

## Au-Te 과 n-GaAs 의 접촉저항 특성 (The characteristics of the specific contact resistance of Au-Te to n-GaAs)

정 성훈\*, 송 복식, 문 동찬, 김 선태'  
광운대학교 전자재료공학부  
'대전산업대학교 재료공학과

S. H. Chung, B. S. Song, D. C. Moon, S. T. Kim'  
Dept. of Electronic Materials Eng. Kwangwoon University  
'Dept. of Materials Eng. Taejon National University of Technology

### Abstract

The ohmic characterization of Au/Te/Au/n-GaAs structure is investigated by the application of x-ray diffraction, scanning electron microscopy, Auger electron spectroscopy, the specific contact resistance and I-V measurement. Increasing the annealing temperature, the results of XRD measurement show the sharpening of the Au-Ga peak and the increasing of the intensity of Au peak due to the crystallization. At 400°C, which is the ohmic onset point, Ga<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> peak gets evident and GaAs regrowth peak appears for the samples annealed at 500°C. The variation of shottky contact to ohmic contact is confirmed by the I-V curve transition. The specific contact resistance of  $3.8 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}^2$  is obtained for the sample annealed at 500°C and above 600°C the specific contact resistance increased due to the decomposition of GaAs substrate.

### 1. 서 론

최근 화합물 반도체를 사용한 고속전자 및 광자소자의 개발로 저저항성과 열적 안정성을 지닌 ohmic 접촉에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, ohmic 형성 mechanism 에 대한 연구가 활발해지면서, 기존의 전통적인 ohmic 재료보다는 특정소자나 기판에 대해 최적의 접촉특성을 실현시킬 수 있는 물질에 대해서도 구체적인 연구가 진행되게 되었다. Wang 등은 Pd이 포함된 시스템과 GaAs 과의 접촉 특성에서  $10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}^2$  이하의 specific contact resistance 값을 보고<sup>(1)</sup>하고 있으며, Tanahashi 등은 NiSiW을 사용한 ohmic 접촉에 대해 보고<sup>(2)</sup>한 바 있다. 본 연구에서는 Au/Te/Au structure 의 n-GaAs 에 대한 접촉특성을 조사하였다. 이를 위해서 n-GaAs에 thermal evaporation 방법으로 증착된 Au/Te/Au 구조를 XRD, SEM, specific contact resistance, I-V 특성 등을 통해 얻은 결과를 이용하여 Au-Te 재료의 n-GaAs에 대한 ohmic재료로서의 가능성을 알아보려고 한다.

## 2. 실험방법

n-GaAs에 100Å Au, 400Å Te, 1000Å Au를  $10^{-6}$ Torr에서 연속적으로 열증착하였다. 증착전에 HCl: H<sub>2</sub>O(1:1)수용액으로 표면처리를 하였다. 열처리는 5 l/min으로 Ar을 주입시키면서 conventional furnace에서 온도와 시간을 각각 200-600°C, 1-4hr 변화시키면서 행하였다. specific contact resistance와 I-V 측정을 위해서 Si 불순물이 첨가 ( $1.2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ )된 n-GaAs를 사용했으며, XRD와 SEM측정을 위해서 semi-insulating GaAs를 사용하였다. Four point method<sup>(3)(4)(5)</sup>에 의해 specific contact resistance<sup>(6)</sup>를 구했으며, 이때 사용한 시편은 4개의 contact point가 등간격으로 일직선상에 위치한 장방형의 형태였다. contact point 간의 전위왜곡을 피하기 위해 통상 point 간격보다 직경을 훨씬 작게 제작하는데, 본 실험에서는 직경 0.25mm, 간격 5.0mm로 제작된 시편을 사용하였다.

그림 1

측정방법을 그림 1에 나타내었다. 여기에서 항전류를 a-d와 b-d에 인가했을 때, b-c에서 측정된 각각의 전압을  $V_{bc}$ ,  $V'_{bc}$ 로 표기하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2

그림2에 열처리온도에 따른 각 시편의 x선 회절도를 나타내었다. 200°C 시편에서는 Ga<sub>2</sub>Au의 (111)plane peak가 dominant 함을 볼 수 있는데 이는 sublimation으로 인한 As vacancies에 Au가 위치함으로써 생성된 것으로 생각된다. 300°C와 400°C에서 열처리했을 때 Au의 결정화가 진전됨을 볼 수 있으며, 특히 400°C에서 열처리한 경우, Ga<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> (400)면의 peak가 뚜렷하게 나타나고 있다. 400°C, 4hr의 경우 specific contact resistance가  $10^3 \Omega\text{-cm}^2$ 으로서 ohmic 특성을 보여주고 있는데 이는 위의 XRD결과에서 나타난 Ga<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>와 GaAs의 이중접합에 의해 전위장벽이 낮아

진데 기인<sup>(7)</sup>한 것으로 생각된다. 500°C로 열처리된 경우, GaAs (100)면의 peak가 나타남으로써 GaAs layer가 재결정 성장<sup>(8)</sup>되었음을 알 수 있었다.

사진1에 열처리온도에 따른 표면의 변화를 보여주고 있다. 열처리하지 않은 시편의 경우

사진 1

smooth한 표면상태를 보여주고 있으나, 이미 300°C에서 balling 현상<sup>(9)</sup>을 볼 수 있으며, 500°C에서는 islands가 뚜렷하게 나타남으로써 표면이 불량하게 변화함을 알 수 있다.

그림3에 열처리 온도에 따른 specific contact resistance의 변화를 나타내었다.

그림 3

400°C에서 열처리한 경우,  $10^3 \Omega\text{-cm}^2$ 로서 ohmic 특성을 보이기 시작하며, 500°C에서 가장 낮은 평균값을 얻을 수 있었다. 그러나 600°C에서 열처리한 시편의 경우 Te-doped GaAs layer의 분해로 인해 저항이 증가함을 볼 수 있었다. 한편 본 실험에서 가장 낮은 접촉 저항값은 500°C, 4hr에서  $3.8 \times 10^{-5} \Omega\text{-cm}^2$ 이었다.

사진2에 열처리 온도에 따른 전류-전압특성곡선의 변화를 보여주고 있다. 400°C, 4hr의

사진 2

경우, 선형적인 형태에 근접해 있음을 볼 수 있으며, 500°C에 비해 600°C의 특성곡선에서 저항값이 증가함을 확인할 수 있다.

## 4. 결 론

XRD 분석 결과, 400°C에서 열처리한 시편의 경우 뚜렷한 Ga<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> peak를 나타내며, 500°C에서는 GaAs regrowth를 확인할 수 있었다. 또한 낮은 열처리 온도에서부터 Ga<sub>2</sub>Au가 나타났으며, 온도가 증가함에 따라 Au의 결정배열이 왜곡되고 Ga<sub>2</sub>Au의 결정화가 진전됨을 알 수 있었다. SEM을 통해 열처리 온도가 300°C 이상에서부터 표면의 morphology가 급격하게 변화하는 것을 볼 수 있었다. 열처리하지 않은 시편의 경우, specific contact

resistance가  $0.23\Omega\text{-cm}^2$ 이었고,  $500^\circ\text{C}$ , 4hr 열처리한 후에는 가장 낮은  $3.8\times 10^{-5}\Omega\text{-cm}^2$ 의 저항값을 보였다. 전류-전압 특성곡선에 의해 저온에서 열처리한 경우, shottky접촉 특성을 보이다가, 온도가 증가함에 따라 선형적인 곡선으로 변화함으로써 ohmic 접촉됨을 확인할 수 있었다.

### Reference

1. L. C. Wang, X. Z. Wang, S. S. Lau, T. Sands, W. K. Chan and T. F. Kuech, Appl. Phys. Lett. 56(21), 21 May 1990
2. H. J. Takata, kiwamu Tanahashi, A Otsuki, H. Inui and Masanori, J. Appl. Phys 72(9). 1 November 1992
3. E. Kuphal, Solid-State Electronics vol.24, pp. 69-78, 1981
4. Y. K. Fang, C. Y. Chang and Y. K. Su, Solid-State Electronics vol.22, pp. 933-938, 1979
5. A. Piotrowska, A. Guivarch and G. Pelous, Solid-State Electronics vol.26, pp. 179-197, 1983
6. C. Y. Chang, Y. K. Fang, S. M. Sze, Solid-State Electronics vol.14, pp. 541-550, 1971
7. K.Wuyts and G. Langouche, Phys. Rev.B vol45, No20, May 1992-II
8. Baoqi Li and Paul H. Holloway, J. Appl. Phys., 71(9), 1 May 1992
9. K. Wuyts, J. Watte and R.E. Silverans, J. Vac. Sci. Technol. B 9(2), Mar/Apr 1991

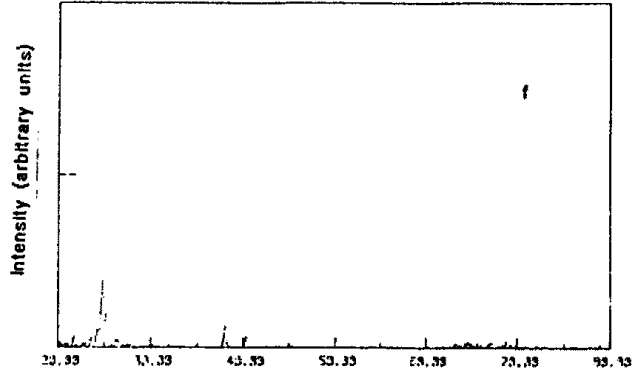
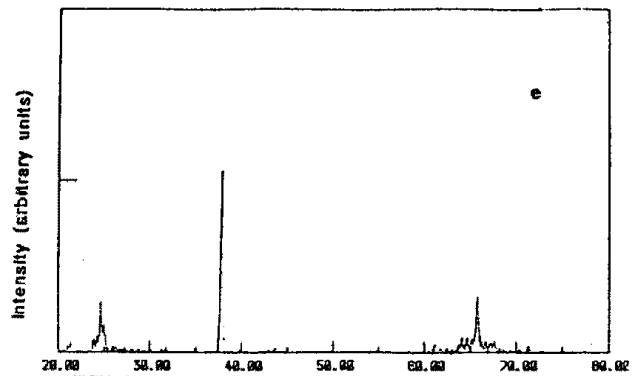
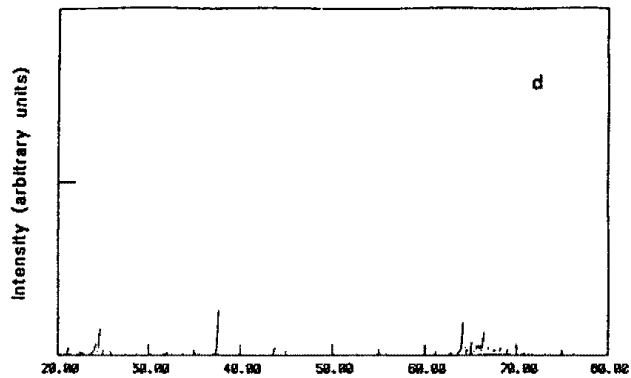
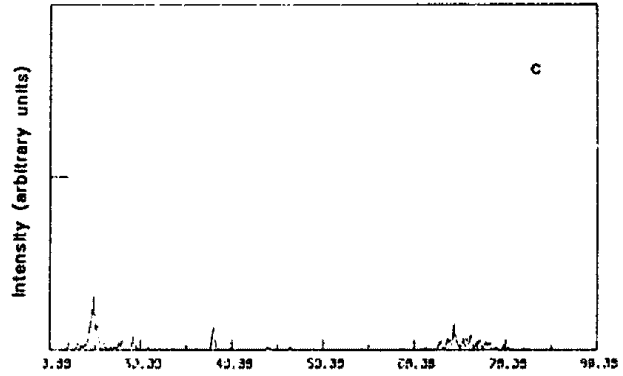
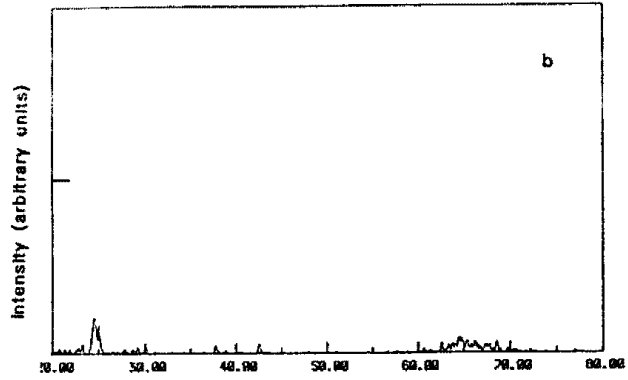
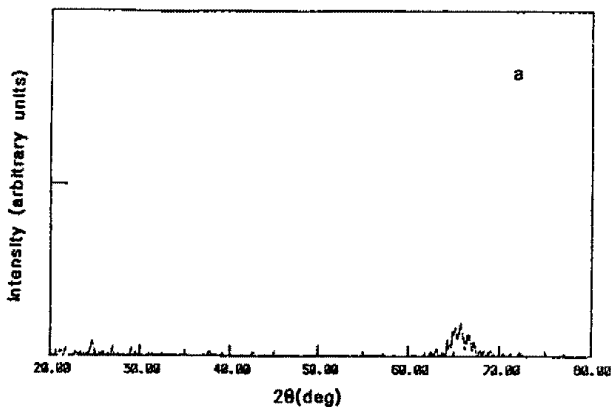


Fig.2 X-ray profiles of Au/Te/Au/n-GaAs structure for samples (a) annealed at 200°C for 2hr and (b) at 200°C for 4hr (c) at 300°C for 4hr (d) at 400°C for 2hr (e) at 500°C for 2hr (f) at 600°C for 4hr

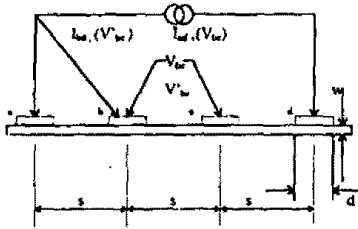


Fig.1 Schematic configuration of the specific contact resistance measurement

- $s$  : distance of electrode
- $I_{ad}$  : constant current
- $w$  : thickness of sample
- $d$  : diameter of electrode
- $V'_{bc}$  : voltage across electrode b-c, when current is applied to point b-d

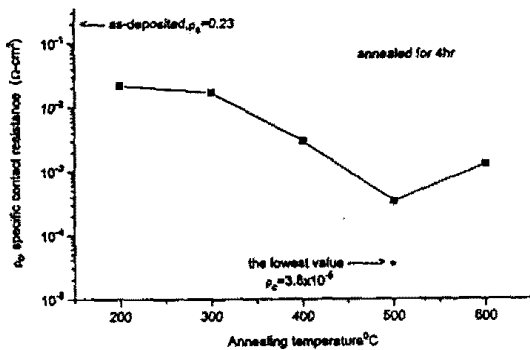


Fig.3 Variation of specific contact resistance with annealing temperature. Each data point represents the average of 4 set of circular collinear pattern.

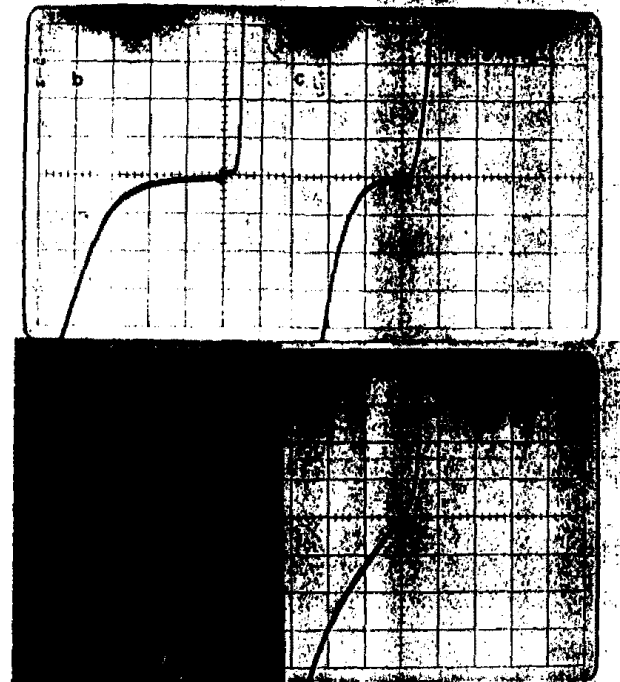
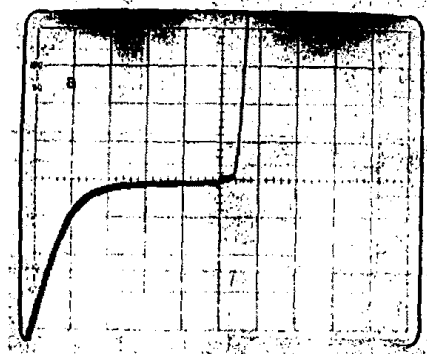


Photo.2 Current-Voltage characteristics of Au/Te/Au/n-GaAs contacts. (a) when annealed at 200°C for 4hr and (b) at 300°C for 4hr (c) at 400°C for 4hr (d) at 500°C for 4hr (e) at 600°C for 4hr

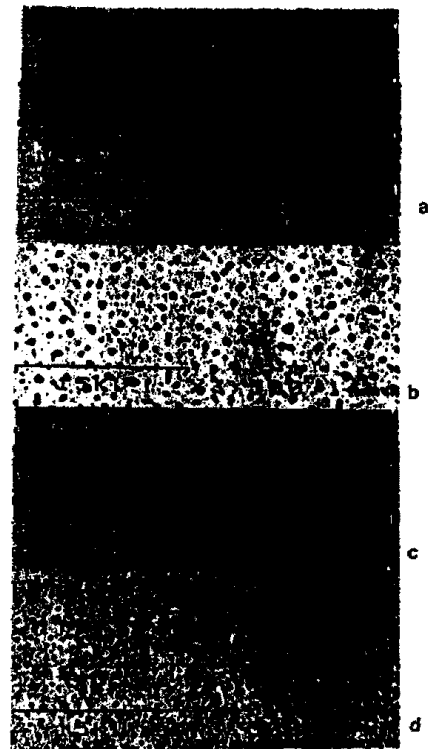


Photo.1 SEM micrographs of samples (a) when as-deposited, (b) annealed at 300°C for 2hr, (c) annealed at 500°C for 2hr and (d) annealed at 600°C for 4hr.