

Sputtering을 이용한 CdS 증착에 관한 연구

이달호*, 박정철**

A Study on CdS Deposition using Sputtering

Dal-Ho Lee*, Jung-Cheul Park**

요약 본 논문은 multiplex deposition sputter system을 이용하여 ITO 유리에 CdS 박막을 증착하여 태양전지에 적용될 수 있는 가장 좋은 조건을 찾고자 하였다. RF power를 50W, 100W, 150W로 변화주었고 스퍼터링시간은 10분으로 하였다. 투과율을 측정된 결과, 400~800 nm 영역에서 평균 투과율은 60%에서 80% 까지 측정되었으며 150W 일 때 84%로 가장 좋은 특성이 측정되었다. 또한 밴드갭은 50W일 때 3.762eV, 100W일 때 4.037eV, 150W일 때 4.052eV로 측정되었다. XRD 분석에서는 RF power가 증가하여도 CdS의 구조인 Wurtzite(hexagonal)로 관찰되었다. 그리고 RF power가 증가할수록 입자가 크고 균일하게 증착 되었으나, 100W 일 때 입자들이 조밀하게 구성되었고 밀도가 크다는 것을 알 수 있었다. 그리고 두께 측정 결과 RF power 가 증가할수록 균일성 있게 증가되었다.

Abstract This paper tried to find the best conditions that could be applied to solar cells by deposition of CdS thin film on ITO glass using multiplex displacement sputter system. RF power was changed to 50W, 100W, and 150W and sputtering time was set to 10 minutes. As a result of the measurement of transmittance, the average transmittance in the area of 400 to 800 nm was measured from 60% to 80% and the best characteristic was measured at 150W at 84%. The band gap was also measured at 3.762eV at 50W, 4.037eV at 100W and 4.052eV at 150W. In XRD analysis, even as RF power was increased, it was observed as a structure called Wurtzite (hexagonal) of CdS. And as RF power increased, the particles were large and uniformly deposited, but at 100W the particles were densely composed and dense. And the thickness measurement showed that the RF power increased uniformly.

Key Words : band gap, deposition, ITO glass, RF power, transmittance, XRD

1. 서론

태양광 분야의 세계시장 경쟁력 확보를 위해 태양광 발전 시스템의 저가·고성능화를 달성하기 위한 기술개발 경쟁이 치열하며, 태양광 에너지 소자 중 핵심소자인 태양전지(solar cell)도 고효율화 및 낮은 제조단가 기술 개발이 치열히 진행되고 있다[1,2]. 박막형 태양전지의 재료는 다양한 방법으로 제조되고 있으며, 유리나 금속 기판위에 단결정 혹은 다결정, 비정질 형태로써 제작 할 수 있으나 현재는 CIGS, CdTe, Si계열 등 여러 가지 반도체 소자가 사용된다[3]. 이러한 재료들

중 II-VI족 화합물 반도체는 모두 직접 천이형 에너지 밴드구조를 가지며 흡수단 이하의 파장영역에서 광흡수 계수가 크기 때문에 이들 재료를 광흡수층으로 사용할 수 있고, 얇은 두께로 제작 할 수 있으며 공정 또한 다양한 방법이 존재하여 다른 재료들보다 쉬운 방법으로 제조가 가능하다[4].

비용대비 고효율 태양전지를 제작하는데 있어 가장 영향을 미치는 요소는 접합 특성이며, 또한 버퍼층의 변화에 영향을 많이 받는다. 본 논문에서는 CdTe에 사용되는 버퍼층의 최적화를 통해 CdTe의 효율을 개

*, ** Department of Electronic Engineering, Gachon University

** Corresponding Author : Department of Electronic Engineering, Gachon University (jcpark@gachon.ac.kr)

Received July 27, 2020

Revised August 12, 2020

Accepted August 12, 2020

선하고자 한다. CdTe 태양전지의 버퍼층으로 널리 사용되는 물질로는 CdS로 밴드갭이 약 2.4eV이고 직접 천이형 n형 반도체이다[5,6]. CdS는 낮은 비저항을 갖고 광흡수는 가시광 영역에서 높은 광투과율을 나타낸다[7,8]. 스퍼터링을 이용한 증착의 경우 다른 증착법에 비해 더 좋은 버퍼층을 만들 수가 있어 플렉시블(Flexible) 기판에 적용 가능하며, 정확한 목표치에 도달하기 용이하다[9,10]. 실질적으로 사용되는 태양전지용 CdS의 두께는 약 2000Å 정도이며, 투과율은 가시광 영역(400 nm ~ 800 nm)에서 평균 60% 이상, 최대 80% 이상의 투과율을 가져야 한다. 현재까지 CdS/CdTe 태양전지를 제작할 때 단결정 및 다결정 실리콘 기판을 사용하였으나 본 논문에서는 multiplex deposition sputter system을 이용하여 ITO 유리 기판을 사용하여 소자를 제작하고자 한다. 증착된 박막은 4 point probe 방식을 이용하여 면저항을 측정하고, UV-Vis (UV-Vis spectrophotometer)를 통해 투과율을 측정한다. 또한, XRD(X-ray Diffraction Spectroscopy)를 이용하여 박막의 결정 구조를 측정하고 이로부터 태양전지용 버퍼층으로서의 가장 효과적인 증착 조건을 찾고자 한다.

2. 실험방법

소자제작 순서로는 먼저, ITO 유리기판을 아세톤, 에탄올, DI water 순으로 세척하고 건조한 후, 진공상태의 챔버를 1×10^{-2} [Torr] 이하가 될 때까지 진공상태를 유지하고, 1×10^{-6} [Torr]가 되면 공정압력을 0로 세팅하고, MFC로 Ar 가스를 20 sccm을 흘려주면서, 공정압력 7.5×10^{-3} [Torr]를 맞춰준다. 이때, 샘플 홀더를 10 [rpm]로 회전시키며 샘플을 제작하였다. RF Power를 50W, 100W, 150 W로 변화시켰으며 기판온도는 25°C, 스퍼터링 시간은 10분, 어닐링 온도는 200°C 어닐링 시간은 10분으로 하였다. 이와 같이 제작한 샘플 제작과정을 그림 1에 도시하였다.

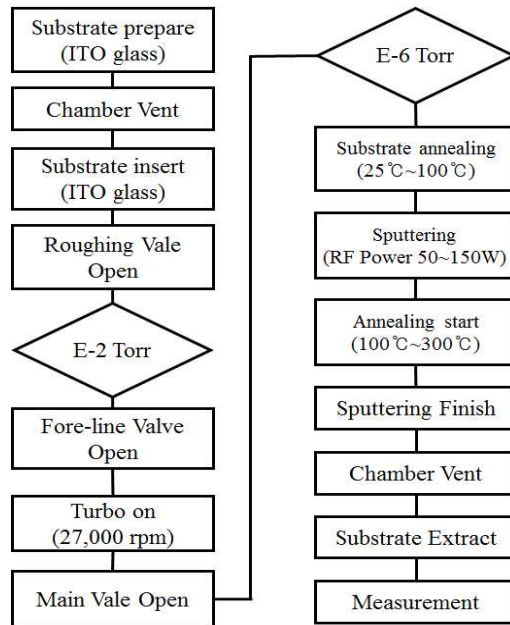


그림 1. 제작순서도
Fig. 1. Flowchart of manufacture.

3. 실험결과

ITO 유리에 n-Type CdS를 증착 하였을 때, RF power 변화에 따른 비저항이 낮을수록 전자 및 정공 이동도가 증가되므로 전기특성이 좋아진다. 본 실험에서 비저항을 측정하기 위해 면저항 및 두께를 측정하였다. RF power 변화에 따른 시편을 각각 8개를 제작하여 4-point probe로 면저항을 측정하였고 alpha-step을 이용하여 두께를 측정하여 평균값을 표 1에 나타내었다. 표 1에서 RF power가 증가할수록 두께가 증가되었고 면저항은 큰 차이가 없는 것을 알 수가 있었다.

표 1. RF Power 변화에 따른 결과
Table 1. Result with RF power variation

RF power [W]	Sputtering time [min]	Thickness [Å]	Sheet resistance [Ω/\square]
50	10	64	349
100	10	406	363
150	10	889	340

RF Power 변화에 따른 CdS 박막의 비저항 값을

그림 2에 나타내었다. 그림 2에서 면저항은 큰 변화가 없는 것으로 나타났으나, 두께의 차이로 인한 비저항 값의 변화가 확인되었으며, 시간에 따른 증가율보다 RF Power에 대한 변화가 크게 나타나는 것으로 확인됐다.

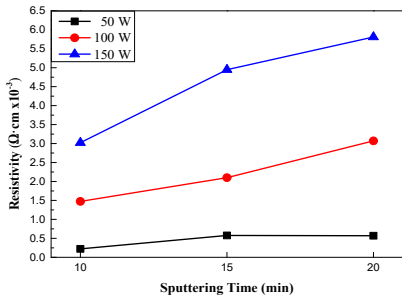


그림 2. RF Power 변화에 따른 비저항
Fig. 2. Resistivity with RF power variation

RF power 변화에 따른 투과율 및 밴드갭의 특성을 그림 3에서 그림 4에 나타내었다. 550~1000nm 영역에서 RF power가 50W 일 때 평균 투과율은 82%, 100W는 66%, 150W는 71%로 측정되었다. 이것은 두께 변화에 따른 결과로 예상된다. 밴드갭은 RF Power가 증가할수록 증가됨을 알 수 있으며, RF Power가 150W일때 4.052eV로 측정되었다. 밴드갭이 증가되면 전자의 이동량이 적어지므로 밴드갭을 3eV 이하로 줄일 수 있는 방법을 고려해야 된다는 것을 알 수가 있었다.

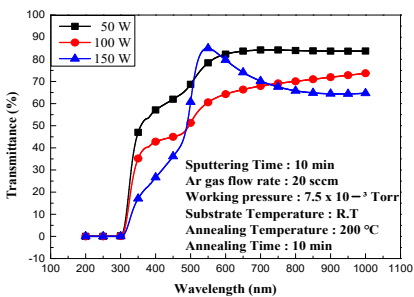


그림 3. RF power 변화에 따른 투과율
Fig. 3. Transmissivity with RF power variation

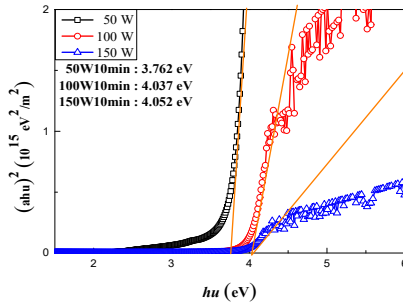


그림 4. RF power 변화에 따른 밴드갭
Fig. 4. Bandgap with RF power variation

그림 5는 증착된 CdS박막을 XRD 분석한 결과를 나타낸 것이다. 그림으로부터 증착 파워가 50W에서는 CdS 박막 결정구조 스펙트럼이 잘 나타나지 않았다. 이것은 표 1에 나타난 것처럼 두께가 64Å으로 얇게 증착되어 결정구조 잘 나타나지 않은 것으로 알 수가 있었다. RF Power가 150W에서는 결정 구조 및 입자 크기가 증가함을 확인하였으며, XRD 결과에 따른 결정 구조를 조사한 결과, 본 논문에서 증착된 CdS의 구조는 Wurtzite (hexagonal)로 나왔으며, 그 이외의 불순물이 없이 CdS 만 증착된 걸 확인 할 수 있었다.

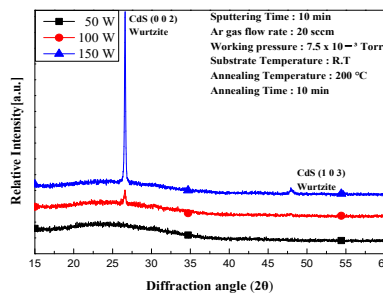


그림 5. RF power 변화에 따른 XRD
Fig. 5. XRD with RF power variation

그림 6에서는 RF power 변화에 따른 박막의 표면을 관찰한 사진을 도시하였다. RF power가 증가할수록 입자가 크고 균일하게 증착되었으며, 100W일 때 입자들이 조밀하게 구성되었고 밀도가 크다는 것을 알 수 있었다. 결과적으로 성능향상을 위하여 RF power를 150W로 하고 스퍼터링 시간의 적절한 조절이 필요

하다.

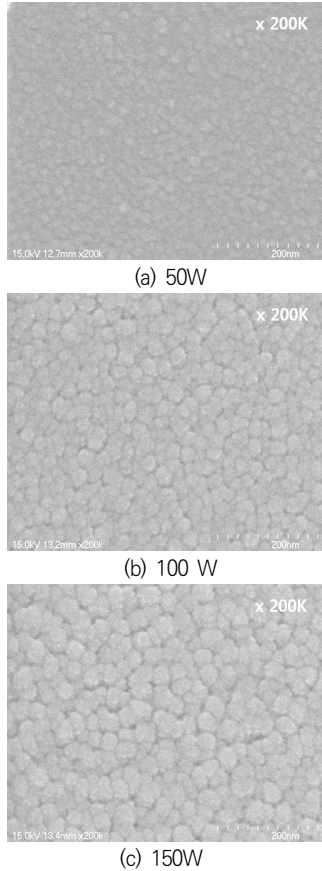


그림 6. RF Power 변화에 따른 SEM
Fig. 6. SEM of RF Power variation

4. 결론

본 논문은 CdS/CdTe 태양전지 제작 시 제작비용 및 투과율을 향상시키기 위해 multiplex deposition sputter system을 이용하여 ITO 유리기판을 이용하여 CdS 박막을 증착하여 태양전지에 적용될 수 있는 가장 좋은 조건을 찾고자 하였다.

RF power를 50W,100W,150W로 변화주어서 투과율을 측정한 결과, 평균 투과율은 60%에서 80% 까지 측정되었으며 150W일 때 84%로 가장 좋은 특성이 측정되었다. RF Power가 증가할수록 밴드갭은 증가 되는 것을 확인하였다. XRD 분석에서는 RF power가

증가하여도 CdS의 구조인 Wurtzite(hexagonal)가 나왔으며, 그 이외의 불순물이 없이 CdS 만 증착 된걸 확인 할 수 있다. 또한 RF power가 증가할수록 입자가 크고 균일하게 증착 되었으며, 두께 측정 결과 균일성 있게 증가함을 확인하였다.

이상의 결과로부터 기판을 ITO 유리를 이용하여 태양전지를 제작할 때 본 논문에서 제시된 실험조건으로 CdS 박막을 제작하면 태양전지의 버퍼층으로 이용 가능성을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] E.S.Cha, K.C.Park, B.T.Ahn. "Stability Improvement of CdTe Solar Cells using ZnTe:Na Back Contact",Current Photovoltaic Research Vol.3, No.1, pp.10~15, 2015
- [2] K. M. Park, J. H. Jung, S. I. Bae, S. Y. Choi, M. B. Lee, "Investigation on the Electrical Characteristics of mc-Si Wafer and Solar Cell with a Textured Surface by RIE", Applied Science and Convergence Technology, Vol.20, No.3, pp. 225~232, 2011
- [3] E.J. Kim, K.H. Kim, D. H. Lee, W. S. Jung, J.H. Lim, "Formation of Ni-W-P/Cu Electrodes for Silicon Solar Cells by Electroless Deposition", Journal of The Korean Institute of Surface Engineering, Vol. 1.49, No.1, pp.54-61, 2016
- [4] K.H.Kim, "Study of Light-induced Degradation in Thin Film Silicon Solar Cells: Hydrogenated Amorphous Silicon Solar Cell and Nano-quantum Dot Silicon Thin Film Solar Cell", Journal of the Korean Solar Energy Society Vol. 39, No. 1, pp.1~8, 2019
- [5] S.M. Kwon, S.M.Kim, C.W. Jeon, "Influence of CdS Post-deposition Treatment on CIGS Solar Cells", New & Renewable Energy . 3 Vol. 12, No. 1, pp.26~30, 2016
- [6] H.T.Tung, D.H. Phuc, "The Optimized Thickness of Silver Doping on CdS/CdSe for Quantum Dot-Sensitized Solar Cell", International Journal of Photoenergy, Vol.2019, pp.1~7, 2019
- [7] M. S. Ilangoa, S. K. Ramasesha, "Patterning of nanopillars-based CdS/CdTe thin films for photonic applications", SURFACE ENGINEERING

NG, Vol. 34, No. 12, pp. 907-914, 2018

[8] C.C Lin , Y.J. Chuang , W.H. Sun , "Ultrathin singlecrystalline silicon solar cells for mechanically flexible and optimal surface morphology designs", Microelectron Eng. Vol.145, pp. 128-132, 2015

[9] N. E. Gorji, "Oxygen incorporation into CdS/ CdTe thin film solar cells", Opt Quant Electron Vol.47, pp.2445-2453' 2015

[10] N.E. Gorji, "Electrical and optical characterization of R.F. sputtered CdTe thin films. IEE E Trans. Device Mater. Reliab. Vol.14, No.4, pp. 983-988, 2014

저자약력

이 달 호(Dal-Ho Lee)

[정회원]



<관심분야>

- 1982년 서울대학교 제어계측공학과 공학사
 - 1985년 서울대학교 제어계측공학과 공학석사
 - 1992년 서울대학교 제어계측공학과 공학박사
 - 1992년~현재 가천대학교 전자공학과 교수
- 시스템 식별, 필터링 기법, INS 응용, Data Hiding

박 정 철(Jung-Cheul Park)

[정회원]



<관심분야>

- 1983년 명지대학교 전자공학과 공학사
- 1992년 명지대학교 전자공학과 공학석사
- 2000년 명지대학교 전자공학과 공학박사
- 2007년 ~현재 가천대학교 전자공학과 교수

신재생에너지