

**In₂Se₃, Cu₂Se 와 Se를 이용한 Superstrate-type CuIn₃Se₅/In₂Se₃ 태양전지의
제조 및 후 열처리에 의한 특성 개선**
(Fabrication and characteristics of Superstrate-type CuIn₃Se₅/In₂Se₃ solar
cell by using evaporation of In₂Se₃, Cu₂Se and Se)

박 성 찬, 이 두 열, 안 병 태
한국과학기술원 재료공학과

CuInSe₂ 와 Cu(In,Ga)Se₂는 태양광을 흡수하기에 가장 이상적인 약 1.02eV의 에너지 금지대 폭을 가지며, 매우 큰 광흡수계수를 가지고 있음으로서 박막형 태양전지의 광흡수층 재료로서 많은 연구가 행해지고 있다. 고효율의 CuInSe₂ 태양전지를 제조하기 위하여 많은 실험자들이 coevaporation, two-stage process, molecular beam deposition 등의 방법을 연구하였다. 그러나 이들 방법 중 실용화가 가능한 10% 이상의 효율을 가지는 태양전지의 제조에 성공한 방법은 coevaporation과 two-stage process 뿐이다. 이중 coevaporation 방법은 현재 가장 높은 효율을 보고하고 있으며 전세계적으로 많은 연구가 행해지고 있는 방법이다. 그러나 이러한 coevaporation 법은 정확한 조성을 얻기 위하여 각 element source의 deposition rate를 매우 정확히 조절해야 하며 이를 위하여 고가의 장비를 필요로 하고, 또한 Cu를 evaporation하기 위하여 매우 큰 power를 필요로 한다. 본 실험에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 evaporation은 도가 낮은 In₂Se₃와 Cu₂Se compound를 소스로 이용하였다. Se는 고온의 증착과정에서 생기는 Se loss를 보충해주기 위하여 이용하였다. 또한 CuIn₃Se₅는 CuInSe₂와 거의 비슷한 성질을 보이면서 에너지 금지대 폭이 커서 개방전압을 높일 수 있으며, 보다 넓은 조성 영역에서 안정하므로 제조가 쉬운 장점이 있다. 이러한 이유에서 최근 CuIn₃Se₅를 광흡수층으로 이용하려는 연구가 행해지고 있다. 본 실험에서는 간단한 방법으로 CuIn₃Se₅/In₂Se₃ superstrate-type 태양전지를 제조하고 후 열처리를 통하여 태양전지의 특성을 개선하고자 하였다.

광투과층으로 이용되는 In₂Se₃를 증착하기 위하여 각 온도에서 실험을 행하였다. Se가 없는 경우에 In₂Se₃를 evaporation시켜도 증착온도에 관계없이 InSe를 형성하는 것으로 확인되었으며 Se를 stacked layer로 증착하는 경우에는 약 350°C 이상에서는 In₂Se₃가 증착되었다. 증착된 In₂Se₃위에 Cu₂Se를 증착하여 형성되는 CuIn₃Se₅를 광 흡수층으로 이용하고 반응에 참여하지 않은 In₂Se₃를 광투과층으로 이용하여 태양전지를 제조하였다. CuIn₃Se₅는 약한 n 이나 p-type 또는 intrinsic 성질을 보인다고 보고되고 있으므로 as-dep 상태에서 제조된 태양전지는 저항체에 가까운 전류-전압 특성을 보였다. 그러나 제조된 태양전지를 공기 중에서 후 열처리한 결과 전형적인 diode 전류-전압을 보였으며 광 특성을 나타내었다. 이러한 변화의 원인을 알아내기 위하여 PL 측정을 한 결과 as-dep 상태에서 보이는 In_{cu}-V_{se}의 수가 열처리 이후에 감소함을 알 수 있었다. 이는 공기 중의 산소가 In과 결합하여 In_{cu}를 passivation 시키고 그 결과 CuIn₃Se₅의 hall 농도를 증가시키는 결과가 된다고 생각된다. C-V 측정을 통하여 열처리 전에 약 10¹¹/cm³ 정도를 보이던 CuIn₃Se₅의 hall 농도가 열처리 후에는 약 10¹⁵/cm³ 정도로 증가함을 확인 하였다. 열처리 조건 및 태양전지 제조 조건이 태양전지의 광특성에 미치는 영향을 조사 하였으며 이런 실험들을 바탕으로 약 2%의 효율을 가지는 CuIn₃Se₅/In₂Se₃ superstrate-type 태양전지를 제조하였다.