

Growth of InGaP on Ge substrates by metalorganic chemical vapor deposition for triple junction solar cells

이상수¹, 양창재¹, 신건욱¹, 윤의준^{1,2,3}

¹서울대학교 재료공학부, ²서울대학교 융합기술과학대학원 나노융합학과,

³서울대학교 재료공학부 WCU하이브리드 재료전공

3-5족 화합물 반도체를 이용한 집광형 삼중 접합 태양전지는 35% 이상의 광변환 효율로 주목을 받고 있다. 일반적으로 삼중 접합 태양전지는 넓은 영역대의 파장을 흡수하기 위해 밴드갭이 다른 InGaP, GaAs, Ge이 사용된다. 그 중 하부셀은 기계적 강도가 높고 장파장을 흡수할 수 있는 Ge이 사용되는데, p-type Ge 기판위에 III-V 결정막 성장 시 5족 원소가 확산되어 pn접합을 형성하게 된다. 이러한 구조를 가진 Ge 하부셀이 효율적으로 홀-전자 쌍을 형성하기 위해서는 두꺼운 베이스와 얇은 에미터 접합이 필요하다. InGaP의 phosphorus는 낮은 확산계수로 인해 GaAs의 arsenic에 비해 얇은 접합이 형성 가능하며, Ge표면 에칭효과가 더 적다는 장점이 있다. 이를 고려해 우리 연구그룹에서는 metalorganic chemical vapor deposition(MOCVD)을 이용하여 Ge기판위에 성장한 InGaP layer의 특성을 관찰해 보았다.

<111>로 6° 기울어진 p-type Ge(100) 기판위에 MOCVD를 통해 InGaP layer를 형성하였고, 성장된 layer를 atomic force microscope(AFM)와 high-resolution x-ray diffraction(HR-XRD)을 이용하여 표면형상, 조성, 응력상태 등을 각각 관찰하였다. 또한 phosphorus 확산에 의해 형성되는 도핑농도는 electrochemical capacitance-voltage(ECV)을 이용하여 관찰하였다. 성장된 Ge기판위의 InGaP layer의 경우 특징적으로 높이 50 nm, 밑변 길이 1 μm의 경사진 표면을 관찰할 수 있었으며, 이러한 구조는 TMIn과 TMGa의 비율이 증가 할수록 감소하였다. 따라서 이러한 경사진 형태의 구조는 격자 불일치 때문인 것으로 판단된다. 추가적으로 V/III ratio의 최적화를 통해 1.3 nm의 표면 거칠기를 갖는 InGaP layer를 얻을 수 있었다. ECV를 통해 Ge 하부셀의 pn접합 형성을 관찰한 결과 약 160 nm에서 접합이 형성되는 것을 관찰할 수 있었다. 또한, 같은 성장 조건의 샘플을 1000 초 열처리 후에 접합깊이의 변화를 관찰한 결과 180 nm에서 접합이 관찰되었지만, GaAs의 arsenic에 의한 pn접합은 열처리 후에 그 깊이가 170 nm에서 300 nm로 증가 하였다. 따라서 삼중접합 태양전지의 제작 공정을 고려할 경우 phosphorus에 의한 접합 형성이 Ge 하부셀의 동작 특성에 유리할 것으로 판단된다.