

# TiW 박막을 이용한 극한 환경 MEMS용 3C-SiC의 Ohmic contact 형성

정수용, 노상수\*, 정귀상  
동서대학교, 대양전기\*

## Ohmic Contact Formation of SiC for Harsh Environment MEMS Using a TiW Thin-film

Soo-Yong Chung, Sang-Soo Noh\*, and Gwi-Yang Chung  
DongSeo Uni., Daeyang Electric Co.\*

### Abstract

In this study, the characteristics of 3C-SiC ohmic contact were investigated. Titanium-tungsten(TiW) films were used for contact metalization. The ohmic contact resistivity between 3C-SiC and TiW was measured by HP4155 and then calculated with the circular transmission line method(C-TLM). And also the physical properties of TiW and the interface between TiW and 3C-SiC were analyzed using XRD and AES.

TiW films make a good role of a diffusion barrier and their contact properties with 3C-SiC are stable at high temperature.

**Key Words** : 3C-SiC, TiW, ohmic contact

### 1. 서론

현재 반도체를 이용한 전자소자 제작의 경우, 250°C까지 온도에서는 SOI(Silicon-on-Insulator)를 주로 사용하고 있다. 그러나 SOI는 300°C이상의 온도 영역에서 실리콘 소재의 한계가 있다.

SiC는 고온에서의 뛰어난 안정성과 전기적 특성, 높은 파괴전압, 큰 포화 이동속도와 전자 이동도 등의 특성으로 인해서 고온, 고전력, 고주파 영역에서 작동되는 소자의 재료로써 많은 연구가 진행되고 있다[1]. SiC는 결정성에 따라  $\alpha$ -와  $\beta$ -로 구분되고 이중  $\beta$ -SiC가 큰 포화이동속도로 인해, 고주파 영역에서 사용되는 소자로써의 응용이 연구되고 있다.

고온, 고출력, 고주파용 반도체 재료로써 SiC를 사용하기 위해서는 먼저 고온에서 안정한 전극 형성에 대한 연구가 이루어져야 한다. SiC의 특성상

좋은 schottky 접촉은 형성은 쉬우나, 좋은 ohmic 접촉 특성을 얻기가 매우 어렵다. 그러므로 SiC 소자 제작에 있어 ohmic 접촉의 연구가 필요하다. 또한 고온용을 목적으로 하기 SiC와 contact 간의 반응을 막기 위해서 contact의 확산 방지특성이 요구된다[2].

앞에서와 같이 고온에서 안정하고 낮은 접촉 비저항을 갖는 ohmic 접촉의 형성을 위해서는 다층 전극의 구조가 가장 뛰어나다. 그렇지만, 이 같은 경우 복잡한 공정으로 인해 신뢰성의 문제가 있다 [3]. 그러므로 SiC와 ohmic contact 물질로 열적으로 안정하고 확산방지특성을 지니는 titanium-tungsten을 contact 물질로 형성 후, 열처리 온도에 따른 표면 반응 및 전류-전압 특성을 측정하여 3C-SiC에 대한 TiW의 고온 ohmic 접촉에 관하여 연구하였다.

## 2. 실험

본 연구에서는 R.F. reactive sputtering으로 TiW 박막을 증착했다. 시료의 전면에 TiW를 증착 후 Lift-off법으로 패턴을 형성하였다. TiW Target은 10/90 vol%의 target을 사용하였으며, 초기진공을  $2.0 \times 10^{-5}$  torr까지 뽑은 후 20sccm의 Ar를 주입하여 압력  $5.0 \times 10^{-2}$  Torr, RF Power 200W를 인가하여 증착하였다. Target 표면의 불순물 제거를 위해 약 10분간 pre-sputtering을 하였으며, 2000Å의 TiW를 증착하였다. 증착 조건을 표 1에 나타내었고, TiW 패턴 형성의 구체적인 공정과정을 그림 2-12에 도식적으로 나타내었다.

Table 1. Deposit conditions of TiW thin-films.

Deposit conditions	range
Target	TiW 2" diameter
RF Power	200 W
Substrate	SiC
Target-substrate distance	8 cm
Working gas	Ar : 20 sccm
Substrate Temperature	Room Temp.(60~80°C)
Working pressure	$5.0 \times 10^{-2}$ Torr

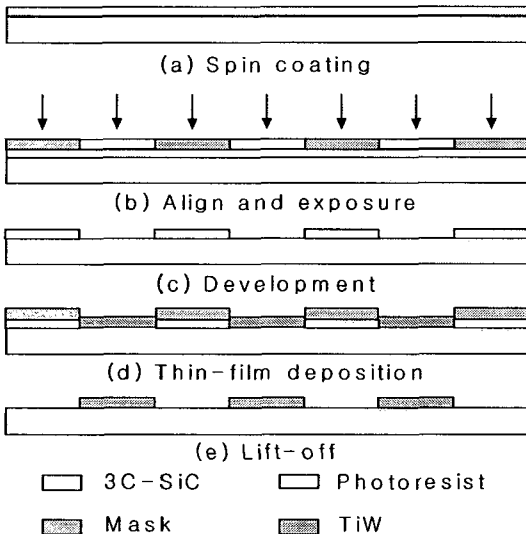


Fig. 1. Fabrications process flowchart of TiW circular contact patterns.

형성된 TiW contact을 열처리를 행하였다. 열처리는 진공 열처리와 급속 열처리(rapid thermal annealing: RTA)를 하였으며, 진공 열처리는 800~1000°C에서 30분 동안 하였으며, 급속 열처리는 1000°C에서 15~45초 동안 행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 물리적 특성

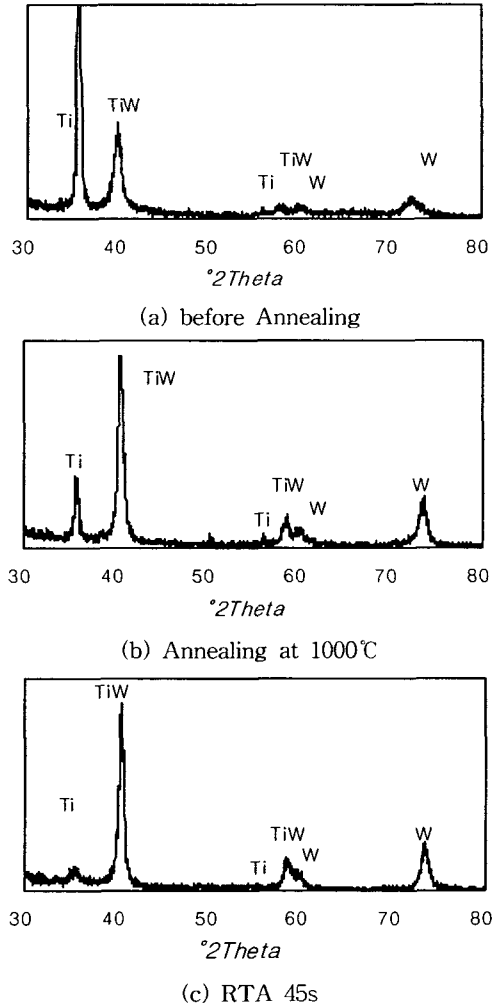


Fig. 2. XRD patterns of TiW with annealing conditions, respectively.

TiW/SiC contact이 열처리 과정을 거치는 동안 TiW 박막의 결정성의 변화를 알아보기 위해 열처

리한 시편을 XRD로 분석하였다. 박막의 peak를 잘 나타나게 하기 위해 박막회절 분석법을 사용하였다. 이는 박막에 관한 정보만을 얻기 위해 시료 표면에 대한 입사각을 낮추어서 분석하였다. 그림2는 XRD 분석 결과이다. (a)는 열처리 전, (b)는 1000°C에서 30분 동안 진공열처리, (c)는 1000°C에서 45초 동안 급속열처리 한 결과이다. (a)는 TiW 피크 보다 Ti와 W의 피크가 매우 강하게 나타났으며, (b)와 (c)에서는 Ti 피크가 감소하고 TiW 결정의 피크가 매우 강하게 나타났다. 따라서 열처리 후 TiW 결정화됨을 알 수 있다.

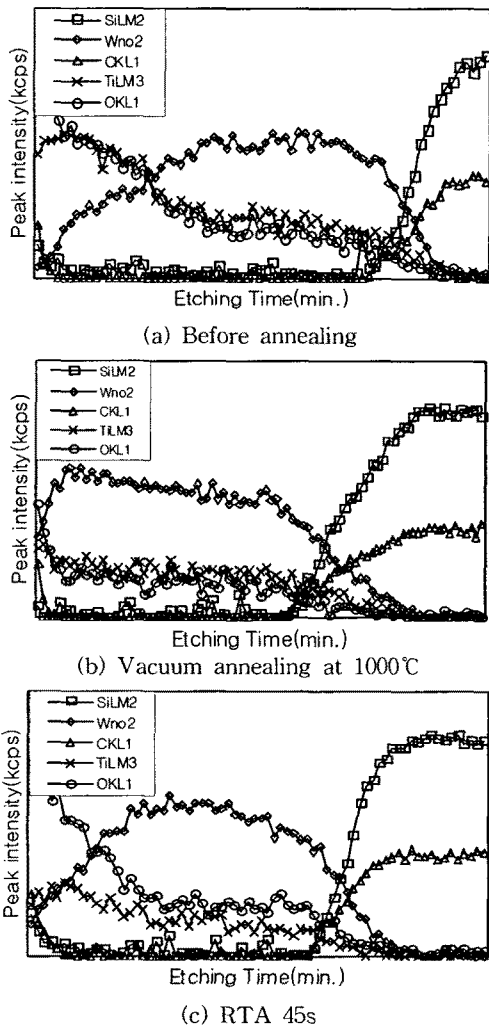


Fig. 3. AES depth profiles of TiW/3C-SiC.

열처리 후 SiC 기판과 TiW 간의 확산 정도를 분석하기 위해 AES depth profile 분석을 하였다. 그림 3은 열처리 전후의 AES depth profile이다. 열처리 전 후의 depth profile을 비교해 보면, SiC와 TiW 간의 계면에서의 확산은 거의 발생하지 않음을 알 수 있었다. 그러나, 표면층에서 열처리 전인 3에서는  $O_2$ 가 거의 나타나지 않았으나 3(b)와 (c)에서는 상당량의  $O_2$ 가 TiW 외부로 확산되어 나옴을 보여준다. 또한  $O_2$ 량의 증가와 같이 Ti의 증가도 보이는데 이는 TiW의 Ti이  $O_2$ 와 고온에서 반응함을 알 수 있는데, 이는 고온에서 contact로 사용할 때 대기 중에 노출될 경우 Ti의 산화로 인한 contact의 특성 저하를 가져올 것으로 보여진다. 그러므로 contact의 산화방지를 위해 산화 방지막의 형성이 요구된다.

### 3.2 전기적 특성

증착한 TiW과 SiC 간의 contact이 ohmic 특성을 나타내는지 알아보기 위하여 전류-전압 특성을 측정하였다. 현재까지 발표된 SiC의 contact은 대부분 열처리 후 좋은 ohmic 특성을 가진 것으로 나타났다. 그림 4에서 알 수 있듯이 SiC/TiW contact은 열처리 전후 ohmic contact을 형성함을 알 수 있고 45초 동안 급속 열처리 하였을 때 I-V Curve 감도가 가장 좋게 나타났다. 이들 열처리 조건에 따라 특성이 변하는 것은 열처리 온도에 따른 TiW/SiC 경계면의 특성 변화와 반응 생성물 등의 영향과  $O_2$ 의 확산으로 인한 TiW 저항의 증가에 의하여 ohmic contact 특성이 변했다는 것을 알 수 있다.

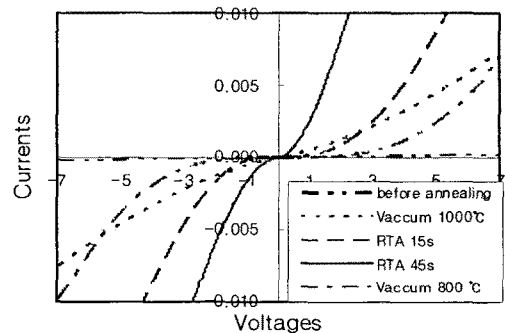


Fig. 4. Current-Voltage Characteristics.

SiC 소자의 제작에서 좋은 ohmic contact의 중요한 parameter인 접촉 비저항을 계산하였다. 진공 열처리를 했을 경우 1000°C에서 진공 열처리를 했을 때의 접촉비저항은  $5.38 \times 10^{-4}$ 이였으며, 이는 열처리 과정을 거치게 되어 TiW와 SiC 간의 접촉이 향상되어 접촉비저항이 향상되었기 때문으로 생각된다. 1000°C에서 급속 열처리를 했을 경우 45초 동안 급속열처리 했을 때 접촉비저항이  $4.62 \times 10^{-4}$ 의 접촉비저항값을 구할 수 있었다.

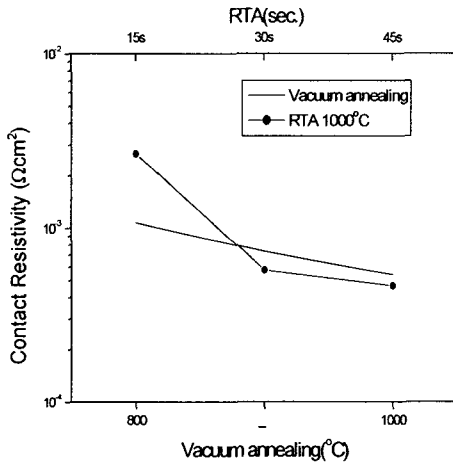


Fig. 5. Contact resistivities of TiW/SiC

#### 4. 결론

본 연구는 3C-SiC의 Ohmic contact용 전극부로 TiW를 사용하여 Ohmic 특성을 분석하였다. XRD 분석으로 sputter 후 TiW막이 열처리 전 Ti이 강하게 나타났으나 열처리를 거친 후 TiW 막 특성을 뭍을 알 수 있었다. 또한 표면 SEM 사진으로 열처리 후에도 TiW막이 crack의 발생 없는 안정한 막을 유지함을 알 수 있었으며, AES depth profile 분석에 의해 열처리 후 TiW 막의 표면으로 Ti과 O₂의 증가함을 알 수 있었다. 이는 고온에서 Ti이 O₂와 반응에 의한 산화가 발생하여 특성이 나빠질 수 있음을 나타내고 있다. 따라서 고온에서 사용하기 위해서는 O₂의 확산을 막기 위해 TiW 위에 Pt나 Au 등의 산화방지막을 필요로 한다.

전기적 특성을 분석하기 위해 I-V curve 측정하였으며, 접촉 비저항을 계산하였다. 전류-

전압 특성은 열처리 후 모두 선형적인 특성을 보여 ohmic 접촉을 성함을 알 수 있었다. Ohmic 접촉에서 가장 중요한 접촉 비저항은 1000°C에서 45초 동안 급속 열처리 하였을 때 가장 낮은  $4.62 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ 의 접촉 비저항값을 나타내었다.

SiC의 Ohmic contact용 금속으로 TiW은 열처리 후 I-V curve 특성이 개선되었으며 그 중 RTA에 의한 열처리가 좋은 특성을 나타냈다. 그러나 열처리 후 O₂의 확산이 발생하였다. 이를 막기 위해 TiW의 막위에 산화방지막의 형성이 요구된다.

#### 참고 문헌

- [1] P. M. Sarro, "Silicon carbide as a new MEMS technology", *Sensors and Actuators*, 82, 210-218, 2000.
- [2] L. M. Porter, R. F. Davis, "A critical review of ohmic and rectifying contacts for silicon carbide", *Mater. Sci. Eng.*, B34, p.83, 1995.
- [2] M. Mehregany, C.A. Zorman, N. Rajan, C. H. Wu, "Silicon Carbide MEMS for Harsh Environments", *Proc. IEEE*, vol.86, No. 8, 1998.