

n-CdS/p-CdTe 태양빛전지의 뒤면옴접촉특성연구

한명욱, 최남철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《최신과학기술에 기초하여 에네르기생산방식을 개선하며 나라의 경제를 에네르기절약형으로 전환하여야 합니다.》《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 47페이지

CdTe를 포함하여 12-16족원소들로 이루어지는 화합물반도체들은 자체보상도가 크기때문에 혼입물첨가방법으로 전기전도도를 변화시키거나 전도형반전을 조종하기 힘들다.[1]

n-CdS/p-CdTe태양빛전지의 뒤면옴접촉특성을 개선하기 위한 여러가지 시도[2, 3]들이 있었으나 아직 해결해야 할 점들이 많다.

우리는 n-CdS/p-CdTe태양빛전지의 뒤면옴접촉특성을 고찰하였다.

1. 이론적기초

옴접촉특성을 평가하는 중요한 인자의 하나는 접촉장벽의 높이 Φ_h 이다.

Φ_h 는 구멍의 페르미준위와 값전자띠사이의 에네르기차이다.

금속반도체접촉리론으로부터 MIS구조 즉 두께가 d_i 이고 유전률이 ϵ_i 인 자연산화물층이 금속과 반도체사이에 있을 때 접촉장벽의 높이는

$$\Phi_h = (\chi + E_{\text{금}} - \Phi_m) \frac{C_i}{C_i - C_{ss}} + \Phi_0 \frac{C_{ss}}{C_i + C_{ss}}. \quad (1)$$

여기서 χ 는 전자친화력 또는 외부방출일, Φ_0 은 열평형상태에서 금속과 반도체의 방출일차, $C_i = \epsilon_i \epsilon / d_i$ 는 자연산화물층의 단위면적당 용량, $C_{ss} = q^2 D_{ss}$ 는 결면상태의 용량, D_{ss} 는 $E_v + \Phi_0$ 과 E_c 준위사이에 존재하는 결면상태밀도이다.

자연산화물층이 존재하지 않거나($d_i \rightarrow 0$ 혹은 $C_i \rightarrow \infty$) 또는 결면상태가 존재하지 않으면($C_{ss} \rightarrow 0$) 다음과 같은 이상적인 식이 얻어진다.

$$\Phi_h = \chi + E_{\text{금}} - \Phi_m \quad (C_i \rightarrow 0 \text{ 이거나 } C_{ss} \rightarrow 0) \quad (2)$$

CdTe의 전자친화력은 $\chi = 4.3 \sim 4.5\text{eV}$ 이다. 장벽높이를 0.5eV보다 작게 하려면 일함수 Φ_m 은 0.5eV를 넘지 말아야 한다.

이러한 조건을 만족시키는 옴접촉재료로는 대체로 값이 대단히 비싼 귀금속물질들이다. 이 물질들에서는

$$\Phi_h = \Phi_0 \quad (3)$$

이다. 대부분 반도체들의 Φ_0 은 금띠의 1/2~1/3사이에 놓인다.

그런데 C의 일함수가 바로 이러한 조건을 만족시키므로 CdTe의 옴접촉물질로 될수 있다. C는 화학적으로 안정하며 그 원천이 대단히 풍부하다.

우리는 CdTe-C전극계를 형성하고 그 특성을 고찰하였다.

2. C전극특성

스크린인쇄법으로 n-CdS/p-CdTe태양빛전지의 전극을 얻기 위하여 먼저 C전극스크린인쇄액을 제조하였다.

인쇄액으로는 34질량%의 흑연분말(5N), 9질량%의 페놀수지, 8질량%의 비닐수지, 49질량%의 용매, 0.001%의 Cu분말로 이루어진 혼합물 5g을 8h동안 혼합분쇄한것을 리용하였다.

그다음 CdTe소결성장박막위에 스크린인쇄법으로 C전극막을 입히고 100°C의 진공건조로에서 건조시켰다.

전극열처리는 진공 또는 400°C의 N₂ 분위기속에서 5min동안 진행하였다.

전극사이의 간격은 4mm, 전극접촉면적은 1cm²로 하였다.

전극접촉저항을 측정하는 원리도는 그림 1과 같다.

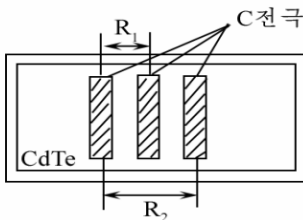


그림 1. 접촉저항측정원리도

그림 1에서와 같은 측정원리도에서는 다음의 식이 성립한다.

$$\begin{cases} 2R_k + R_s = R_1 \\ 2R_k + 2R_s = R_2 \end{cases}$$

여기서 R_k 는 반도체와 전극물질사이의 접촉저항, R_s 는 반도체의 저항을 표시한다.

이로부터 $R_s = R_2 - R_1$, $R_k = (2R_1 - R_2)/2$ 이다.

측정결과 접촉저항은 20Ω/cm²였다. 그런데 태양빛전지의 효율을 높이자면 접촉저항을 10Ω/cm²이하로 떨어야 한다.

따라서 CdTe-C전극계에서 p-p⁺를 형성하기 위하여 C전극에 Cu분말을 첨가하였다.

상온에서 CdTe-C전극계의 전압-전류특성은 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 CdTe-C전극계는 옴접촉특성의 1차적요구조건 즉 전압-전류특성의 선형성을 만족시킨다.

우리는 Cu의 첨가량을 변화시키면서 Cu의 첨가효과를 고찰하였다.

Cu의 첨가량에 따르는 n-CdS/p-CdTe태양빛전지의 전압-전류특성은 그림 3과 같다.

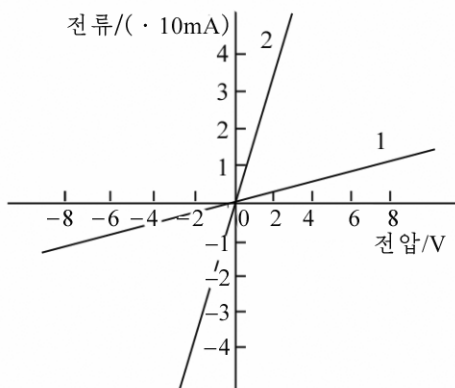


그림 2. CdTe-C전극계의 전압-전류특성(300K)
1-암상태, 2-빛상태

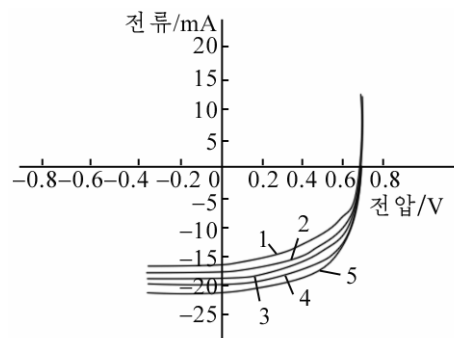


그림 3. Cu의 첨가량에 따르는 n-CdS/p-CdTe 태양빛전지의 전압-전류특성
1-0.001%, 2-0.002%, 3-0.003%, 0.007%,
4-0.004, 0.006%, 5-0.005%

그림 3에서 보는바와 같이 Cu의 첨가량이 0.005%일 때 pn이음으로 흐르는 전류가 최대로 된다. 0.005%이하 또는 그 이상에서는 pn이음으로 흐르는 전류가 감소된다. 그것은 Cu 분말을 첨가하면 p-CdTe층에서 p-p⁺ 층이 형성되면서 접촉장벽이 낮아지는것과 관련된다. 그러므로 C전극형성에서 Cu분말의 첨가는 매우 중요하다.

Cu의 첨가량을 0.005%로 하였을 때 n-CdS/p-CdTe태양빛전지의 효율특성이 제일 좋았다. 즉 AM1의 빛조임에서 $\eta=13.65\%$ 이다.

맺 는 말

CdTe-C전극계의 C전극물질에 첨가하는 Cu의 최적량을 실험적으로 확증하고 첨가량이 0.005%일 때 효율이 제일 높다는것을 확증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 62, 10, 63, 주체105(2016).
- [2] M. R. Ailrashidi et al.; Solar Energy, 85, 1543, 2011.
- [3] K. K. Loi et al.; Compound Semiconductor, 6, 3, 44, 2006.

주체106(2017)년 4월 5일 원고접수

On Characteristics of the Back Surface Ohmic Contact of n-CdS/p-CdTe Solar Cell

Han Myong Uk, Choe Nam Chol

We investigated the back surface ohmic contact property of n-CdS/p-CdTe solar cell. We accomplished ohmic contact with CdTe and experimentally measured ohmic contact property. We determined the optimum quantity of Cu-impurities addition.

Key words: ohmic contact, Cu-impurity, n-CdS/p-CdTe solar cell