

오음성 접합에서의 낮은 접촉 저항을 갖는 Pt/Ti/P형 4H-SiC

이주현<sup>a\*</sup>, 양성준<sup>a</sup>, 김창교<sup>a</sup>, 조남인, 정경화, 신명섭  
<sup>a</sup>순천향대학교 정보기술공학부, 선문대학교 전자공학과

Low resistivity ohmic Pt/Ti contacts to p-type 4H-SiC

J. H. Lee<sup>a\*</sup>, S. J. Yang<sup>a</sup>, C. K. Kim<sup>a</sup>, N. I. Cho, K. H. Jung, M. S. Shin  
<sup>a</sup>Information Technology Engineering, Soonchunhyang University  
 Electronic Engineering, Sun Moon University

**Abstract** - Ohmic contacts have been fabricated on p-type 4H-SiC using Pt/Ti. Low resistivity Ohmic contacts of Pt/Ti to p-type 4H-SiC were investigated. Specific contact resistances were measured using the transmission line model method, and the physical properties of the contacts were examined using x-ray diffraction, scanning electron microscopy. Ohmic behavior with linear current-voltage characteristics was observed following anneals at 900°C for 90sec at a pressure of  $3.4 \times 10^{-5}$  Torr. The Pt/Si/Ti films was measured lower value of the specific contact resistance by the annealing process, and the contact resistances were improved more than one order compared to Ti contact the annealed sample. Scanning electron microscopy shows that the Pt layer effectively reduce the oxidation of Ti films. And results are obtained as  $4.6 \times 10^{-4} \text{ohm/cm}^2$  for a Pt/Ti metal structure after a vacuum annealing at 900°C for 90sec. Titanium has a relatively high melting point, thus Ti-based metal contacts were attempted in this study.

-ethylene)에서 3분, acetone에서 3분, methyl alcohol에서 3분, DI water에서 3분 세척하였으며, 최종 실리콘 표면에 형성된 잔류물을 제거하기 위하여 Piranha sol'n cleaning ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 = 4:1$ )에 10분 동안 세정하였다. 이렇게 세정 공정을 마친 후, AZ 5412를 이용하여 wafer 위에 PR coating을 하는 사진 공정과 노광 공정을 하고, sputter를 사용하여 Ti(500 Å), Pt(500 Å)를 증착 하였다. 다층으로 증착된 Pt/Ti를 lift off 시키고 낮은 접촉 저항을 갖기 위하여 급속 열처리 장비 RTP(Rapid Thermal Process)를 사용하여 900°C에서 90초 동안 열처리하였다.

1. 서론

SiC 전력 소자는 고전압, 고출력 및 고주파 응용분야에 적합한 차세대 전력소자로서 선진국에서 적극적으로 개발하고 있으며, 앞으로 고속전철 및 전기 자동차의 전력제어, 이동 통신 기지국의 고주파 증폭기 등은 물론이고, 송배전 분야에서 전력제어에 광범위하게 응용됨으로써 시스템의 크기를 획기적으로 줄이면서 전력손실을 줄일 수 있을 것으로 예상되고 있다. 따라서 SiC의 오음성 접촉(ohmic contact)에 관한 연구는 SiC의 polytype에 따라 각각 달리 진행되어 왔으며, p형 4H-SiC에 관한 최근 연구 결과를 보면,  $1.3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 의 불순물 농도를 갖는 epi층 위에 TiC을 이용하여 오음성 접합을 형성하고 950°C에서 열처리하여 낮은 접촉 저항 값을 얻었다[1-4]. 그러므로 본 연구에서는 p형 4H-SiC 표면 위에 Pt/Si/Ti 구조를 갖는 오음성 접합 소자를 제작하여 전기적 특성 및 증착 표면 상태 및 재료 특성을 조사하였다[5].

2. 본론

2.1 시편 제조

본 실험에서 사용한 시편은 비저항  $7.4[\Omega \cdot \text{cm}]$ , 두께  $401\mu\text{m}$ 인 결정 방향은  $7^\circ 58'$  도핑 농도는  $3.5 \times 10^{17}$ 인 p형 SiC wafer를 사용하였다. 먼저 시편의 제작과 특성 평가를 용이하게 하기 위해서 wafer를  $200 \times 300\mu\text{m}^2$ 의 크기로 잘라내고 유기물을 제거하기 위하여 초음파 세척기를 이용하여 순차적으로 TCE (Trichloroethyl-

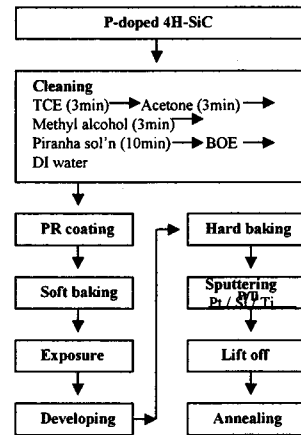


그림 1. 시편 제조 공정도  
 Fig. 1. Flow chart for device fabrication sequence

그림 1은 시편의 제조 공정을 보여주며, 그림 2는 p형 4H-SiC 표면 위에 Pt/Ti를 세 개의 패턴으로 증착하여 TLM 방법으로 접촉 저항을 측정하고자 하였다.

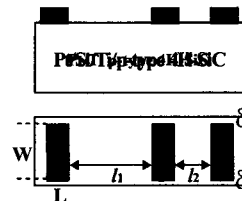


그림 2. Pt/Ti/p형 4H-SiC 표면 위에 세 단자로 구성된 소자  
 Fig. 2. A Three-terminal contact resistance test structure

단자의 크기는  $10 \times 50 \mu\text{m}$ 이며 단자 사이의 거리는  $150 \mu\text{m}$ ,  $15 \mu\text{m}$ 로 하였다. Pt/Ti의 다층의 두께는  $1000 \text{ \AA}$ 로 제작하였다.

## 2.2 접촉 저항 측정

세 단자를 갖는 시편에서 접촉 저항을 측정하기 위하여 반도체 변수 분석기와 probe station을 사용하였다. 그리고 세 단자를 갖는 접촉 저항 측정법은 두 단자 방식의 결점을 보완할 수 있는 방법이고 그림 2처럼 구성된 세 단자 구조에서 접촉 저항을 구해보면 다음과 같다[1,3,4].

$$R_1 = R_s \left( \frac{l_1}{w} \right) + 2 R_c$$

$$R_2 = R_s \left( \frac{l_2}{w} \right) + 2 R_c \quad (2-1)$$

이 되고 이들 두 식을 연합해서 풀면 다음과 같은 접촉 저항  $R_c$ 를 얻을 수 있다.

$$R_c = \frac{(l_1 R_2 - l_2 R_1)}{2(l_1 - l_2)} \quad (2-2)$$

그러므로 거리  $l$ 을 갖는 접합 단자간의 전체 저항  $R_T$ 는 다음과 같다.

$$R_T = R_s \left( \frac{l}{w} \right) + 2 R_c \quad (\delta=0 \text{인 경우}) \quad (2-3)$$

전체 저항  $R_T$ 와 접합 단자간 거리  $l$ 에 대해서 접촉 저항  $R_c$ 를 구할 수 있다.

## 2.3 실험결과 및 고찰

그림 3과 그림 4는  $900^\circ\text{C}$ 에서 90초 동안 열처리한 Pt/Ti/p형 4H-SiC 시편과 Ti만을 증착한 시편의 I-V 특성 곡선이다.

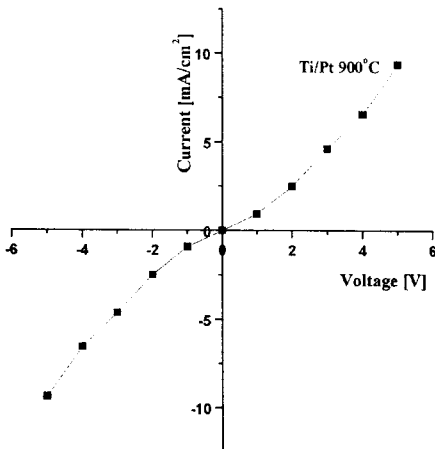


그림 3. Pt/Ti/p형 4H-SiC에 관한 특성 곡선  
Fig. 3. Pt/Ti/ p-type 4H-SiC after annealing at  $900^\circ\text{C}$  for 90sec

그래프에서 보이는 바와 같이 Ti 금속층 위에 Pt를 증착한 시편이 오염성 접합에 대해서 뛰어난 특성을 보

여주고 있음을 알 수 있다. 그리고  $950^\circ\text{C}$ 와  $1000^\circ\text{C}$ 에서도 열처리 시간을 변화시켜 I-V 특성을 관찰하였으나 전체적으로 비교하여  $900^\circ\text{C}$ 에서 90초 동안 열처리한 시편의 I-V 특성이 가장 잘 나왔다.

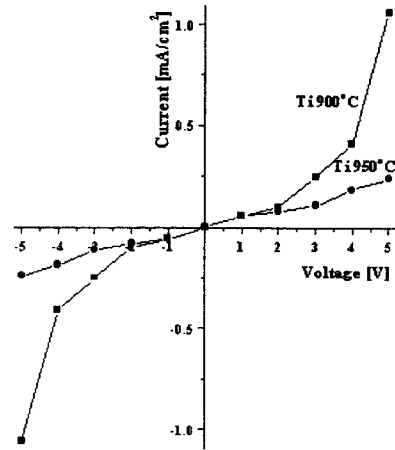


그림 4. Ti/p형 4H-SiC에 관한 특성 곡선  
Fig. 4. Ti/ p-type 4H-SiC after annealing at  $900^\circ\text{C}$ ,  $950^\circ\text{C}$  for 90sec

그리고  $900^\circ\text{C}$ 에서 열처리한 Pt/Ti/p형 4H-SiC 구조의 접촉 저항은  $4.6 \times 10^{-4} \text{ ohm/cm}^2$ 이라는 낮은 저항 값을 얻었다. XRD의 결과를 보면,  $35^\circ$  위치의 peak의 강도가 변화되는 것을 확인할 수 있었다. 그런데 이 위치는 SiC의 위치이면서 또한 TiC에 대한 peak이 나타날 수 있는 위치이다. 따라서  $900^\circ\text{C}$ 에서 60초 동안 열처리한 시편에서는 형성되지 않던 TiC가, 90초 동안의 열처리에서 형성된 것으로 생각할 수 있다.

## 3. 결론

본 연구에서는 Pt/Ti/p형 4H-SiC 다층간의 접합 계면의 미세 구조와 접착 특성의 상관 관계를 통하여 전기적 특성을 확인하였으며, Ti/p형 4H-SiC와 Pt/Ti/p형 4H-SiC 구조의 오염성 접합에 관한 연구 결과는  $900^\circ\text{C}$  이상 열처리에서 Ti의 산화 문제가 발생되어 접촉 저항 값이 높아졌다. 따라서 Ti 금속층 위에 귀금속 Pt를 증착하였다. 그 결과 상호 작용에 따른 낮은 저항 값 변화를 확인하였다.

[감사의 글]

본 연구는 산업자원부에서 시행하는 SiCDDP(SiC Device Development Program) 과제에의 지원으로 연구되어졌습니다. 이에 저자일동은 감사의 말씀을 드립니다.

[참 고 문 헌]

- 1] H. H. Berger, "Models for contacts to planar devices", Solid-State Electronics, Vol. 15, pp. 145-158, 1972
- 2] C. Y. Ting, C. Y. Chen, Solid-State Electronics, Vol. 14, pp. 433, 1971
- 3] N. Lundberg, M. Östling, "Thermally stable low ohmic contacts to p-type 6H-SiC using cobalt silicides", Solid-State Electronics, Vol.39, No. 11, pp. 1559-1565, 1996

- 4] S. K. Lee, C. M. Zetterling, M. Östling, J. P. Palmquist, H. Hogberg, U. Jansson, "Low resistivity ohmic titanium carbide contacts to n-and p-type 4H-SiC", *Solid-State Electronics*, Vol. 44, pp. 1179-1186, 2000
- 5] N. A. Papanicolaou, A. Edwards, M. V. Rao, W. T. Anderson, "Si/Pt ohmic contacts to p-type 4H-SiC", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 73, No. 14, 5 October 1998
- 6] B. Schwartz, "Ohmic contacts to semiconductors", *The Electrochemical Soc.* 1969
- 7] 금병훈, 강수창, 도석주, 제정호, 김영호, 신무환, "열처리 효과에 따르는 Ni/SiC 계면의 전기적 특성", *한국전기전자재료학회, 99춘계학술대회논문집*, pp. 493-496
- 8] U. Schmid, R. Getto, S. T. Sheppard and W. Wondrak, "Temperature behavior of specific contact resistance and resistivity on nitrogen implanted 6H-SiC with titanium silicide ohmic contacts", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 85, No. 5, 1 March 1999