

TF-P041

InAs/GaAs 양자점 태양전지에서 AlGaAs Potential Barrier 두께에 따른 Photoreflectance 특성 및 내부 전기장 변화

손창원^{1*}, 하재두¹, 한임식¹, 김종수^{1*}, 이상조¹, Ryan Smith¹, 김영호², 김성준², 이상준², 노삼규², 박동우³, 김진수³, 임재영⁴

¹영남대학교 물리학과, ²한국표준과학연구원, ³전북대학교 신소재공학부, ⁴인제대학교 나노공학부

Franz Keldysh Oscillation (FKO)은 p-n 접합 구조의 공핍층(depletion zone)에서 전기장(electric field)에 의해 발생되며, Photoreflectance (PR) spectroscopy를 통하여 관측된다. InAs/GaAs 양자점 태양전지(Quantum Dot Solar Cells, QDSCs)에서 PR 신호에 대한 Fast Fourier Transform (FFT)을 통하여 FKO 주파수들을 관측할 수 있고, 각각의 FKO 주파수들은 태양전지 구조에 대응하는 표면 및 내부전기장(internal electric field) 들로 분류할 수 있다.

InAs/GaAs 양자점 태양전지에서 AlGaAs potential barrier의 두께에 따른 내부전기장의 변화를 조사하기 위해, GaAs-matrix에 8주기의 InAs 양자점 층이 삽입된 태양전지를 molecular beam epitaxy (MBE) 방법으로 성장하였다. 양자점의 크기는 2.0 monolayer (ML)이며, 각 양자점 층은 1.6 nm에서 6.0 nm의 AlGaAs potential barrier들로 분리되어 있다. 또한 양자점 층의 위치에 따라 내부전기장 변화를 조사하기 위해, p-i-n 구조에서 양자점 층이 공핍층 내에 위치한 경우와 p+-n-n+ 구조에서 양자점 층이 공핍 층으로부터 멀리 떨어진 n-base 영역에 삽입하여 실험결과를 비교분석하였다.

PR 실험결과로부터, p-i-n 구조에서 InAs 양자점 태양전지의 내부전기장 변화는 potential barrier 두께에 따라 다소 복잡한 변화를 보였으며, 이는 양자점 층이 공핍층 내에 위치함으로써 격자 불일치(lattice mismatch)로 발생된 응력(strain)의 영향으로 설명할 수 있다. 이러한 결과들을 각각의 태양전지 구조에서 표면 및 내부전기장에 대해 계산된 값들에 근거하여, p+-n-n+ 구조에서 양자점 층이 공핍 층으로부터 멀리 떨어진 영역에 삽입된 경우의 결과와 비교해 보면 내부전기장의 변화는 더욱 분명해진다. 즉, 양자점 층의 potential barrier의 두께를 조절하거나, 양자점 층의 위치를 변화시킴으로써 양자점 태양전지의 내부전기장을 조작할 수 있으며, 이는 PR 실험을 통해 FKO를 관측함으로써 확인할 수 있다.

References

1. D. E. Aspnes and A. A. Studna, Phys. Rev. B 7, 4605 (1973).

2. Van Hoof et al., Appl. Phys. Lett. 54 (7), 608 (1989).
3. H. Shen and M. Dutta, J. Appl. Phys. 78 (4), 2151 (1995).

Keywords: InAs quantum dot, solar cell, photorefectance, Franz-Keldysh Oscillation