

기판후면 온도 모니터링을 이용한 CIGS박막 하향 증착시스템 개발 및 그 소자로서의 특성 연구

김은도¹, 차수영¹, 문일권¹, 황도원¹, 조성진², 김충기², 김종필³, 윤재호⁴

¹(주)알파플러스, ²경성대학교, ³한국기초과학지원연구원, ⁴한국에너지기술연구원

CIS 박막을 제조하기 위한 방법으로 셀렌화(selenization)방식, MOCVD방식, 동시진공증발(co-evaporation)방식, 전착(electrodeposition)방식 등이 있으나, 이러한 방식을 이용하여 CuInSe₂ 박막을 제조하는 경우 어떤 방법으로도 다원화합물의 조성 및 결정성을 조절하기가 매우 어려운 단점이 있었다. 기판의 온도를 일정 온도로 유지하도록 하고, 증발원을 가열하여 이에 내포된 물질(이원화합물 또는 단일 원소)을 증발시켜 기판에 증착이 이루어지도록 하거나, 기판의 온도를 승온시키고 구리 이원화합물을 내포한 증발원을 가열해 물질을 증발시켜 기판에 증착이 이루어지도록 하는 방법으로 기판에 박막이 형성되도록 한다. 기판의 대면적화로 인해 균일한 박막의 형성이 어려워지고 있으며, 이중 15% 이상의 고효율을 보인 방법은 3-stage process를 이용한 동시진공증발방식으로, Cu, In, Ga, Se 등의 각 원소를 동시에 진공 증발시키면서 조성을 조절하여 태양전지에 적절한 전기적, 광학적 특성을 가지는 Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS)박막을 증착시키는 방법이다. 일반적으로, 실험실에서 연구되고 있는 장비의 구조는 증발원이 아래에 장착되어서 상향 증착되는 방식이다. 본 연구에서 사용된 장비는 하향 증발원이 측면에 장착되어서 하향 증착되는 방식으로 구성하였다. 증착되는 면방향으로, 적외선온도계(pyrometer)가 설치된 시창(viewport)의 오염 등으로 인하여, 지속적인 공정이 이루어지기 힘든 점을 개선하여 증착기판의 후면에 적외선 온도계를 설치하여 기판의 온도변화를 감지하여 공정에 반영할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 하향식 진공 증발원, 기판후면 온도모니터링모듈 등을 개발 장착하여, CIGS 박막을 제조하였으며, 버퍼층은 moving 스퍼터링법으로 ZnS를 증착하였고, 투명전극층은 PLD (Pulsed Laser Deposition)를 이용하여 제조하였다. 가장 높은 광변환효율을 보인 Al/ZnO/CdS/Mo/SLG박막시료는 유효면적 0.45 cm²에 광변환효율 15.65 %, J_{sc} : 33.59 mA/cm², V_{oc} : 0.64 V, FF : 73.09 %를 얻을 수 있었으며, CdS를 ZnS로 대체한 Al/ZnO/ZnS/Mo/SLG박막시료는 유효면적 0.45 cm²에 광변환효율 12.45 %, J_{sc} : 33.62 mA/cm², V_{oc} : 0.59 V, FF : 62.35 %를 얻을 수 있었다.

Keywords: CIGS (구리, 인듐, 갈륨, 셀레늄), Vapor pressure (증기압), Co-evaporation (동시증발법), Downward (하향식)

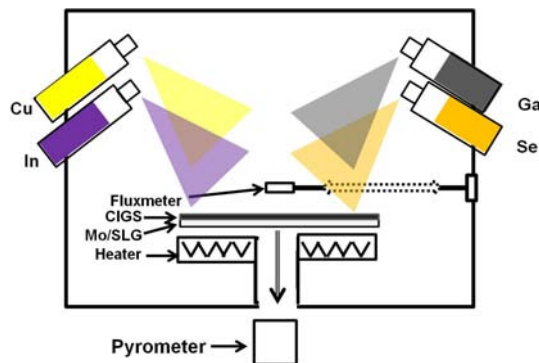


그림1. 하향식 동시증발원장비 개념도