

유도 결합 플라즈마를 이용한 6H-SiC 식각 연구

김희연, 이상욱, 이호승, 최영순, 안성수, 문종엽, 신동혁
동국대학교 물리학과

서론

SiC는 매우 안정된 구조를 갖는 wide bandgap 반도체 물질이다. 또한 SiC는 높은 saturation electron velocity와 높은 열전도도 등의 특성으로 인해 고출력, 고온 동작소자의 제작에 큰 장점을 갖는다. Sublimation 방법에 의해 고순도 단결정의 생산이 가능해져 전기적 소자 응용에 유용한 6H-SiC는 bandgap이 3.0eV이고, 항복전계의 크기가 $4 \times 10^6 \text{V/cm}$ 로 Si와 비교하여 약 10배 이상의 값을 나타내며, 열전도도가 4.9W/cmK이고 saturation electron velocity가 $2 \times 10^7 \text{cm/s}$ 의 값을 갖고 있어 극한 상황에서 동작하는 소자에 적합한 물질이다. 이러한 특성을 갖는 6H-SiC를 소자로 응용하기 위해서는 식각 공정을 반드시 거쳐야 하는데, 결합구조의 안정성과 집적된 구조의 소자를 제작하기 위한 식각경계면의 비등방성의 요구등으로 인해 습식식각은 여러가지 단점을 갖는다. 습식식각의 이러한 어려움을 해결하기 위해 ICP(Inductively Coupled Plasma)를 사용하여 식각 효율을 높이고 이를 이용한 미세 pattern을 구현하고자 하였다.

실험

ICP는 코일에 인가되는 고주파가 자기장을 유도하고, 그 자기장을 이용하여 플라즈마에 방향성과 가속도를 더해주어 plasma의 이온화율을 높이며 고밀도의 plasma를 발생시킨다. 본 실험에 사용되고 있는 ICP장비는 chamber의 위쪽 quartz plate에 5회전의 coil을 부착한 일종의 TCP(Transformer Coupled Plasma)로써 13.56MHz의 RF frequency를 인가하여 준다. 이와는 별도로 이온의 가속을 위해 DC power supply를 연결시켜 주었다. Turbo molecular pump와 rotary pump를 사용하여 chamber의 기본 진공도를 10^{-6}Torr 까지 가능하게 하였으며 반응 gas로는 SF₆와 O₂를 혼합하여 사용하였다.

본 실험에서는 식각물질로 p-type Si와 n-type 6H-SiC 기판이 사용되었다. RF power는 100W에서부터 증가시켜 주었으며, 주입되는 gas의 양을 조절하여 20mTorr 이하에서 압력을 변화시켰다. 반응 gas로 사용된 SF₆와 O₂의 혼합 비율 $[O_2]/[O_2 + SF_6] \times 100$ 를 0~75%의 범위에서 변화시켜 주면서 식각하였다. 반응은 Si는 15분, 6H-SiC는 30분 동안 진행하였다.

결론

Si와 SiC의 두 경우 모두 RF power의 증가에 따라 식각률이 증가하였으며, Si의 경우 약 4000 Å/min까지 식각률이 증가하였다. SiC는 O₂의 혼합비에 따라 식각률이 달라지는 것을 확인하였는데 이는 SF₆와 O₂에서 발생하는 반응 이온과 radical의 양이 달라져 SiC 중 탄소의 제거 속도가 달라지기 때문이다. 이 때 탄소는 CO나 CO₂와 같은 휘발성 물질로 배출된다. 낮은 압력에서 진행되는 ICP를 이용한 SiC의 식각 과정에서 RF power가 식각률에 많은 영향을 나타내고 있음을 알 수 있는데, 이는 RF power의 증가가 플라즈마의 이온화율을 증가시켜 sputtering 에너지의 증가를 가져오기 때문이다.