라도 주립대학 대학원 전자  
공학과 박사과정 수료. 1996년 2월 충남  
대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학).

1987년 9월-현재 국방과학연구소 선임연구원.