

InSb 적외선 소자제작을 위한 SiO₂, Si₃N₄증착 온도에 따른 계면 특성 연구

김수진¹, 박세훈^{1,2}, 이재열¹, 석철균¹, 박진섭², 윤의준^{1,2,3}

¹서울대학교 재료공학부, ²서울대학교 재료공학부 WCU 하이브리드재료전공,

³서울대학교 융합과학기술대학원 나노융합학과

III-V족 화합물 반도체의 일종인 InSb는 77 K에서 0.23 eV의 작은 밴드 갭을 가지며 높은 전자 이동도를 가지고 있기 때문에 대기권에서 전자파 흡수가 일어나지 않는 3~5 μm 범위의 장파장 적외선 감지가 가능하여 증적외선 감지 소자로 이용되고 있다. 하지만 InSb는 밴드 갭이 매우 작기 때문에, 소자 제작시 누설전류에 의한 소자 특성의 저하가 문제시 되고 있다. 또한 다른 화합물 반도체에 비해 녹는점이 낮고, 휘발성이 강한 5족 원소인 Sb의 승화로 기판의 화학양론적 조성비(stoichiometry)가 변하기 쉬워, 계면특성 저하의 원인이 된다. 따라서 우수한 특성을 가지는 적외선 소자의 구현을 위해서, 저온에서 계면 특성이 우수한 고품질의 절연막 증착 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 InSb 기판 위에 SiO₂, Si₃N₄의 절연막 형성시 증착온도의 변화에 따른 계면 트랩 밀도를 분석하였다.

SiO₂, Si₃N₄ 절연막은 플라즈마 화학 기상 증착법(PECVD)을 이용하여 n형 InSb 기판 위에 증착하였으며, 증착온도를 120°C부터 240°C까지 변화시켰다. Metal oxide semiconductor(MOS) 구조 제작을 통하여, 커패시턴스-전압(C-V)분석을 진행하였으며, 절연막과 InSb 사이의 계면 트랩 밀도를 Terman method를 이용하여 계산하였다[1]. 또한, SiO₂와 Si₃N₄의 XPS 분석과 TOF-SIMS 분석을 통하여 계면 트랩 밀도의 원인을 밝혀 보았다.

120~240°C 온도 범위에서 계면 트랩 밀도는 Si₃N₄의 경우 $2.4\sim 4.9\times 10^{12}\text{ cm}^{-2}\text{eV}^{-1}$, SiO₂의 경우 $7.1\sim 7.3\times 10^{11}\text{ cm}^{-2}\text{eV}^{-1}$ 값을 나타냈고, 두 절연막 모두 증착 온도가 증가할수록 계면 트랩 밀도가 증가하는 경향을 보였다. 그러나 모든 샘플에서 Si₃N₄의 경우, flat band voltage가 음의 전압으로 이동한 반면, SiO₂의 경우, 양의 전압으로 이동하는 것을 확인할 수 있었다. 계면 트랩 밀도 증가의 원인을 확인하기 위해서, oxide를 120°C, 240°C에서 증착시킨 샘플을 XPS 분석을 통하여 깊이에 따른 성분분석을 하였고, 그 결과, 240°C에서 증착된 샘플에서 계면에서 In₂O₃와 Sb₂O₃ 피크의 증가를 확인하였다. 이는 계면에서 oxide양이 증가함을 의미하며, 이렇게 생성된 oxide는 계면 트랩으로 작용하므로, 계면 특성을 저하시키는 원인으로 작용함을 알 수 있었다. Nitride 절연막을 증착시킨 샘플은 TOF-SIMS 분석을 통해, 계면에서의 성분 분석을 하였고, 그 결과, 240°C에서 증착된 샘플에서 In-N, Sb-N, Si-N 결합의 감소를 확인하였다. 이렇게 분해된 결합들의 dangling 결합이 늘어 계면 트랩으로 작용하므로, 계면 특성을 저하시키는 원

인으로 작용함을 알 수 있었다.

최종적으로, 소자특성을 확인 하기 위하여 계면 트랩 밀도가 가장 낮게 측정된 200°C 조건에서 SiO₂ 절연막을 증착하여 InSb 적외선 소자를 제작하였다. 전류-전압(I-V) 분석 결과 -0.1 V에서 16 nA의 누설 전류 값을 보였으며, $2.6 \times 10^3 \Omega\text{cm}^2$ 의 RoA(zero bias resistance area)를 얻을 수 있었다. 절연막 증착조건을 최적화를 통하여, InSb 적외선 소자의 특성이 개선됨을 확인할 수 있었다.

Reference

[1] L. M. Terman, Solid-State Electron. 5 284 (1962)

Keywords: InSb, SiO₂, Si₃N₄, C-V, TOF-SIMS, XPS