

고온 가스센서용 Pd-다결정 3C-SiC 쇼트키 다이오드 제작

안정학, 정귀상*

울산대학교 전기전자정보시스템공학부

Fabrications of Pd/poly 3C-SiC schottky diodes for hydrogen gas sensor at high temperatures

Jeong-Hak Ahn and Gwi-Sang Chung*

School of Electrical Eng., University of Ulsan

Abstract : In this paper, poly 3C-SiC thin films were grown on SiO₂/Si by atmospheric pressure chemical vapor deposition (APCVD) using HMDS, H₂, and Ar gas at 1100°C for 30 min, respectively. And then, palladium films were deposited on poly 3C-SiC by RF magnetron sputter. Thickness, uniformity, and quality of these samples were performed by SEM. Crystallinity and preferred orientation of palladium were analyzed by XRD. And Pd/poly 3C-SiC schottky diodes were fabricated and characterized by current-voltage measurements. Its electric current density J_s and barrier height voltage were measured as 2×10⁻³ A/cm², 0.58 eV, respectively. And these devices operated about 350°C. From results, Pd/poly 3C-SiC devices are promising for high temperature hydrogen sensor and applications.

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

1. 서 론

최근 수소연료전지를 이용한 자동차, 항공기, 핵발전소 등의 개발로 인하여 극한 환경에서 사용가능한 수소센서를 요구하고 있다. 엔진을 제어할 수 있는 연소 챔버(200~450°C), 자동차, 항공기용 엔진(200~450°C), 연료가스의 모니터링(1000°C), 핵 모니터링(550°C) 등에서 수소의 누설과, 반응비, 모니터링을 제어하기 위해서는 고온용 수소 센서 개발의 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 Si와 SiC 두 물질간의 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 산화막 위에 성장한 다결정 3C-SiC 위에 증착하여 XRD, SEM, I-V 측정 등의 분석을 통하여 마이크로 수소센서의 개발 가능성을 확인하였다.

2. 실험

본 연구에서는 APCVD법으로 HMDS 전구체를 이용하여 산화막을 갖는 Si 기판위에 300 nm 다결정 3C-SiC 박막을 성장한 기판을 사용하여 RF 마그네트론 스퍼터로 Pd 박막을 증착하였다.

Pd를 수소 감지용 물질로 이용하기 위해서는 무엇보다도 평탄도와 우선배양성이 중요하기 때문에 AFM, XRD 그리고 SEM 등으로 증착조건에 따른 특성을 분석 및 평가하였다. 또한, 그림 1과 같이 쇼트키 다이오드를 제작하여 C-V와, I-V 특성을 분석하였다.

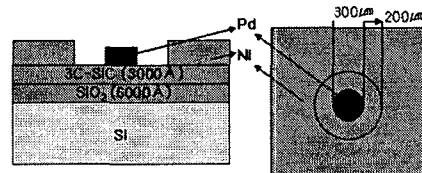


그림 1. 쇼트키 다이오드의 평면 및 단면도.

3. 결과 및 고찰

Pd 박막의 증착률은 RF power에 비례하지만, 박막의 평탄도는 악화되었다. 증착시의 기판온도는 막질과 밀착력에 많은 영향을 주었는데 약 150°C에서 가장 좋은 특성이 나타났다. 그림 2는 기판온도를 실온과 150°C로 하여 Pd 박막을 산화막 위에 성장한 다결정 3C-SiC에 증착하여 측정한 XRD 스펙트럼과 표면 SEM 사진이다. 각 피크의 상

대적인 크기를 비교해 볼 때 실온에서 증착된 시편의 경우 $I_{111} : I_{200}$ 의 비가 100 : 42 인 반면에 150°C에서 증착된 박막의 경우, $I_{111} : I_{200} = 100 : 25.5$ 이었다. 이에 기판온도가 150°C 일때 우선배양성이 있음을 알 수 있다. 또한, 기판온도를 200°C이상에서 증착한 경우에도 우선배양성이 100 : 23으로 150°C와 큰 차이가 없이 나타났다. SEM 사진으로부터 표면의 그레인 크기와 밀착력 또한 기판 온도를 150°C로 했을 때 가장 좋은 우선배양성과 밀착력이 나타남을 알 수 있었다.

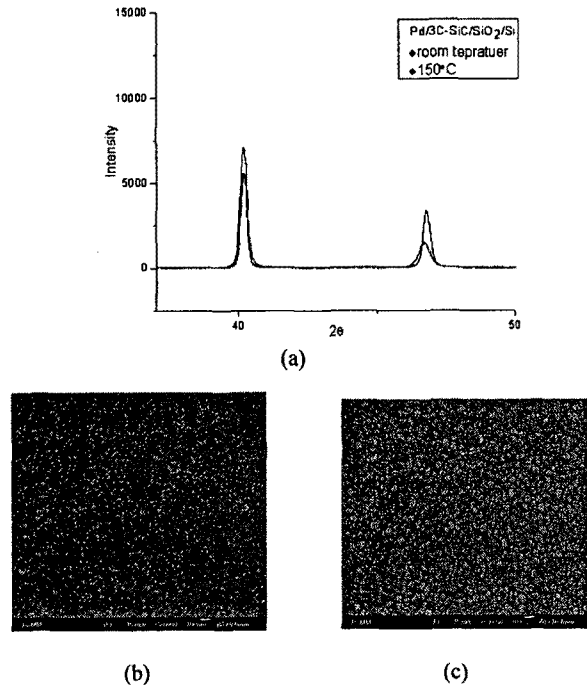


그림 2. 기판온도에 따른 Pd 박막의 (a) XRD와 SEM 분석 결과 (b) 상온, (c) 150°C.

그림 3은 다결정 3C-SiC 위에 Pd 박막을 성장하여 제작한 쇼트키 다이오드의 C-V 특성 곡선이다. 쇼트키 접촉으로는 지름 300 μm 의 원형으로 Pd를 증착하여 형성했으며 오믹 접촉은 기판뒷면의 가장자리에 Ni를 증착하여 형성하였다.

$V_A = 0$ 일때, 정전 용량인 C_0 를 계산 할 수 있으며 $1/C^2$ 으로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$\frac{1}{C^2} = \frac{2(V_{bi} - V_A)}{qN_D K_s \epsilon_0 A^2} \quad (1)$$

식 (1)을 이용하여 그림 3과 같은 그래프를 얻었으며 성장층의 두께는 3000 Å, V_{bi} 는 0.45 V 그리고 N_D 값은 $2.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 으로 각각 나타났다. 이때 N_D 값은 홀 계수 측정 장치를 이용하여 얻은 $2.86 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 과 비교해볼 때 실 제값에 접근함을 알 수 있었다.

그림 4는 반도체 계수 분석기를 이용하여 I-V 특성을 나타낸 것이다. 이때의 전류밀도 J_s 는 $2 \times 10^{-3} \text{ A/cm}^2$, 장벽높이는 0.58 eV로 나타났다.

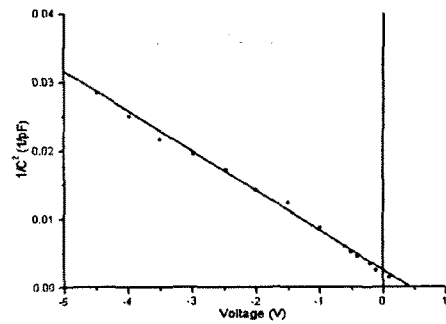


그림 3. 다결정 3C-SiC 쇼트키 다이오드의 C-V 특성 곡선.

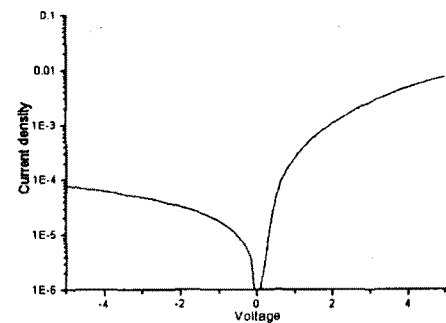


그림 4. 다결정 3C-SiC 쇼트키 다이오드의 I-V 특성 곡선.

4. 결 론

본 연구에서는 다결정 3C-SiC와 Pd를 이용하여 마이크로 수소센서용 쇼트키 다이오드를 제작하였다. 스퍼터의 RF power, 기판온도 등을 조절하여 증착률과 그레인크기, 결정구조, 표면상태 등을 XRD, SEM을 통해 알 수 있었으며, 쇼트키 다이오드의 C-V, I-V 특성 곡선을 통해서 문턱 전압, 전류밀도, 장벽높이 등을 계산 하였다. 산화학 위에 증착된 다결정 3C-SiC으로 제작된 Pd/3C-SiC 쇼트키 다이오드의 전기적 특성을 통해서 앞으로의 고온용 마이크로 수소센서의 발전 가능성을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업 및 2007년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임으로 수행된 연구결과임(KRF-2007-511-D00157).

참고 문헌

- [1] G. S. Chung, K. S. Kim, and J. H. Jeong, J. of the Korean Sens. Soc., Vol. 16, No. 2, p. 85, 2007.
- [2] C. K. Kim, J. H. Lee, Y. H. Lee, and S. M. Choi, J. of the Korean Sens. Soc., Vol. 8, No. 6, p. 448, 1999.
- [3] S. Roy, C. Jacob, and S. Basu Sol. State Sci., Vol. 6, p. 377, 2004.