

다결정 3C-SiC/TiW Ohmic Contact에 관한 연구

은 창 민, 정 귀 상
울산대학교 전기전자정보시스템공학부

Study for ohmic contact of polycrystalline 3C-SiC/TiW

Chang-Min On ,Gwi-Sang Chung
School of Electrical Eng., University of Ulsan

Abstract - This paper describes the ohmic contact formation between a TiW film as a contact material deposited by RF magnetron sputter and polycrystalline 3C-SiC films deposited on thermally grown Si wafers. The specific contact resistance (ρ_c) of the TiW contact was measured by using the C-TLM. The contact phase and interfacial reaction between TiW and 3C-SiC at high-temperature were also analyzed by XRD and SEM. All of the samples didn't show cracks of the TiW film and any interfacial reaction after annealing. Especially, when the sample was annealed at 800° for 30min., the lowest contact resistivity of $2.90 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}^2$ was obtained due to the improved interfacial adhesion.

형성하였다. 최종적으로 TiW/다결정 3C-SiC의 낮은 ohmic contact 을 얻기 위해서 2.0×10^{-6} Torr 진공과 300 ~ 1000°C의 온도 범위에서 30분간 열처리하였다. 표 1은 증착 조건을 요약한 것이며, 그림 1은 본 연구에서 사용한 샘플의 표면 사진과 형상을 각각 나타낸 것이다. 본 연구에서는 XRD, SEM 으로 TiW/3C-SiC 박막의 결정 상태와 상호확산 및 계면 안정성을 각각 평가하였다. 또한, HP4 155B semiconductor parameter analyzer와 C-TLM법으로 열처리 조건에 따른 전류-전압 (I-V)특성과 비접촉 저항을 측정하여 TiW/다결정 3C-SiC의 ohmic contact을 분석하였다.

1. 서 론

Si 마이크로머시닝기술과 보상회로까지 집적화된 MEMS는 Si의 물리적 특성 때문에 120°C 까지 한계를 보이고 있으며 SOI 구조 역시 300°C 까지만 적용 가능하다. 최근에 자동차, 선박, 우주항공기 등의 수송기계 엔진, ST, ET, 발전소 산업분야에서 500°C 이상의 초고온용 MEMS 개발이 요구되고 있다 [1].

여러 가지 광대역 반도체 중에서도 SiC는 고전력, 고주파, 고온, 내방사성, 내부식성 특성뿐만 아니라 기계적 특성이 우수하기 때문에 극한 환경용 MEMS와 더불어 IT, BT용 NEMS 응용분야로 주목을 받고 있다[2]. 특히, Si 기판위에 이중결정성장된 입방형 결정 구조를 갖는 3C-SiC의 단결정 혹은 다결정 박막을 이용한 SiC-MEMS가 연구되고 있지만, 단결정 3C-SiC의 경우는 1300°C 이상의 고온에서만 성장이 가능하기 때문에 SiC/Si의 계면에서 잔류응력, 갈라짐, 격자부정합, 뒤틀림 그리고 누설전류 등과 같은 문제가 존재한다. 한편, 산화막 혹은 절화막을 갖는 Si 기판 위에 1000°C 이하의 비교적 낮은 온도에서 대면적 성장이 가능한 다결정 3C-SiC 박막은 Si 표면 미세 가공기술을 적용할 수 있기 때문에 고온, 고주파, 바이오-M/NEMS용 차세대 광대역 반도체로서 활발히 연구되고 있다 [3].

SiC의 특성상 SBH (Schottky Barrier Height)가 1.0 eV 정도의 좋은 Schottky contact은 쉽게 형성할 수 있지만, 반대로 장벽 높이가 낮은 ohmic contact 특성을 얻기가 어렵다. 고출력 소자에서 접촉 저항이 크면 열방출이 증가하여 소자의 온도가 상승하게 되므로 저항을 낮추는 것이 매우 중요하다. 그러므로 SiC-M/NEMS 개발에 있어서 먼저 낮은 ohmic contact 형성기술이 연구되어야 한다 [4].

지금까지 SiC의 ohmic contact용으로 n-type SiC에 대하여 Ni 계통, p-type SiC에 대해서는 Al 계통이 주로 사용하지만, 고온에서 계면간의 특성이 변하기 때문에 아직 문제점으로 남아 있다. 따라서, 최근에는 고온에서도 안정적인 W, Ti, Ta 등을 이용한 고온용 ohmic contact 에 관한 연구가 진행되고 있다 [5].

본 연구에서는 다결정 3C-SiC를 이용한 초고온 M/NEMS용 개발의 선행연구로서 다결정 3C-SiC 위에 열적으로 안정하며 확산방지 기능을 갖는 TiW를 성장시켜 낮은 접촉저항 형성하기 위해 열처리 온도에 따른 접촉저항, 전류-전압 특성 그리고 계면 반응을 각각 분석 및 평가하였다.

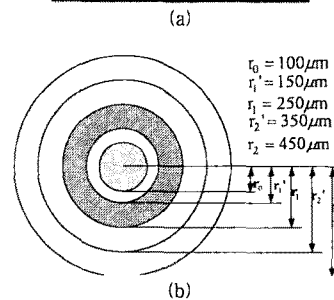
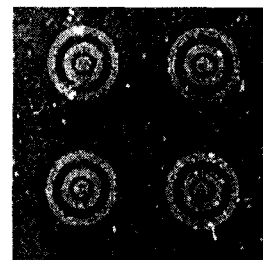
2. 본 론

본 연구에서는 1,3-disilabutane (DSB)를 단일 전구체로 사용하여 낮은 800°C에서 LPCVD (TekVac CVD-300-M) 법으로 산화막이 성장된 Si기판위에 2 μm 두께의 다결정 3C-SiC 박막이 증착된 기판을 사용하였다. 또한, TiW/다결정 3C-SiC의 낮은 ohmic contact을 얻기 위해서 2.0×10^{-6} Torr 진공과 300 ~ 1000°C의 온도 범위에서 30분간 열처리하였다.

본 연구에서는 C-TLM (circular transmission line method)법으로 샘플을 제작하여 특성을 분석하였다. 먼저, photolithography 공정으로 패턴을 형성하였다. 그 다음, RF 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 TiW 박막을 약 2000Å 증착시킨 후, lift-off 법으로 패턴을

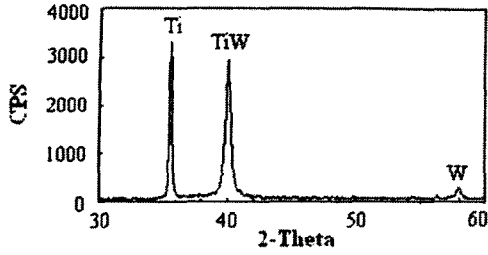
<표 1> TiW 박막의 증착 조건

Parameter	Deposition conditions
Target	TiW 2" diameter
RF power	200W
Substrate	Polycrystalline 3C-SiC
Target-substrate distance	15 cm
Working gas	Ar : 20 sccm
Substrate Temp.	Room Temp.
Pre-pressure	4.0×10^{-6} Torr
Working pressure	1.0×10^{-2} Torr
Working time	8 min.

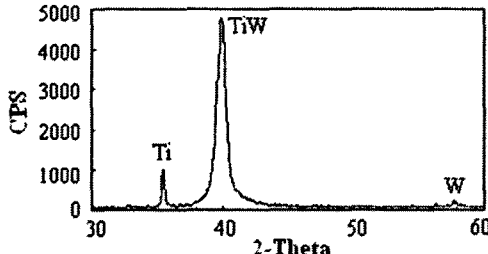


<그림 1> TiW/다결정 3C-SiC의 접촉 비저항 측정용 (a) TiW 전극 표면사진과 (b) 형상

그림 2는 각각 열처리 전과 800°C에서 30분 진공 열처리한 TiW 박막의 XRD 분석 결과이다. 열처리 전에는 Ti 피크가 TiW보다 더 강하게 나타났으며, 800°C에서 열처리했을 경우는 Ti 피크가 감소하고 TiW 결정의 피크가 매우 강하게 나타났다. 높은 비저항의 원인인 탄소와 산소가 함유된 피크는 검출되지 않았고 silicide도 발견되지 않았다. 따라서, 열처리를 행함으로써 Ti의 대부분이 TiW로 결정화됨을 알 수 있다.



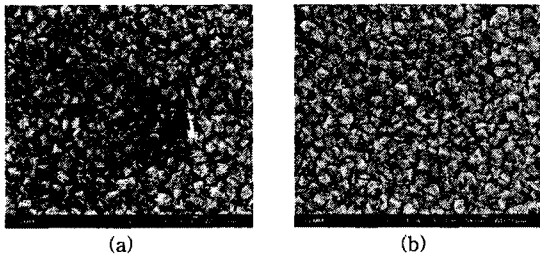
(a)



(b)

〈그림 2〉 열처리 조건에 따른 TiW 박막의 XRD 변화; (a) 열처리 전과 (b) 진공 (800°C, 30min)

그림 3은 고온 열처리 공정으로 인해 다결정 3C-SiC 위에 증착된 TiW 박막의 crack 발생 유무를 확인하기 위해 SEM으로 분석하였다. SEM 이미지에서 확인되는 바와 같이 열처리 전후 SiC와 TiW간에 crack이 발생하지 않았다.

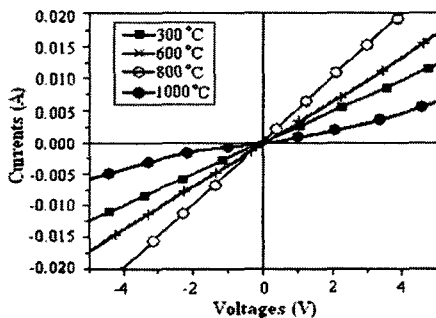


(a)

(b)

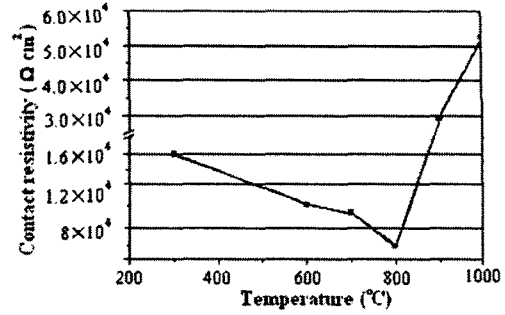
〈그림 3〉 열처리 조건에 따른 TiW 박막의 표면 SEM 이미지; (a) 열처리 전과 (b) 진공 (800°C, 30min)

그림 4는 다결정 3C-SiC 박막 위에 전극으로 증착된 TiW 박막의 진공 열처리 조건에 따른 I-V 특성을 나타낸 것이다. 열처리 800°C의 30분에서 TiW 박막의 재결합과 TiW/다결정 3C-SiC 경계면 부착성의 향상으로 인하여 뛰어난 ohmic contact 특성이 얻을 수 있었다. 그러나, 800°C 이상에서는 시간이 길어질수록 금속 접촉에 산화가 심각하게 진행되어 300°C에서 열처리한 경우보다도 ohmic contact 특성이 좋지 않았다.



〈그림 4〉 열처리 조건에 따른 TiW/다결정 3C-SiC의 I-V 특성

그림 5는 열처리 조건에 따른 TiW/다결정 3C-SiC 계면의 접촉 비저항을 나타낸 것이다. 진공 열처리 공정에서 열처리 온도가 증가함에 따라 접촉 비저항 값은 감소했으며 800°C에서 가장 낮은 $2.90 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 로 나타났다.



〈그림 5〉 열처리 조건에 따른 TiW/다결정 3C-SiC의 접촉 비저항 변화

3. 결 론

본 연구는 TiW 금속을 이용한 다결정 3C-SiC 박막의 ohmic contact에 관한 것이다. XRD 분석결과, 열처리를 행함으로써 Ti 대부분이 TiW로 재결정화 되었으며 또한, SEM 분석에서도 열처리 후에도 TiW 박막 표면의 crack과 계면간의 상호 확산이 없이 안전한 박막으로 존재함으로 확인하였다. 특히, I-V 곡선과 C-TLM법으로 측정된 ohmic contact은 열처리 800°C, 30분에서 TiW/3C-SiC 계면의 부착성 향상으로 인해 가장 낮은 $2.90 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 의 비접촉 저항을 나타냈다. 따라서, RF 마그네트론 스퍼터링으로 증착된 TiW 박막은 전기적, 열적 안정성과 상호확산이 발생하지 않기 때문에 초고온 M/NEMS용 TiW/3C-SiC ohmic contact의 전극 물질로 사용 가능할 것으로 기대된다.

[감사의 글]

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업과 BK21의 연구 성과로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] P. M. Sarro, Silicon carbide as a new MEMS technology, Sensor s & Actuators A, vol. 82, pp. 210-218, 2000.
- [2] M. Mehregany, C. A. Zorman, SiC MEMS: opportunities and challenges for application in harsh environments Thin Solid Films, vol. 355, pp. 518-524, 1999.
- [3] B. J. Wijesundara, Gianluca Valente, William R. Ashurst, Roger T. Howe, Albert P. Pisano, Carlo Carraro, and Roya Maboudian, "Single-Source Chemical Vapor Deposition of 3C-SiC Films in a LPCVD Reactor", J Electrochemical Soc., vol. 151, no. 3, pp. 210-214, 2004.
- [4] M. I. Chaudhry, W. B. Berry, M. V. Zeller. "A study of ohmic contacts on β -SiC", Int. J. Electronics, vol. 71, pp. 439-444, 1991.
- [5] J. S. Chen, A. Bachli, M. A. Nicolet, L. Baud, C. Jaussaud, R. Madar. "Contact resistivity of Re, Pt and Ta films on n-type β -SiC: Preliminary results", Mater. Soc. Eng. B, vol. 29, pp.185-189, 1995.