

PECVD로 증착한 InSb 적외선 감지소자용 Si₃N₄ 절연막에 대한 연구

이재열¹, 김정섭¹, 박세훈¹, 김진석², 김은규², 윤의준^{1*}

¹서울대학교 재료공학부, ²한양대학교 물리학과

인듐안티모나이드(InSb)는 3-5 μm 중적외선 영역의 적외선 감지소자의 활성층물질로 각광을 받고 있다. 특히, HgCdTe에 비해 박막성장 및 소자제조공정이 용이하여 대면적화에 유리하고, 우주공간 및 전시상황에서 성능의 안정성이 우수하여, HgCdTe를 대체할 물질로 InSb에 대해 많은 연구가 수행되어 왔다. 하지만 InSb와 절연막 사이 계면의 트랩으로 인한 누설전류는 InSb 적외선 감지기 성능저하의 주요원인으로 지적되어 왔으며, 누설전류를 감소시키기 위하여 PECVD, photo CVD, 양극산화 (anodic oxidation) 등 다양한 공정을 이용한 SiO₂, Si₃N₄, 양극산화막 등의 절연막 증착 연구가 진행되고 있다. 현재, PECVD를 이용한 SiO₂ 절연막이 공정상의 효율성으로 인해 소자제작에서 가장 일반적으로 사용되고 있으며, 원격 플라즈마 (remote plasma) 장비를 사용할 경우, 플라즈마로 인한 기판 표면손상을 줄여 좋은 계면 특성을 보이는 것으로 알려져 있다. 그러나 Si₃N₄ 절연막의 경우, PECVD를 이용한 증착 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 Si₃N₄ 를 PECVD로 200 °C에서 300 °C까지 변화시키며 증착 후 분석하였고, 원격플라즈마CVD (remote PECVD) 를 이용한 증착실험도 진행하였다.

Si₃N₄ 샘플은 7 mm × 7 mm (001) InSb 시편 위에 PECVD를 이용하여 400 nm 증착하였으며, 성장온도는 200 °C와 300 °C 로 변화하였다. 증착된 절연막의 표면은 Atomic Force Microscopy (AFM) 를 통하여 분석하였으며, 저온 Capacitance-Voltage (CV) 측정 (77 K) 을 통한 벌크트랩 밀도와 계면트랩밀도 분석을 진행하였다. PECVD를 이용하여 증착한 Si₃N₄의 표면은 성장온도와 관계없이 RMS 표면거칠기가 2-3 nm 의 평탄한 표면을 보임을 확인할 수 있었다. CV를 이용하여 트랩밀도를 분석한 결과 증착온도가 200 °C에서 300 °C 로 증가함에 따라서 벌크트랩 밀도가 $4.88 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 에서 $2.98 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 로 감소하였지만, 계면트랩밀도(밴드갭 중간에서의 값)는 $8.1 \times 10^{11} \text{ eV}^{-1}\text{cm}^{-2}$ 에서 $1.91 \times 10^{12} \text{ eV}^{-1}\text{cm}^{-2}$ 로 증가하였다. 절연막의 증착온도가 증가할 경우, Si₃N₄ 박막의 조직이 치밀해지고 절연막 내부의 결함이 감소하기 때문에 Si₃N₄의 벌크트랩밀도가 감소하지만, InSb와 Si₃N₄ 박막 사이 계면에서의 확산침투는 더 활발해지기 때문에 계면트랩밀도는 증가한 것으로 해석할 수 있다.