

다결정 3C-SiC 완충층위에 마이크로 센서용 Pd 박막 증착

안정학, 정재민, 정귀상*
울산대학교

Depositions of Pd thin films on poly-crystalline 3C-SiC buffer layers for microsensors

Jeong-Hak Ahn, Jae-Min Chung, and Gwi-Yang Chung*
University of Ulsan

Abstract : This paper describes on the characteristics of Pd thin films deposited on poly-crystalline 3C-SiC buffer layers for microsensors, in which the poly 3C-SiC was grown on Si, SiO₂, and AlN substrates, respectively, by APCVD using HMDS, H₂, and Ar gas at 1100 °C for 30 min. In this work, a Pd thin film was deposited on the poly 3C-SiC film by RF magnetron sputter. The thickness, uniformity, and quality of these samples were evaluated by SEM. Crystallinity and orientation of the Pd film were analyzed by XRD. Finally, Pd/poly 3C-SiC schottky diodes were fabricated and characterized by current-voltage measurements. From these results, Pd/poly 3C-SiC devices are promising for high temperature hydrogen sensors and other microsensors.

Key Words : Poly 3C-SiC, Pd, microsensor

1. 서 론

오늘날 환경오염과 화석에너지 고갈에 대한 우려로 저공해 대체에너지에 대한 관심이 높아지면서, 수소에너지에 대한 기대가 커지고 있다. 하지만 수소는 공기중에 6%만 포함되어도 폭발하는 위험성을 가지고 있기 때문에 각종 밸브, 장치, 수송관 등에서 누출을 방지하거나, 유출되었을 때에는 이를 감지할 수 있는 시스템이 반드시 갖추어져야 한다. 특히, 수소 연료 자동차의 상용화가 진행되면서 엔진 같은 고온 고압에서 사용가능한 센서의 중요성이 커지고 있다. 이에 고온, 고압, 고전력에서 견디며 높은 열전도성 및 내 화학성까지 가진 SiC 반도체는 수소센서 연구에 매우 각광 받고 있다.

현재 육각형 구조를 가진 SiC(2H-, 4H-, 6H-) 기판을 고전력 및 초고주파수용 전자부품 제작에 사용하고 있지만, 대면적화가 불가능하며 고가이다. 그러나 입방구조의 3C-SiC 박막은 CVD로 Si기판위에 대면화가 가능하며 Si 마이크로머시닝기술의 적용에도 용이하다. 특히 다결정 3C-SiC의 경우에는 산화막이나 질화막, AlN 등에서도 성장이 가능하며 표면마이크로 머시닝 기술의 적용에도 용이해 마이크로 수소센서의 대량화 및 정밀화에 많은 장점을 가지고 있다. 또한 단결정 3C-SiC의 경우 Si과 SiC 두 물질 간의 큰 열팽창 계수의 차이와 격자 부정합으로 인한 크랙, 뒤틀림 등의 스트레스가 크게 발생하는데, 다결정 3C-SiC를 사용할 경우 이런 문제를 해결하여 누설전류를 감소시키고, 고온에서의 소자특성을 개선시킬 수 있다.

Pd는 백금족의 촉매금속으로 같은 부피로 수소를 600배나 녹일 수 있으며, 용해된 수소농도로 금속의 전기저항을 변화시켜 수소농도나 누출을 감지하는데 매우 뛰어난 특성을 지닌다. 이를 이용하여 쇼트키 다이오드를 제작할 경우, 쇼트키 다이오드의 빠른 스위칭을 이용하여 수소센서의 빠른 응답속도와 좋은 감도를 기대할 수 있다.

SiC 반도체에 촉매 금속을 사용하는 쇼트키 다이오드의

수소 가스 감지 특성은 촉매 금속의 종류, 두께 및 SiC의 표면 상태의 성질에 많이 의존한다. 그리하여 본 연구에서는 Pd 박막을 Si기판, 산화막, AlN 위에 성장한 다결정 3C-SiC 위에 증착하여 XRD, SEM, I-V 측정 등의 분석을 통하여 마이크로 수소센서의 개발 가능성을 확인하였다.

2. 실험

본 연구에서는 APCVD 장비로 Si기판, 산화막, AlN 박막 위에 1100°C에서 30분간 성장한 다결정 3C-SiC를 이용하였다. N₂, H₂, HMDS 가스를 이용하여 도핑농도가 낮은 우수한 막질의 다결정 3C-SiC를 성장할 수 있었으며, 각각의 다결정 3C-SiC 박막위에 RF 마그네트론 스퍼터를 이용하여 Pd 박막을 증착하였다.

XRD, SEM 등을 이용하여서 Si, 산화막, AlN 박막위에 성장된 다결정 3C-SiC에 각각 증착된 Pd 박막의 우선배양성과 증착특성을 알 수 있었다.

수소센서로서의 특성을 알아보기 위해서 Pd 박막을 이용하여 쇼트키 다이오드를 그림 1과 같이 제작하여 I-V 특성을 분석하였다.

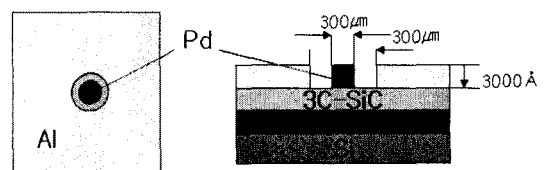


그림 1. 쇼트키 다이오드의 평면 및 단면도.

3. 결과 및 고찰

고온용 수소센서의 좋은 특성을 얻기 위해서는 Pd 박막의 평탄도와 우선배양성이 좋아야 한다. 이에 여러 가지 증착조건을 이용하여 Pd 박막을 증착하였으며, XRD, SEM 등을 이용하여 분석 평가 하였다.

Pd 박막의 증착률은 RF power에 비례하였으나, 박막의 평탄도는 악화되었다. 증착시의 기판온도는 막질과 밀착력에 많은 영향을 주었는데 약 150°C에서 가장 좋은 특성이 나타났다. 그림 2는 표준 Pd 피크와 기판온도를 150°C, 200°C로 하여 Pd 박막을 AlN 위에 성장한 다결정 3C-SiC에 증착하여 측정한 XRD 스펙트럼이다. 각 피크의 상대적인 크기를 비교해 볼 때 표준 시편의 경우 $I_{111} : I_{200}$ 의 비가 100 : 42 인 반면에 RF power 100 W, 150°C에서 증착된 박막의 경우 $I_{111} : I_{200} = 100 : 25.5$ 이었다. 이에 (111) 방향으로의 우선배향이 있는 것으로 생각된다. 또한 기판온도를 200°C로 올려서 증착한 경우에는 100 : 23으로 150°C와 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 산화막 위에 다결정 3C-SiC를 성장시켜 Pd를 증착한 경우에도 150°C 이상에서 가장 좋은 우선배향성과 밀착력이 나타났다.

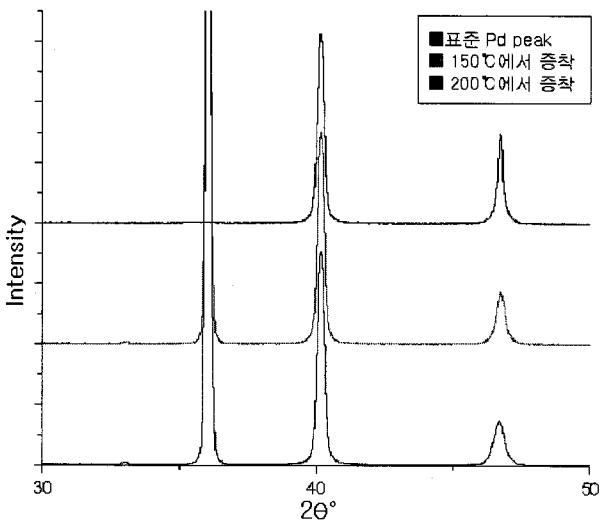


그림 2. 기판온도에 따른 Pd 박막의 XRD 분석 결과.

그림 3은 각각의 기판위에 Pd를 증착한 후 SEM을 이용하여 표면과 단면을 촬영한 사진이다. AlN 위에 성장된 다결정 3C-SiC의 경우에 Pd 박막의 그래인이 크게 증착되었으며, 밀착력이 우수하게 나타났다.

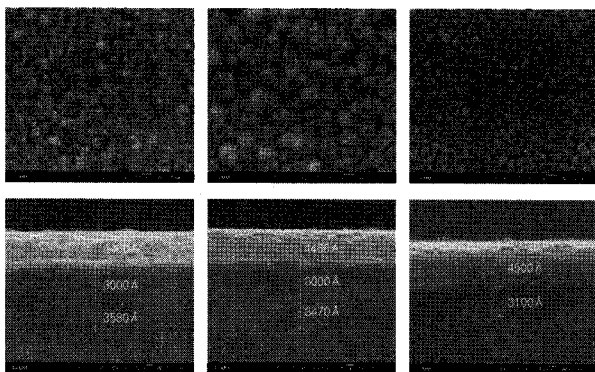


그림 3. 각각의 기판위에 성장된 다결정 3C-SiC와 Pd 박막의 표면과 단면 SEM 사진.

그림 4는 다결정 3C-SiC 위에 Pd 박막을 성장하여 제작한 쇼트키 다이오드의 I-V 특성 곡선이다. 쇼트키 접촉으로는 지름 300 μm의 원형으로 Pd를 증착하여 형성하였고, 옴 접촉은 기판뒷면의 가장자리에 Al을 증착하여 형성하였다. 이때의 전류밀도 J_s 는 $2 \times 10^{-3} \text{ A/cm}^2$, 장벽높이는 0.58 eV, 문턱 전압은 약 0.45 V로 나타났다.

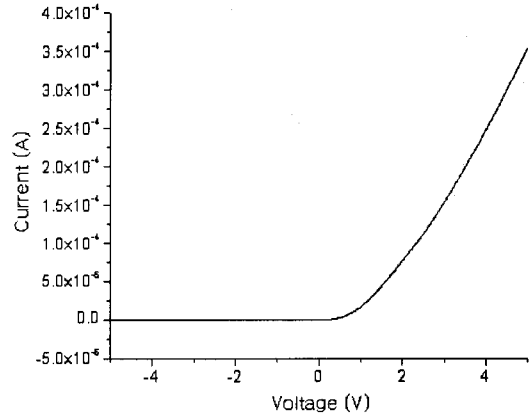


그림 4. 다결정 3C-SiC 쇼트키 다이오드의 I-V 특성 곡선.

4. 결 론

본 연구에서는 다결정 3C-SiC와 Pd를 이용하여 마이크로 수소센서용 쇼트키 다이오드를 제작하였다. 스퍼터의 RF power, 기판온도 등을 조절하여 증착률과 그래인크기, 결정구조, 표면상태 등을 XRD, SEM을 통해 알 수 있었으며, 쇼트키 다이오드의 I-V 특성 곡선을 통해서 문턱전압, 전류밀도, 장벽높이 등을 계산 하였다. 산화막 위에 증착된 다결정 3C-SiC의 전기적 특성을 통해서 앞으로의 고온용 마이크로 수소센서의 발전 가능성을 확인 하였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업과 R&D 클러스터사업 연구결과로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] M. B. J. Wijesundara, G. Valente, W. R. Ashurst, R. T. Howe, A. P. Pisano, C. Carraro and R. Maboudian, *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 151, p. C210, 2004.
- [2] G. S. Chung, K. S. Kim and J. H. Jeong, *J. of the Korean Sensors Society*, Vol. 16, No. 2, p. 85, 2007.
- [3] C. K. Park, W. J. Lee, S. Nishino and B. C. Shin, *KIEEME*, Vol. 19, No. 4, p. 344, 2006.
- [4] E. J. Yun, H. S. Park, S. T. Lee and N. K. Park, *KIEEME*, Vol. 20, No. 3, p. 228, 2007.
- [5] S. Roy, C. Jacob and S. Basu *Sol. State Sci.*, Vol. 6, p. 377, 2004.