

On the Characteristics of Oxide Film on GaP.

J.W.Park, D.C. Moon
(Kwang woon Univ.)

& S.T.Kin
(Daejun national Univ.of Tech.)

Abstract

The native oxide films were thermally and anodically formed on the n-GaP substrates grown by SSD method and measured this oxide thickness and the chemical composition and the electrical properties with formation condition.

The chemical composition of themally oxidized GaP film was composed of mostly GaPO₄ at temperature below 800°C and mostly β-Ga₂O₃ above 800°C. But The chemical composition of anodically oxidized GaP film was composed of the mixture of Ga₂O₃ and P₂O₅. The barrier height of Al/oxide/n-GaP which was formed at 700°C by thermal oxidation method were 1.10eV, 1.03eV in Current-Voltage measurement. Interface charge density were 4x10¹²q (C/cm²) and 3x10¹²q (C/cm²) in Capacitance-Voltage measurement respectively

1. 서론

최근 III-V 족 화합물 반도체를 기반으로 이용하여 금속-반도체(MS) 또는 금속-산화물-반도체(MOS) 구조를 가진 소자를 제작 초고속 스위칭소자, 태양전지, 광통신 시스템에 필요한 수광소자, MISFET 등 고주파 영역에서 동작하는 전자소자 등에 널리 이용되고있다.

그중 GaP 를 이용한 전자소자 제작과정에 있어 표면 보호(surface passivation)¹⁾와 마스크 역할을 하는 자연산화막(native oxide layer)의 형성에 관한 연구가 1960년 대에서 부터 지속적으로 이루어지고 있다.

특히 산화막을 제작하는 과정에서 III-V 족 화합물

반도체 기판위에 형성된 SiO₂ 산화막보다 더 우수한 성질을 나타내는 자연산화막(native oxide layer)²⁾을 형성하기 위하여 여러가지 산화방법이 제시되고 산화막의 화학적 조성 및 전기적 특성을 해석하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 SSD 법으로 undoped n-GaP 결정을 성장하여 건식 열산화³⁾법과 양극산화법⁴⁾으로 자연산화막을 형성하여 산화막의 표면상태와 두께를 조사하고 X-선 회절 및 EDAX를 이용하여 산화막 조성을 분석, 산화막의 형성모형을 제시하여 보았다. 또한 Al전극을 사용 GaP MOS 다이오드를 제작하고 전기적 특성 (I-V, C-V)을 조사하여 GaP 를 이용한 전자소자 제작에 필요한 기초적 자료를 제공함을 목적으로 한다.

2. 실험방법

SSD법으로 성장된 undoped n-GaP (n=6.75x10¹⁵cm⁻³, μ_n=187.18cm²/V.sec) 를 먼저 열산화 시키기 위하여 길이 35cm, 직경 8cm인 원통 개방관 열산화로에 넣어 산화하였다.

산화막 형성은 600°C에서 1000°C 까지 산화 온도와 시간을 변화시키면서 산화 하였다.

한편 양극산화법에 의해 n-GaP에 자연산화막을 형성하기 위하여 30% H₂O₂ 수용액에 n-GaP 와 금속 Au를 각각 양극과 음극이 되도록 설치하고 인가전압과 산화시간을 변화시켜 산화하였다.

산화막이 형성된 GaP 의 표면 상태는 금속현미경(Nicon VBS)으로 조사하였고 산화막 두께는 Ellipsometer 로 측정하였으며 산화막의 성분과 조성은 X선 회절기와 EDAX 로 측정하였다.

MOS 구조 다이오드를 제작하기 위하여 산화막위에 Al로 진공 증착하여 정류성접촉을 만들고 n-GaP 기판에는 Au-Ge 으로 오음성 접촉을 만들어 MOS 다이오드를 제작하고

Gap 산화막의 특성에 관하여

Electrometer 로 I-V 특성을 측정하였으며 1MHz 로 고정된 LCR meter 로 C-V 특성을 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

열산화법으로 n-Gap 에 산화막을 형성시키어 금속 현미경으로 산화막표면을 조사하였다. 산화온도 600-800°C 산화조건에서는 표면상태가 균일하였지만 산화온도가 900°C 이상에서는 매우 불균일한 표면상태를 이루고 있으며 이것은 산화온도 900°C 이상에서는 Gap 가 분해되어 p 가 증발하거나 산화막과 반도체 사이에 축적되어 표면에는 Ga 의 산화물이 작은 방울 (droplet)⁵⁾ 을 형성하기 때문이다.

그림 1은 열산화막의 두께를 Ellipsometer 로 측정 한 것으로 산화막의 두께는 산화시간에 선형적으로 비례하여 증가하였고 산화온도가 증가 할수록 산화막의 성장률 (growth rate) 도 증가하는 것을 알수있었다.

그림 2는 산화시간에서 인가전압에 대한 양극산화막의 두께를 Ellipsometer 로 측정 한 것으로 인가전압에 대해 양극산화막의 두께는 선형적으로 증가하였고 산화막의 성장율은 1volt 당 5Å 정도로 성장하였다.

산화막의 화학조성을 분석하기 위해 그림 3,4,5,6처럼 분말 X선 회절기를 이용하여 X 선 회절도를 나타낸 그림으로써 그림3은 unoxidized GaP 의 전형적인 d값을 나타낸 것이며 그림4,5,6에서는 unoxidized GaP 의 d값 이외에 산화물에 해당하는 d값을 관찰할수있는데 산화온도가 700°C 에서 900°C 를 증가함에 따라 산화온도 800°C 를 경계로 산화물이 GaPO₄에서 β-Ga₂O₃로 산화물의 조성이 변화되는 것을 관찰하였다.⁶⁾

한편 그림 7,8은 50V 와 100V에서 양극 산화 시킨 GaP를 분말 X선 회절법으로 측정 한 회절도로 unoxidized GaP 의 d값이외에 산화물에 해당하는 d 값을 관찰할수 있었는데 그림 7에서는 산화물로 Ga₂O₃와 P₂O₅ 가 관찰되었고⁷⁾ 그림8에서는 Ga₂O₃와 P₂O₅ 피크 이외에 p 의 피크가 검출되었다. 이것은 인가전압과 산화시간을 증가시키면 GaP 가 분해되면서 p가 증발 되거나 산화막과 반도체 경계면에 축적되어 있음을 알수 있었다. 한편 산화된 GaP 산화막의 표면조성을 분석하기 위하여 EDAX 를 이용하여산화막의 표면조성 분석을 하였다. 산화막이 성장된 GaP 를 이용하여 MOS 다이오드를 제작하기위하여 산화막 위에 금속 Al 진공증착하여 정류성접촉 을 만들고 뒷면에는 Au-Ge 으로 오음성 접촉을 만들어 MOS 다이오드를 제작하였다. 전기적 특성을 측정하기 위하여 먼저 전류전압 곡선을 사진 1에 나타내었다. 산화온도 700°C 에서 산화시간을 30분과 1시간에서 각각 제작한 GaP MOS 다이오드는 특성이 양호한

정류성 접합을 이루고 있으며 역방향 특성이 산화시간이 증가함에 따라 점차개선되고 있음을 알수 있었다.

이것은 산화시간이 증가함에 따라 두꺼워지므로 전하의 이동을 방해하여 누설전류가 적게 흐르게 되기 때문이라고 여겨진다.⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾

한편 인가전압에 50V 에서 산화시간을 5분과 10분에서 각각 제작한 GaP MOS 다이오드의 I-V특성도 산화시간이 증가함에 따라역방향특성이 점차 개선되고 있는데 이것또한 위 관찰한것과 동일 하다고 여겨진다.

한편 GaP MOS 다이오드를 1MHz 로 고정된 LCR미터로 측정하여 Flat band 전압을 구하여 경계전하밀도 (interface charge density)¹¹⁾를 조사하여 본결과 700°C 1시간에서 열산화된 GaP MOS 다이오드에서는 4X10¹²q(C/cm²) 정도였고 50V 5분에서 양극산화된 GaP MOS 다이오드에서는 3X10¹²q(C/cm²) 정도였다.

4. 결론

SSD 방법으로 성장된 n-Gap에 열산화법과 양극산화법으로 산화하였다. 열산화막의 두께는 산화온도에 선형적으로 비례하였고 양극산화막의 두께는 인가전압에 선형적으로 비례하여 증가하였다. 산화막의 화학적 조성은 열산화법에서 800°C 이하에서는 주로 GaPO₄로 구성되어 있으며 800°C 이상에서는 β-Ga₂O₃로 구성되어 있음을 알았다. 한편 양극산화 법에 의한 산화막의 화학적 조성은 Ga₂O₃와 P₂O₅가 혼합된 형태로 구성되고 있음을 알았다. 700°C 열산화법과 50V 양극산화법에서 형성된 Al/oxide/n-Gap 의 장벽 높이는 I-V 측정으로 각각 1.10eV, 1.03eV 였으며 경계전하 밀도는 C-V 측정으로 각각 4X10¹²q (C/cm²), 3X10¹²q (C/cm²)을 얻었다.

참고문헌

1. F.Ermanis. J.Electrochem.Soc.Vol.121.1974.
2. Kato. J.Vac. Sci.Tech.A2(2) 1984.
- 3.Rubeinstein J.Electrochem.Soc.Vol.113.1966.
- 4.Schwartz. J.Electrochem.Sol. Vol.120.1973.
- 5.K.M.Choi 광운대학교 논문집 1986
- 6.C.W.Wilmsen J.Vac. Sci Tech Vol.19. 1981.
- 7.Schwartz J.Elèctrochem.Soc.Vol.120. 1973.
- 8.Y.Imai J.Electrochem.Soc. Vol.129. 1982.
- 9.H.Lim.J.Appl.Phys.vol.53.p.7450 1982.
- 10.G.G.Kovalevskaya. Sov.Phys. semicond.Vol.16 P379. 1982.

11. W.E.Beadle et al Quick reference. 1985.

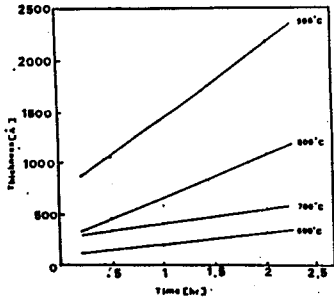


Fig1 Thermal oxide thickness as a function of growth time for temperature between 600°C and 900°C

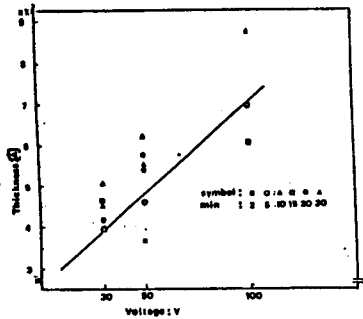


Fig2 Anodic oxide thickness as a function of applied voltage for time between 2min. and 30 min.

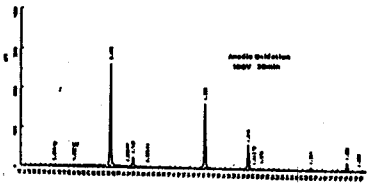
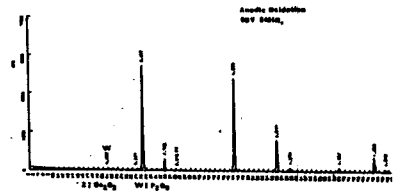
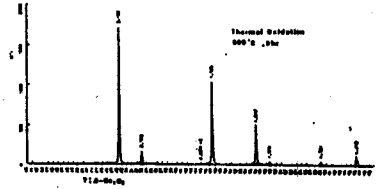
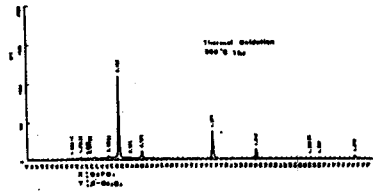
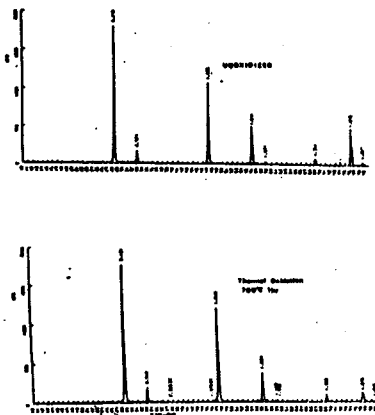


Fig3,4,5,6,7,8 X-ray diffraction patterns of GaP oxide layer.

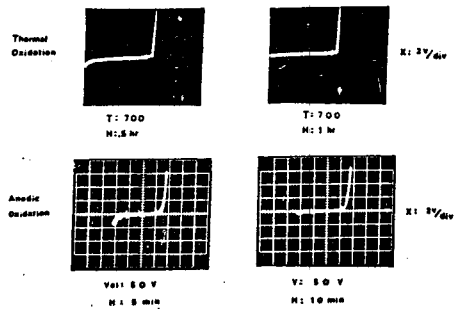


Fig9 I-V curve of MOS by Thermal and Anodic Oxidation.