

# (Cd+Te)막의 소결조건이 CdS/CdTe 태양전지의 특성에 미치는 영향

## Effects of Sintering Conditions of (Cd + Te) Films on the Properties of Sintered CdS/CdTe Solar Cells.

노재성\* · 임호빈\*\*  
(Jae-Sung Roh · Ho-Bin Im)

### ABSTRACT

Sintered CdS/CdTe solar cells have been fabricated by coating a (Cd+Te) slurry on sintered CdS films followed by the sintering at 625°C for one hour with various heating rates. When cadmium and tellurium powders are used instead of CdTe powder to form CdS/CdTe junction, CdTe is formed in the temperature range of 290°C–400°C. The microstructure of the CdTe films depends strongly on the heating rate of the sintering due to the low melting temperature and the high vapor pressure of the elemental Cd and Te. An optimum heating rate obtain CdTe films with uniform and dense microstructure which, in turn, improves the efficiency of the sintered CdS/CdTe solar cells.

All-polycrystalline CdS/CdTe solar cells with an efficiency of 9.57% under 50mW/cm<sup>2</sup> tungsten light have been fabricated by using a heating rate of 14°C/min.

### 1. 서 론

CdTe는 직접천이형 에너지 금지대 폭이 1.5 eV로서 태양광을 효과적으로 사용할 수 있는 최적 이론치에 해당하는 에너지 금지대 폭에 근접해 있다는 장점이 있다.<sup>1)</sup> CdS는 에너지 금지대 폭이 2.43 eV로서 대부분의 태양광을 통과시킬 수 있기 때문에 CdS/CdTe, CdS/Cu<sub>2</sub>S 태양전지의 광 투과층 물질로서 널리 이용되어 왔다. 지상용 태

양전지의 실용화를 위해서는 저가격의 태양전지 제작이 요구되어 다결정 박막형태로의 CdS/CdTe 태양전지에 대한 연구가 지속되어 오고 있다. 이러한 다결정 CdS/CdTe 태양전지의 제작 방법으로는 electro-deposition<sup>2, 3)</sup> close-spaced sublimation<sup>4)</sup>과 screen printing에 의한 소결 방법<sup>5, 6)</sup>이 있다. 이 중에서 screen printing에 의한 소결 방법은 저가격이면서 넓은 면적의 지상용 태양전지를 대량생산할 수 있다는 이점을 갖고 있다.

이 방법으로 제작한 소결막 CdS의 제조 조건 및 전기적 특성이 CdS/CdTe 이중접합 태양전지의 광전압 성질에 미치는 영향에 대해서는 보고된

\* 한국과학기술원 재료공학과 박사과정

\*\* 한국과학기술원 재료공학과 교수

바 있다.<sup>6) ~ 8)</sup> 그러나 CdTe 소결막의 제조조건에 따른 CdS/CdTe 태양전지의 특성에 대한 연구는 현재까지 미진한 상태이다. 따라서 CdTe 소결막의 제조조건이 CdS/CdTe 이중접합 태양전지의 특성에 어떠한 영향을 미치는가 하는 연구는 흥미롭다고 할 수 있다.

종래에는 CdTe 소결막을 얻기위해서 CdTe 분말을 사용하여 여기에 소결 촉진제로 CdCl<sub>2</sub> 를 첨가하여 제작한 것이 대부분이나 Cd 및 Te 분말을 사용하여 CdTe 를 제조하면 CdTe 분말을 사용하였을 때보다 더 얇가의 제작이 가능하다. 본 실험에서는 저렴하고, 높은 효율을 갖는 태양전지 개발을 위해 CdTe 분말 대신에 Cd 과 Te 분말을 사용하여 CdTe 소결막을 제작하였다. Cd 과 Te 분말을 사용하였을 경우에는 CdTe 분말을 직접 사용하여 CdTe 소결막을 얻는 것과는 차이점이 있다.

즉, CdTe 분말을 사용하였을 때와는 달리 Cd 과 Te 분말을 사용하였을 때는 소결온도에 이르기 전의 가열 과정 중에 CdTe 합성 반응이 일어나게 된다는 점이다. 가열도중 생성된 CdTe는 마치 CdTe 분말을 사용했을 때의 green state 에 해당된다고 생각할 수 있으며, 최종적으로 얻어지는 CdTe 소결막의 미세구조, 즉 치밀화나 입도크기에 영향을 미치리라고 사료된다. 따라서, 본 연구에서는 승온속도를 바꾸어 합성되는 CdTe 미세구조를 관찰하고 이것이 CdTe 소결막의 미세구조와 CdS/CdTe 태양전지의 특성에 미치는 효과를 보고자 하였다.

## 2. 실험 방법

CdS/CdTe 태양전지를 제작하기 위하여 먼저 CdS 소결막을 다음과 같은 실험 방법을 통하여 제작하였다.

순도가 99.999 %인 CdS의 초기분말의 크기는 0.5 μm 이었다. 이 CdS 분말을 700 °C에서 2시간 동안 질소 분위기 하에서 하소한 후 분쇄하여

평균 분말 크기를 2 μm 되게 하였다. 여기에 소결 촉진제인 CdCl<sub>2</sub>를 13 wt %, 유기 결합제인 propylene glycol 을 적당히 첨가하여 mortar 와 pestle 을 이용하여 혼합하여 CdS 반죽을 만들었다. 이 반죽을 초음파 세척한 borosilicate glass (Corning 7059) 기판위에 165 mesh stainless steel screen 을 사용하여 도포한 후 결합제의 제거를 위해 120 °C에서 2시간 동안 oven에서 건조시켰다. 건조된 시편을 지름이 1 mm인 구멍이 4개 있는 석영병에 넣어서 250 cc/min 의 질소를 유입시켜 질소 분위기를 유지시키며 600 °C 에서 1시간 동안 소결하였다. 이렇게 하여 얻은 CdS 소결막의 균일성을 향상시키기 위하여 뚜껑이 없는 석영병에 담아 625 °C, 질소 분위기 하에서 15분간 재열처리를 하여 소결막 CdS 의 표면에 잔류하는 CdCl<sub>2</sub> 를 증발시켰다. 열처리까지 끝난 CdS소결막 위에 CdTe 소결막 층을 형성시키기 위하여 다음과 같이 하였다.

순도가 99.999 %인 Cd과 Te 분말의 평균 입도 크기를 각각 0.3 μm, 0.5 μm 으로 만들어 1:1 mole 비로 섞고 소결 촉진제인 CdCl<sub>2</sub>를 2 wt % 첨가하고, 적당량의 유기 결합제와 함께 혼련 후 150 mesh silk screen 을 이용하여 앞서 제작한 CdS 소결막에 도포하였다. 도포 후 120 °C에서 2시간 건조시킨 후 지름이 1 mm 인 구멍이 1개인 석영병에 넣어 700 °C, 질소 분위기 하에서 1시간 동안 소결하였다. 이때 소결온도에 이르기까지의 승온속도를 그림 1과 같이 변화시켰다. 그림 1에 나타난 승온속도는 200 °C ~ 600 °C의 구간의 기울기를 정했다.

ohmic 전극으로 CdS 위에는 20wt·%의 In 을 silver paint (dupont 4929)에 첨가한 In-Ag paint 를, CdTe 위에는 carbon-paint (SPI # 5006)를 입혔으며 carbon 전극의 면저항을 낮추고, 기계적 강도를 증진시키기 위하여 Ag paint 를 보조전극으로 입혔다.

전극을 바른 시편을 350 °C, 질소 분위기 하에서 10분간 전극 열처리를 하여 태양전지를 완성시켰다. 완성된 태양전지는 그림 2와 같다.

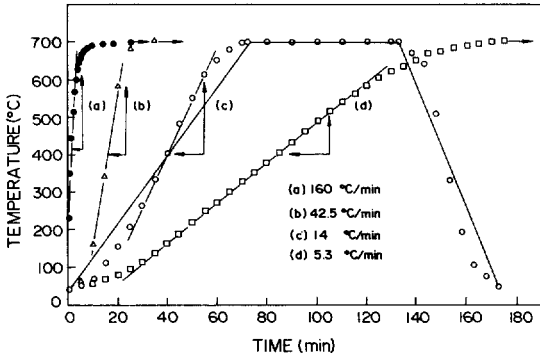


그림 1. 열처리 청로에 따른 CdTe 막의 승온 속도

Fig. 1. Heating rate of CdTe films for various firing schedule.

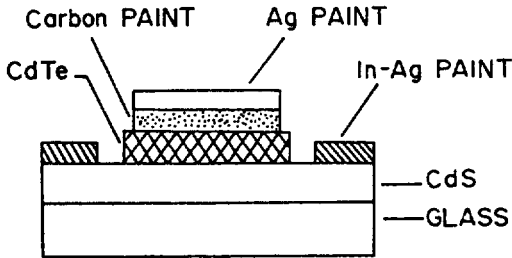


그림 2. CdS/CdTe 태양전지의 구조  
Fig. 2. Structure of a CdS/CdTe solar cell.

CdS/CdTe 태양전지의 특성을 알아보기 위하여 측정된 상수값들은 태양광 및 50mW/cm<sup>2</sup> 텅스텐 램프 하에서 측정하였으며 SEM(Scanning Electron Microscopy)을 통해 소결막의 표면 및 단면의 미세구조를 관찰하였다. 또한 DSC(Differential Scanning Calorimetry) 분석을 통하여 CdTe 합성반응을 알아 보았다.

### 3. 결과 및 고찰

본 실험에서 제작한 다결정 CdS/CdTe 태양전지는 back wall type 이므로 CdS 소결막이

front contact 와 window 역할을 동시에 하게 되므로 낮은 전기저항과 높은 광 투과율을 갖는 것이 바람직하다. 이러한 성질을 갖는 CdS를 제작하는데는 CdCl<sub>2</sub>를 소결 촉진제로 첨가하여 소결함으로써 얻을 수 있다.<sup>9)</sup> 그러나 CdCl<sub>2</sub>를 첨가하여 소결할 때 소결 후 CdCl<sub>2</sub>의 국부적인 잔류로 인해 넓은 면적의 CdS소결막을 제작할 경우 불균질성을 나타낸다. 따라서 넓은 면적의 균질한 CdS소결막을 얻기 위하여 소결한 CdS막을 다시 재열처리를 하여 잔류하는 CdCl<sub>2</sub>를 증발시키는 방법을 이용하였다. 그림 3 (a)는 13wt%의 CdCl<sub>2</sub>를 첨가하여 소결 후 재열처리까지 끝난 CdS소결막의 표면을 찍은 주사전자현미경 사진이다.

재열처리하기 전에 전기 비저항이 10~30Ω·cm 이던 것이 재열처리 후엔 0.3~0.6Ω·cm로 낮아졌으며, 광 투과도는 CdS의 에너지 금지대 폭보다 큰 파장의 영역 ( $h\nu > E_g$ )에서 81~83%로 변화가 거의 없었다. 그림 3 (b)는 소결막 CdS 위에 (Cd+Te)의 혼합 반죽을 도포한 단면사진이며, (c)는 (Cd+Te)층의 표면 사진을 나타냈다. 소결막 CdS의 두께는 ~20 μm 이었으며, 평균 입도 크기는 ~12 μm 이었다. 또한 도포된 (Cd+Te) 혼합 반죽의 두께는 ~35 μm 이었으며 sub-micron의 Cd과 Te의 입자들로 이루어져 있음을 알 수 있다.

그림 4는 그림 1에서 나타난 바와 같이 각각의 승온속도를 거쳐 제작한 CdS/CdTe 태양전지의 상수값들을 측정하여 나타낸 것이다. 먼저 단락전류 (Jsc) 값을 살펴보면 승온속도를 14 °C/min 으로 하였을 때 최대값이 나타나고 승온속도가 감소함에 따라 Jsc 값의 감소가 나타남을 볼 수 있다. 이러한 경향은 충실도 (FF)에서도 볼 수 있으나 개방전압 (Voc)은 승온속도에 따라 일정한 값을 나타내고 있음을 볼 수 있다. 이들 상수들로 부터 얻어진 효율은 단락전류의 영향을 크게 받고 있어 역시 승온속도가 14 °C/min일 때 최대값을 보이고 있다.

(Cd+Te) 막의 소결조건이 CdS/CdTe 태양전지의 특성에 미치는 영향

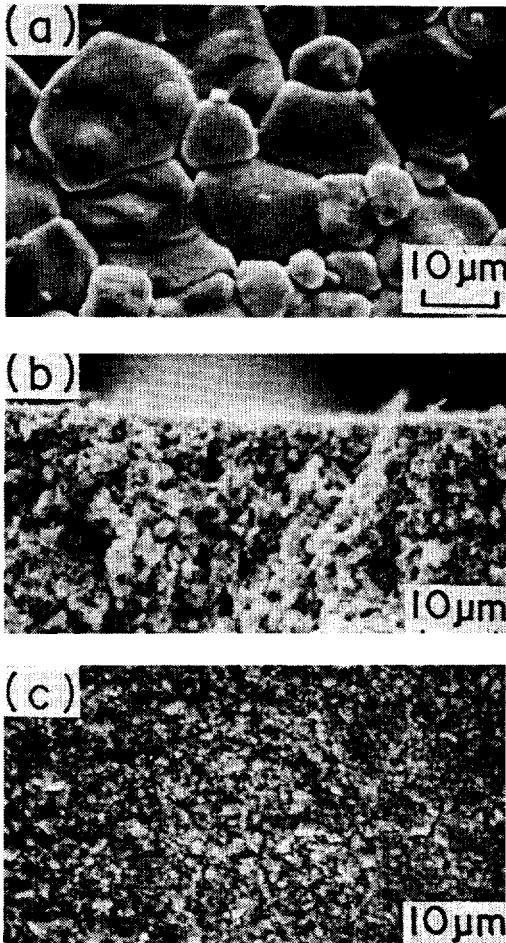


그림 3. (a) 600°C에서 1시간 소결후 625°C에서 15분간 재열처리한 CdS 막의 표면 SEM 사진  
 (b) CdS 소결막과 이 위에 도포한 CdTe 막의 단면 SEM 사진.  
 (c) (Cd+Te) 막의 표면 SEM 사진.

Fig. 3. (a) SEM photograph of the surface of CdS film which was sintered at 600°C for 1hr and was reheat-treated at 625°C for 15 min.  
 (b) SEM photograph of the cross-section of the CdTe film coated on the sintered CdS film.  
 (c) SEM photograph of the surface of the (Cd+Te) film.

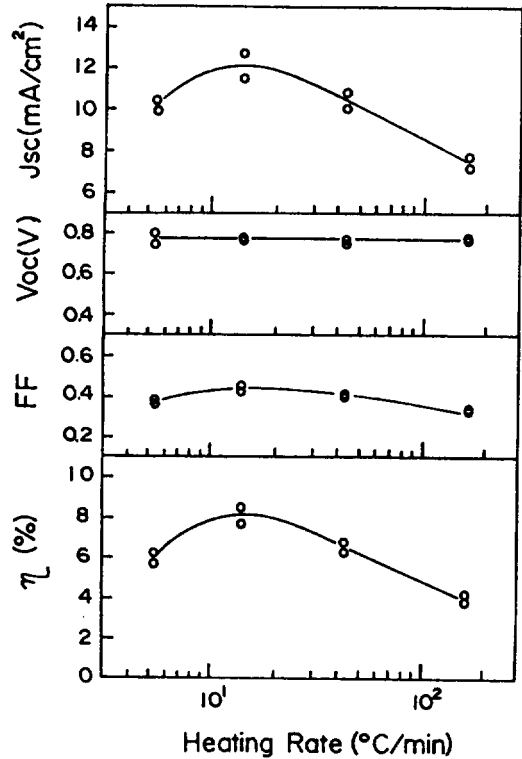


그림 4. (Cd+Te) 막의 승온속도에 따른 CdS/CdTe 태양전지의 특성상수.

Fig. 4. Cell parameters of CdS/CdTe solar cells as a function of heating rate of (Cd+Te) layers.

먼저 단락전류의 변화를 살펴보기 위하여 각각의 승온속도로 제작한 태양전지의 분광 반응도(Spectral response)를 측정하여 보았다. 그림 5는 이들 시편의 상대적인 분광 반응도를 나타낸 그림이다. 그림에서 보면 모든 시편들이 단파장에서 낮은 분광 반응도를 보이는 buried homojunction과 유사한 분광 반응도를 보이고 있다 즉, 승온속도의 변화가, 생성된 junction의 깊이에는 영향을 주지 않은 것으로 사료된다. 650 nm이하의 파장에서는 승온속도의 변화에 따른 분광 반응도의 변화가 일정한 경향을 갖지 않고 큰 차이를 보이지 않으나 이 이상의 파장에서는 14

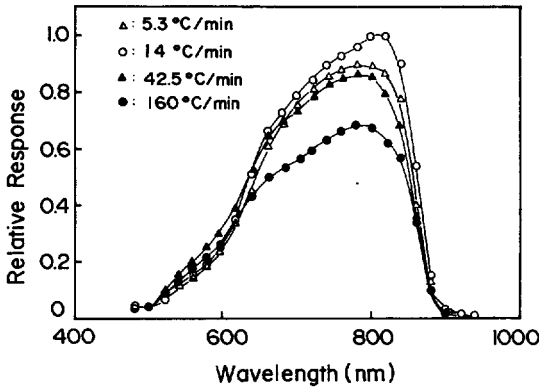


그림 5. (Cd+Te) 막의 승온속도를 변화시켜 제작한 CdS/CdTe 태양전지의 분광 반응도

Fig. 5. Spectral responses of CdS/CdTe solar cells prepared with various heating rate of (Cd+Te) layers.

°C/min의 승온속도로 제작한 태양전지에서 가장 큰 분광 반응도를 보이고 있으며 승온속도가 가장 큰 160 °C/min으로 제작한 경우엔 가장 낮은 분광 반응도를 보이고 있다. 각 파장에 따라 얻어진 전류의 총합은 곧 Jsc를 나타내므로 그림 5의 분광반응도와 그림 4에서 얻은 Jsc가 동일한 경향을 보이고 있다.

그림 6은 각각의 승온속도를 거쳐서 얻은 소결막 CdTe의 표면 미세구조 사진이다.(a), (b), (c), (d)는 각각 160°C/min, 42°C/min, 14°C/min, 5.3°C/min의 승온속도 과정을 거쳐 소결한 것이다. 160 °C/min의 승온속도를 거친 CdTe 소결막의 표면 미세구조 (a)를 보면 기공이 많고 밀집화가 되지 않은 것을 알 수 있으며 승온속도가 점차 감소하면서 기공도 줄어들고 밀집화도 향상되어 14°C/min의 승온속도를 거친경우(c) 가장 밀집된 구조를 나타내고 있다. 이 이하의 승온속도에서는 다

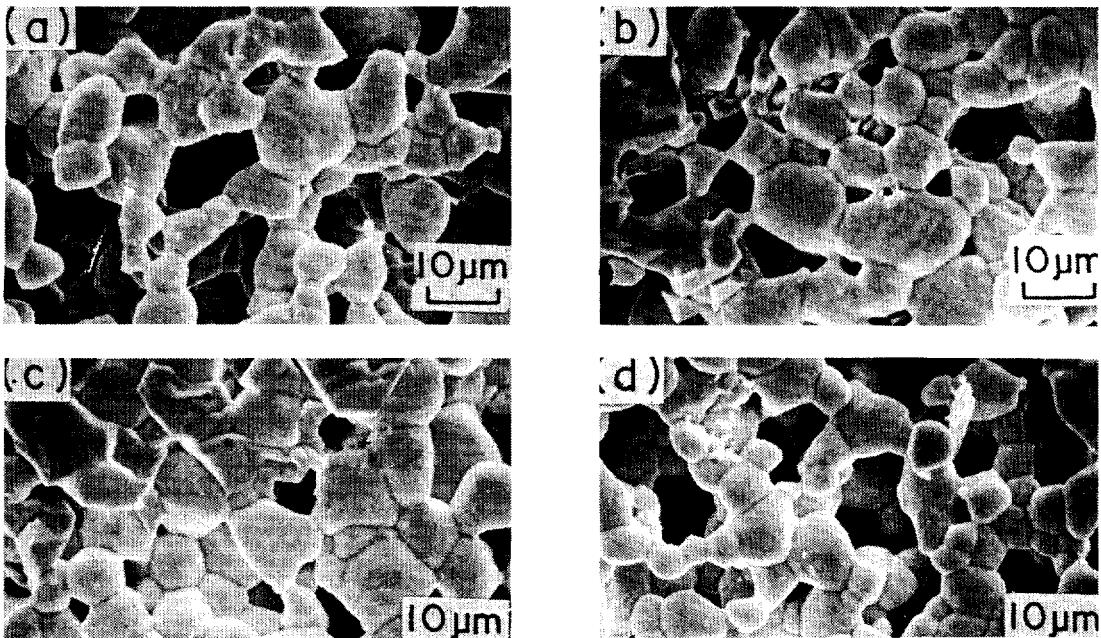


Fig. 6. SEM photographs of the surfaces of CdTe layers prepared with various heating rate (Cd+Te) layers: (a) 160°C/min, (b) 42.5°C/min, (c) 14°C/min and (d) 5.3°C/min.

그림 6. (Cd+Te)막의 승온속도를 변화시켜 제작한 CdTe 막의 표면 SEM 사진 :

(Cd+Te) 막의 소결조건이 CdS/CdTe 태양전지의 특성에 미치는 영향

시 기공도 증가했으며, 밀집화도 나빠졌음을 관찰할 수 있다. 이러한 미세구조의 차이가 그림 4와 그림 5에서 볼 수 있었던 단락전류의 차이를 나타내게 된 것으로 사료된다. 즉 소결막 CdTe 밀집된 구조로 인해 CdS와 CdTe가 이루는 계면에서의 접촉면적이 증가되고 기공이 감소하게 되어 빛을 받아 생성된 전자나 정공이 계면이나 기공에 의한 입도 표면에서의 재결합 손실을 줄이게 되어 14 °C/min의 승온속도를 거친 태양전지에서 가장 높은 단락전류값이 얻어졌다고 사료된다. Cd과 Te의 혼합 분말을 이용하여 소결막 CdTe를 얻는 경우, 이와같이 승온속도에 따라 미세구조의 차이를 나타내는 이유를 알아보려고 하였다.

앞서 서론에서 언급했던 바와 같이 Cd와 Te을 이용하여 CdTe 소결막을 얻는 경우엔 CdTe 분말을 직접 사용할때와는 달리 승온 도중 CdTe 합성이 일어나야 한다. 그림 7은 CdTe 합성반응을 알아보기 위하여 Cd과 Te의 혼합분말을 이용하여 DSC 분석을 한 결과이다. 그림에서 보면 290 °C부터 발열반응이 시작되어 400 °C 근처에서 발열반응이 끝나며 중간에 강한 흡열반응이 나

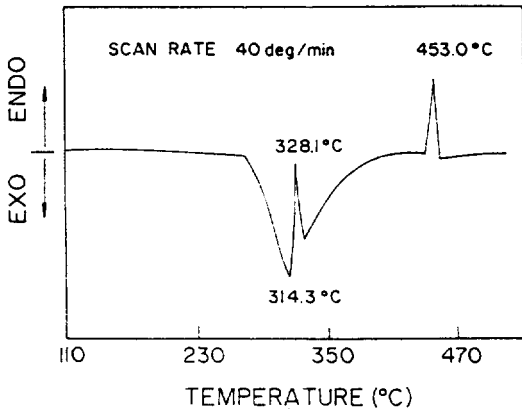


그림 7. (Cd+Te) 혼합분말의 DSC 곡선.

Fig. 7. DSC curve of the (Cd+Te) powder mixture.

타난다. 발열반응은 CdTe 합성에 따른 것이며, 중간에 나타난 흡열반응은 Cd의 용융에 의한 것이다. 이후에 나타나는 흡열반응은 Te의 용융에 의한 것으로 이는 미반응의 Te이 용융되면서 나타난 것으로 생각된다. 따라서, CdTe 합성반응은 Cd의 용융이 일어나기 전의 온도에서부터 시작하여 Cd의 용융이 일어난 후에도 계속되어 400 °C 근처에서 끝나게 됨을 알 수 있다. 그런데 그림 8과 같이 순수한 Cd과 Te의 증기압은 CdTe와 평형을 이루는 Cd과 Te의 분압에 비하여 매우 높음을 알 수 있다. 즉 CdTe를 원료 분말로 사

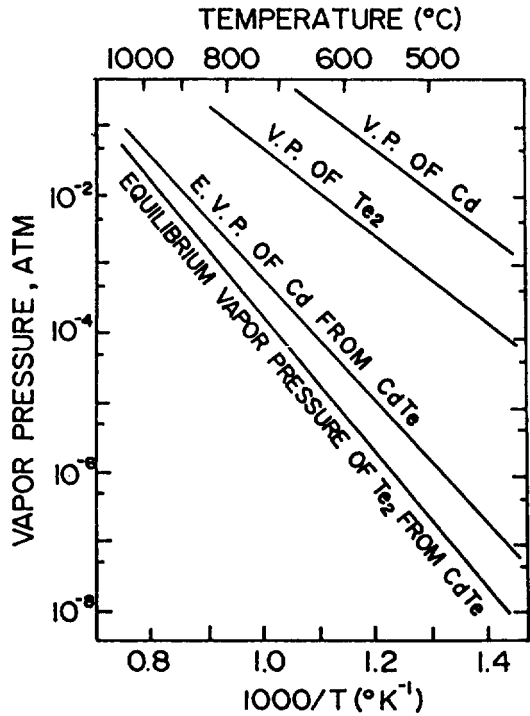


그림 8. CdTe로 부터 분해되는 Cd과 Te의 증기압과 Cd과 Te 원소의 증기압.

Fig. 8. The equilibrium vapor pressures of Cd and Te<sub>2</sub> from the dissociation of CdTe, and the vapor pressures of elemental Cd and Te<sub>2</sub>.

용하였을 경우 승온과정에서 CdTe의 증기압에 따른 증발은 무시할 수 있는 반면에 Cd과 Te의 혼합분말을 사용하였을 경우에는 이들의 증발에 의한 효과를 고려해야 할 것으로 생각된다. 그림 9는 이러한 효과를 보기 위하여 승온속도를 각각 14°C/min, 160°C/min으로 하여 420°C까지 가열한 후 빼내어 그 표면을 찍은 주사전자현미경 사진이다. 420°C까지 가열한 경우, 모두 CdTe가 형성되었다고 할 수 있는데, 14°C/min의 승온속도로 가열하여 합성된 CdTe의 미세구조가 160°C/min의 승온속도로 얻은 것보다 더욱 치밀하고 균질하게 생성되어 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 앞서 보인 증기압을 고려해 볼 때, 승온속도가 빠른 경우 충분한 CdTe가 형성되기 전에 급격한 온도상승으로 인한 Cd과 Te의 증기압 증가로 미반응의 Cd과 Te이 증발하게 되어 승온속도를 느리게 한 것에 비해 기공이 더욱 많이 존재하는 미세구조를 형성하게 된 것으로 사료된다. 이때 형성된 CdTe의 미세구조는 CdTe를 원료분말로 사용한 경우의 green state에 해당하며 최종적으로 얻어지는 CdTe 소결막에도 영향을 미치게 된다. 즉 Cd과 Te의 혼합분말을 이용하여 CdTe 소결막을 얻는 과정을 두 단계로 나누어 생각할 수 있는데, 첫째 단계는 승온 도중 Cd과 Te의 반응에 의해 CdTe 합성이 완결되는 온도까지를 생각할 수 있으며, 둘째 단계는 이 이후의 온도에서 소결 촉진제로 첨가한 CdCl<sub>2</sub>의 영향과 함께 입도성장 및 치밀화가 진행되는 단계로 생각할 수 있다. 승온속도가 빠른 경우엔 그림 9의 (b)와 같이 첫째 단계로 생각한 합성된 CdTe의 미세구조가 불량해져서 소결 후 얻어진 CdTe의 미세구조가 그림 6의 (a)와 같이 기공이 많고 밀집화가 덜 된 미세구조를 나타낸 것으로 사료된다. 이에 비해 5.3°C/min의 느린 승온속도를 유지한 것은 합성된 CdTe의 미세구조는 양호하나 둘째 단계로 생각해 본 용제의 영향을 받지 못한 것으로 사료된다. 즉, 소결 온도인 700°C에 이르기 전에 녹은 CdCl<sub>2</sub> (CdCl<sub>2</sub>와 CdTe 사이엔 공

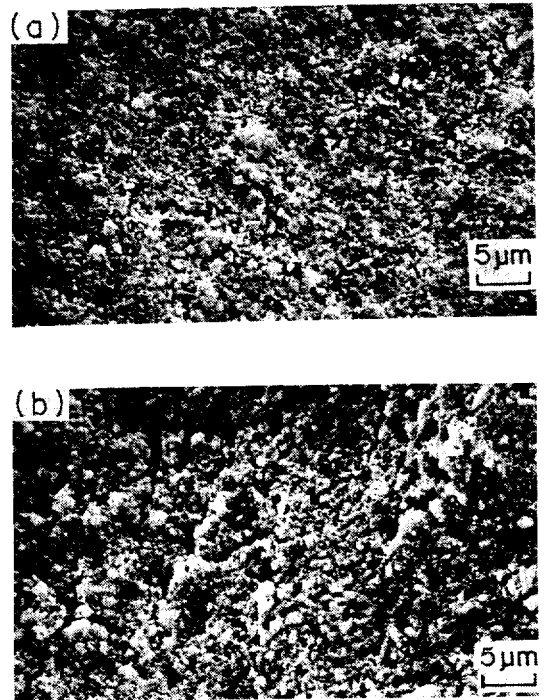


그림 9. (a) 14°C/min과 (b) 160°C/min의 승온속도로 420°C까지 승온한 CdTe 막의 표면 SEM 사진

Fig. 9. SEM photographs of the surfaces of CdTe films which were heated up to 420°C with heating rate of 14°C/min (a) and 160°C/min (b).

정반응이 있어서 500°C 근처에서 CdCl<sub>2</sub>가 녹음)의 증발이 일어나 실제 소결 온도에서 액상 소결에 의한 치밀화가 이루어지지 못한 때문으로 사료된다. (그림 6 (d)) 따라서, 14°C/min의 승온속도는 이 두가지 단계의 효과를 적절히 조화시켜 최적조건을 이루어 가장 양호한 미세조직을 얻을 수 있었으며 (그림 6 (c)), 이에 따라 단락전류도 최대값을 나타냈다고 사료된다. 또한 CdTe 소결막의 미세구조의 향상으로 인해 CdTe층의 sheet resistance (R<sub>0</sub>)가 감소하고 이는 그림 10에서 나타났듯이 태양전지의 직렬저항 (R<sub>s</sub>)을 감소시켜 충실도 (FF)의 증가를 가져왔다 (그림 4).

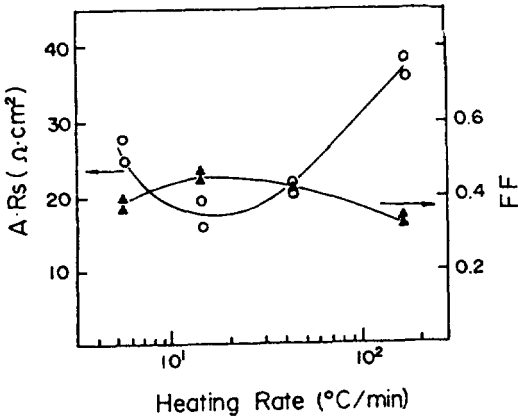


그림 10. (Cd+Te) 막의 승온속도에 따른 CdS/CdTe 태양전지의 직렬저항과 충실도.

Fig.10. Series resistance and fill factor of CdS/CdTe solar cells versus heating rate of (Cd+Te) layers.

#### 4. 결 론

Cd과 Te의 혼합분말에 2wt%의 CdCl<sub>2</sub>를 첨가하여 승온속도를 변화시켜 이때 합성되는 CdTe의 미세구조를 관찰하고 이것이 CdTe 소결막의 미세구조와 CdS/CdTe 태양전지의 특성에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

승온 도중 Cd과 Te이 반응하여 290°C에서부터 400°C 구간에서 CdTe 합성반응이 일어나며 이때 Cd과 Te의 높은 증기압으로 인하여 승온 속도에 따라 합성된 CdTe의 미세구조에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 즉, 승온속도가 느린 경우 Cd과 Te분말이 충분히 반응하여 CdTe를 합성하게 되어 균질하고 치밀한 CdTe막을 형성하는 반면에 승온속도가 빠른 경우에는 충분한 Cd-Te 합성이 일어나기 전에 고온으로 상승되어 이때 높은 증기압으로 인해 미처 반응하지 못한 Cd과 Te의 증발이 일어나게 되어 기공이 많고 불균질

한 CdTe막을 형성하게 되는 것으로 사료된다. 소결이 끝난 후 얻어지는 CdTe 소결막은 승온 도중 형성된 CdTe막과 이후의 CdCl<sub>2</sub> 영향에 의해 입자성장 및 밀집화에 의해 결정되는데 14°C/min의 승온속도에서 이 두가지의 적절한 효과에 의해 가장 밀집된 소결막을 얻을 수 있었다. 따라서 측정된 단락전류도 밀집화가 가장 잘 일어난 소결막 CdTe를 얻은 경우 계면이나 기공에서 p-hotocarrier의 재결합 손실을 줄일 수 있어 최대값을 나타내었다.

Cd과 Te의 혼합분말을 이용하여 용제인 CdCl<sub>2</sub>를 2wt% 첨가하고, 14°C/min의 승온속도로 700°C에서 1시간 소결하여 본 실험에서 얻은 태양전지의 단락전류 개방전압 및 효율의 최대값은 50 mW/cm<sup>2</sup>의 텅스텐 빛에서 각각 13.3 mA/cm<sup>2</sup>, 0.744 V와 9.57% 이었다.

#### 참 고 문 헌

- 1) A.L. Fahrenbruch et al., "II-VI Photovoltaic Heterojunctions for Solar Energy Conversion", *Appl. Phys. Lett.*, **25**, 675-608, (November 1974).
- 2) G.F. Fulop et al., "High-efficiency Electrodeposited Cadmium Telluride Solar Cell", *Appl. Phys. Lett.*, **40**, 326-328, (February 1982).
- 3) B.M. Basol, "High-efficiency Electroplated Heterojunction Solar Cell", *J. Appl. Phys.*, **55**, 601-603, (January 1984).
- 4) Y.S. Tyan et al., "Efficient thin-film CdS/CdTe solar cells", *Proc. 16th IEEE Photovoltaic Spec. Conf.*, 794-800, (1982).
- 5) H. Uda et al., "All screen printed CdS/CdTe Solar cells", *Proc. 16th IEEE Photovoltaic Spec. Conf.*, 801-804, (1982).
- 6) J.S. Lee et al., "Effect of Microstructure of Sintered CdS on the Photovoltaic Properties

- of Polycrystalline CdS/CdTe Solar Cells”, *J. Electrochem. Soc.*, **134**, 1790-1794, (July 1987).
- 7) J.S. Lee et al., “Effects of CdS Film Thickness on the Photovoltaic Properties of Sintered CdS/CdTe Solar Cells”, *J. Electrochem. Soc.*, **134**, 248-251, (January 1987).
- 8) Y.K. Jun and H.B. Im, “Effects of Thickness and Sintering Conditions of CdS Films on the Photovoltaic Properties of CdS/CdTe Solar Cells”, *J. Electrochem. Soc.*, (1987) [to be published].
- 9) H.G. Yang and H.B. Im, “Preparation and Properties of Sintered CdS Films”, *J. Electrochem. Soc.*, **133**, 479-485, (March 1986).