

수율 향상을 위한 4H-SiC 쇼키 접합 및 소자 제작공정기술 연구 (The Study of Fabrication Processing and Schottky Contact to 4H-SiC for Improving the Yield)

명지대학교. 세라믹공학과 김수철, 신 무환

4H-SiC의 우수한 전기적 특성에 기초를 둔 여러 가지 고전력 소자가 최근에 제작되었다. 그러나, 소자의 효율과 고전압 상태에서 안정성에 영향을 미치는 금속/SiC 접합에 관한 연구는 6H-SiC의 경우 많은 논문들이 있는 반면, 4H-SiC 접합에 대한 연구는 거의 발표되지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 4H-SiC 쇼키 접합 연구를 통해 고향복전압 SiC 쇼키 다이오드(SBDs)의 향복전압을 향상시키고 수율 향상과 다양한 소자설계를 가능케 하는 기반공정기술 확보하기 위해 모서리 termination 기술은 유지하되 새도우 마스크를 이용한 공정과 PR 마스크를 이용한 사진식각공정기술을 확보하여 재현성 있는 SiC SBDs를 제작하고자 하였다. 도핑농도가 $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^3$, epi 층의 두께 10 μm 인 구조와 도핑농도가 $1.7 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 이고 epi 층의 두께가 4.9 μm 인 구조를 가지는 n형 4H-SiC 웨이퍼를 이용하여, 기판의 뒷면에는 Ni($t=3000 \text{ \AA}$) 옴믹 접합을 10^{-4} torr의 압력 하에서 열 증착기를 사용하여 형성한 후, 1050 $^{\circ}\text{C}$, Ar 분위기에서 30 분 동안 열처리하였다. 모서리 termination 형성을 위한 이온주입공정은 $1.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 의 도즈량, 30 keV의 에너지로 상온에서 이온 주입하였다. 금속/SiC 쇼키 접합의 형성에 있어서 중요한 변수로 작용하는 표면처리공정을 실시한 후 Pt, Ti, Pt/Ti 쇼키 금속을 DC magnetron sputter($\sim 10^{-6}$ torr)를 사용해 증착하여, 최종적으로 모서리 termination을 형성한 여러 가지 쇼키 금속의 4H-SiC SBDs를 제작하였다. 제작된 SBDs의 전기적 특성을 분석하기 위해 Sony Tektronix 370 Programmable Curve Tracer를 이용하여 전류-전압(I-V) 및 정전용량-전압(C-V) 특성을 분석하였다. Pt/4H-SiC 쇼키 접합에 대한 열처리 효과를 분석하기 위해 각기 다른 온도(as-dep., 500 $^{\circ}\text{C}$, 650 $^{\circ}\text{C}$, 750 $^{\circ}\text{C}$, 850 $^{\circ}\text{C}$, 20 분, Ar 분위기)에서 열처리하여 각 조건에서 제작된 소자의 수율 향상과 안정적인 특성 유지를 분석하고자 하였다. as-dep. 소자의 역방향 특성 분석결과, 850~1300 V 범위의 높은 향복전압 분포를 나타내었고, 1300 V의 최대 향복전압을 나타내었다. 소자의 역방향 특성은 열처리 온도가 증가함에 따라 저하되었다. 850 $^{\circ}\text{C}$ 에서 열처리된 소자의 최대 향복전압은 626 V였다. 순방향 특성은 열처리 온도에 따라 향상되었다. 순방향 특성 향상을 위해 쇼키 금속으로 Ti의 단일 층과 Pt/Ti의 이중층을 형성하여 제작된 SiC 소자의 순방향 특성에서 이상계수(n) 값은 Pt/Ti의 이중층을 가지는 소자가 열처리(500 $^{\circ}\text{C}$, 5 분, Ar 분위기) 후 이상적인 소자에 근접한 낮은 값($n=1.3\sim 1.5$)을 보인 반면, Ti/4H-SiC 소자의 경우 2.3~2.5 정도의 높은 값을 나타내었다. As-dep. Pt 소자에 비해 순방향 특성은 향상된 것을 알 수 있었다. 그러나, Ti와 Pt/Ti/4H-SiC SBDs는 실험한 열처리 온도 범위에서 제작된 Pt 소자에 비해선 역방향 특성은 감소하였다.