

PIN形 非晶質 硅素 太陽電池의 製作 및 特性

(Fabrication and Characteristics of PIN Type Amorphous Silicon Solar Cell)

朴 昌 培*, 吳 相 洸**, 馬 大 泳***, 金 基 完**

(Chang Bae Park, Sang Kwang Oh, Dae Yeong Ma and Ki Wan Kim)

要 約

Silane (SiH_4), methane (CH_4), diborane (B_2H_6) 그리고 phosphine (PH_3)을 이용하여 rf 글로방전분해법으로 PIN형 a-SiC:H/a-Si:H 이중접합 태양전지를 제작하였다. SnO_2 /ITO층 형성시 태양전지의 효율은 ITO 투명전극만의 경우보다 1.5% 향상되었다. 제작조건은 P층의 경우 CH_4 / SiH_4 의 비를 5로 하고 두께는 100Å이었다. I층은 P층 위에 증착하였으나 진성이 아니고 N형에 가깝다. 이 I층을 진성으로 바꾸기 위하여 0.3ppm의 B_2H_6 를 SiH_4 에 혼합하여 5000Å 증착했다. 또한 N층은 PH_3 / SiH_4 의 비를 10⁻²로 하여 400Å 증착시켰다. 그 결과 입사강도가 15mW/cm²일 때 개방전압 $V_{oc}=0.94$ V, 단락전류밀도 $J_{sc}=14.6$ mA/cm², 충전율 FF=58.2%, 그리고 효율 $\eta=8.0\%$ 를 나타내었다. 빛의 반사에 의한 손실을 감소시키기 위하여 MgF_2 를 유리기관위에 도포하였다. 이에 의한 효율은 0.5% 향상되어 전체적인 효율은 8.5%였다.

Abstract

The PIN type a-SiC:H/a-Si:H heterojunction solar cells were fabricated by using the rf glow discharge decomposition of SiH_4 mixed with CH_4 , B_2H_6 and PH_3 . The efficiency of the solar cell of the SnO_2 /ITO was higher than that of ITO transparent oxide layer by 1.5%. The P layer was prepared with the thickness of 100 Å and CH_4 / SiH_4 ratio of 5. The I layer has been deposited on the P layer and it is not pure intrinsic but near N type. So SiH_4 mixed with B_2H_6 of 0.3 ppm was used to change this N type nature to intrinsic having the thickness of 5000 Å. And consecutively, the N layer was deposited with the thickness of 400 Å using SiH_4 / PH_3 mixtures. The solar cell demonstrated 0.94 V of V_{oc} , 14.6 mA/cm of J_{sc} and 58.2% of FF, resulting the efficiency of 8.0%. To minimize loss by the reflection of light, MgF_2 layer was coated on the glass and the efficiency was improved by 0.5%. Therefore, the solar cell indicated overall efficiency of 8.5%.

*正會員, 三星綜合研究所

(Research and Development Center, Samsung Electron Device)

**正會員, 慶北大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)

***正會員, 慶尙大學校 電氣工學科

(Dept. of Electrical Eng., Kyungsang Univ.)

接受日字: 1989年 1月 30日

I. 서 론

1976년 Carlson^[1]등이 글로방전을 이용하여 효율 2.4%의 비정질규소 태양전지를 제작한 이래로 a-Si:H PIN형 태양전지의 성능은 계속적으로 개선되고 있다.^[1~3] 비정질규소로 만든 태양전지는 단결정규소 태양전지에 비해 가시광 영역에서 높은 광흡수계수를 갖기 때문에 박막형 태양전지를 만들 수 있고, 값

싼 기판에 넓은 면적의 제품을 쉽게 만들 수 있으며 제조공정이 간단하여 자동화가 용이하다. 이러한 이유로 a-Si:H 태양전지는 새로운 에너지 변환장치로서 많은 관심의 대상이 되어왔다. a-Si:H PIN형 태양전지는 광전류의 대부분이 I층에서 생긴다. 따라서 a-Si:H 동중접합의 경우보다 P층의 광학적 밴드갭이 크고, 높은 광전도도를 갖는 a-SiC/a-Si:H 이종접합으로 태양전지를 제작하면 더 높은 효율을 얻을 수 있다.¹⁴⁻¹⁶⁾ 또한 PIN형 태양전지의 I층(intrinsic layer)에 미량의 붕소를 균질하게 도핑하거나 경사지게 도핑하여 효율을 높이기도 한다.^{17,18)}

본 연구에서는 태양전지의 효율을 높이기 위해 P층과 I층에 각각 탄소 및 붕소의 첨가량을 변화시키면서 최적조건을 찾도록 하였고 투명도전막의 구조에 따른 특성변화를 조사하여 태양전지의 특성을 개선시켰으며, 유리기판에 반사방지막을 피복하여 광의 이용률을 최대화 하였다.

II. 실험 및 측정

1. 시료제작

기판으로는 두께 1.1mm인 corning 7056 유리를 사용하였으며, 세척순서는 탈이온수에 20여분간 초음파 세척후 TCE, 아세톤 및 메틸알콜속에서 각각 10분간 끓인 다음 N₂가스로 건조시켰다. 이렇게 준비된 기판을 전자선 가열증착기를 이용하여 ITO투명도전막을 형성하였다. 이 증착조건은 표 1에 나타내었다. ITO증착이 끝난 기판은 rf magnetron sputter (미국 CPA model 9950)를 이용하여 Ar분위기에서 SnO₂를 위에 증착하였다. 이의 조건은 표 2에 나타내었다.

이와같이 투명전극을 제작한 후, PECVD(일본 ULvac CPE-6108) 장비로 태양전지를 제작했다. 반응실을 3×10⁻⁶Torr 정도의 진공상태로 유지하고 히터를 가열시켜 기판온도(260°C)가 안정되면 H₂가스로

표 1. ITO 투명도전막 제작조건

Table 1. The fabrication condition of ITO transparent conducting oxide layer.

항 목	제 작 조 건
증 착 율	7Å/sec
산 소 압	1 × 10 ⁻³ Torr
기 판 온 도	300°C
최 중 두 겹	1800Å
기 판 거 리	30cm
초 기 진 공 도	8 × 10 ⁻⁶ Torr

표 2. SnO₂ 투명도전막 제작조건

Table 2. The fabrication condition of SnO₂ transparent conducting oxide layer.

항 목	제 작 조 건
증 착 율	7Å/sec
산 소 압	100mTorr
기 판 온 도	300°C
최 중 두 겹	200Å
기 판 거 리	5.8cm
초 기 진 공 도	4 × 10 ⁻⁷ Torr
RF 출 력	0.6kw

1 Torr분위기압에서 30분간 반응시켰다. 이후 rf를 작동시켜 P층을 증착하였다. 다음 P-I층의 계면을 좋게하고 I층에 탄소나 붕소등 불순물의 혼입을 막기위해 H₂가스로 1Torr하에서 3회정도 반응시킨 후, I층과 N층을 순차적으로 적층한다. 이 때 기판온도는 N층의 제작이 끝날 때까지 일정하게 유지하였다.

그림 1은 본 연구에서 제작된 태양전지의 단면구조를 나타낸 것이다.

그림 2는 PIN형 태양전지의 등가회로, 단면구조 및 밴드 다이어그램을 나타낸 것이다.¹⁹⁾

2. 측정

제작된 박막의 광학적 밴드갭(E_{op})을 측정하기 위해 분광광도계(perkin elmer lambda 5)를 이용하여 가시광 영역에서 투과율을 측정하여 흡수계수와 광

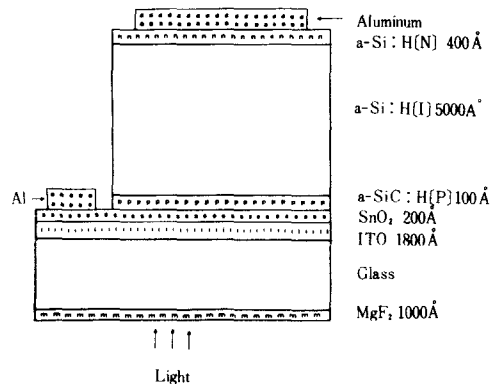


그림 1. PIN형 a-SiC:H/a-Si:H 이종접합 태양전지의 개략도

Fig. 1. Schematic diagram of the PIN type a-SiC:H/a-Si:H heterojunction solar cell.

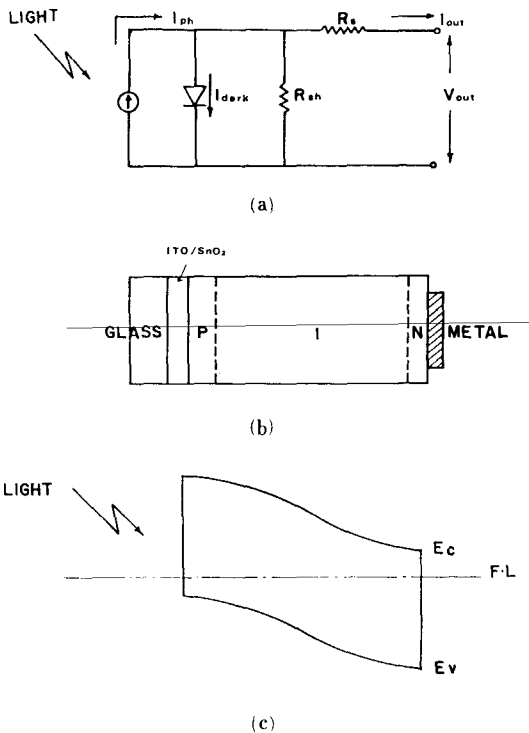


그림 2. PIN형 태양전지의(a) 등가회로, (b) 단면구조 및 (c) 에너지밴드 다이어그램
 Fig. 2. (a) equivalent circuit, (b) cross section and (c) energy band diagram of the PIN type solar cell.

학적 밴드갭을 구하였다. 또한 I-V측정은 Al으로 플래나(planar)형 전극을 형성하여 파라미터 분석기에서 측정하였다. 광전도도의 변화는 텅스텐 할로겐램프를 이용하여 15mW/cm²까지 광세기를 변화시키면서 조사하였다.

a-Si:H 태양전지의 면적을 크게 하면 단락전류 I_{sc}와 충전율 FF의 감소를 가져오는데,^[9] 이는 태양전지의 구조중 a-Si:H층의 불균질성에서 오는 R_s(series resistance)의 증가와 R_{sh}(shunt resistance)의 감소에 기인된다. R_s는 태양전지의 투명전극과 후면전극(Al)의 접촉이나 a-Si:H의 면저항 등에서 생기게 되고, R_{sh}는 태양전지의 가장자리에서 생기는 표면누설과 a-Si:H의 입자경계(grain boundary) 및 미세한 표면의 흠 등에 기인한다. Phang 등^[10,11]은 해석적인 방법으로 1개의 다이오드모델^[10]과 2개의 다이오드모델^[11]에서 R_s 및 R_{sh}를 풀었으나, 여기서는 대략적으로 R_s와 R_{sh}를 측정하여 구하였다. R_s는 암상태에서 순방향

바이어스전압이 내부전위(V_{bi})보다 큰 부분에서 I-V곡선의 기울기로써 구할 수 있다.^[12] 즉

$$R_s = (V - V_{bi}) / I \quad (1)$$

이다. 이 값은 두께 1μm이고 면적 1cm²인 a-Si:H 태양전지에 비해 1KΩ정도이나, 광상태에선 전도성이 커져 저항이 급격히 줄어든다. 광전도도는 빛을 받는 표면으로 부터 거리와 파장에 관계된다. 이때 R_{sh}는

$$R_{sh} = \int \frac{dx}{\sigma_{ph}(\lambda, x)} \sim \frac{L - W_B}{\sigma_{ph}} \quad (2)$$

로 표현된다.^[3] 여기서 L은 PIN층의 두께 그리고 W_B는 공핍층의 폭이다. 따라서 암상태에서의 I-V곡선에서 역방향 바이어스 영역으로 부터 구할 수 있다. 또한 제작된 막에 대하여 X선 회절분석한 결과 비정 질임을 확인하였다.

III. 결과 및 고찰

1. P층의 제작조건에 따른 태양전지의 특성

1) CH₄/SiH₄의 혼합비에 따른 특성 변화

P층이 50Å이하이면 P층전역이 공핍화되어서 충분한 확산전위가 없으므로 V_{oc}가 감소한다. 반면 두꺼울 경우엔 R_s가 커지므로 FF가 감소한다. P층의 밴드갭이 커지면, 광이 P층에 흡수되는율이 감소되어 I층에 흡수가 증가하여 V_{oc}, I_{sc} 및 FF가 증가한다. P층의 밴드갭을 크게 하기 위하여 탄소를 첨가한다는 것은 잘 알려져 있다.^[13] 그러나 붕소가 첨가된 a-Si:H 대신에 탄소가 첨가된 a-SiC:H 박막을 사용한 경우 탄소의 첨가량이 일정량이상되면 탄소가 결합으로 작용하여 직렬저항이 증가하고 FF가 감소한다.^[14~16] 따라서 최적의 P층을 얻기 위해 CH₄/SiH₄비에 따른 조건이 필요하다.

그림 3은 CH₄/SiH₄비를 변화시킬 때, 붕소를 첨가한 a-Si:H 박막의 광학적 밴드갭을 측정할 것이다. 광학적 밴드갭(E_{op})는 E_{PH} vs √α·E_{PH}의 직선성을 이용하여 구하였다.

메탄의 첨가량이 증가할수록 밴드갭은 1.8eV에서 2.2eV까지 증가하였다.

그림 4는 CH₄/SiH₄비에 따른 태양전지의 성능을 나타낸 것이다. CH₄/SiH₄비가 5일 때 최대의 FF를 나타내었다. P층의 광학적 밴드갭이 증가할수록 P층의 광흡수도는 감소되어 I층에 입사하는 광양이 증가된다. 따라서 J_{sc}는 커지게 된다.

표 3은 그림 4에 나타난 시료의 제작조건을 나타낸 것이다.

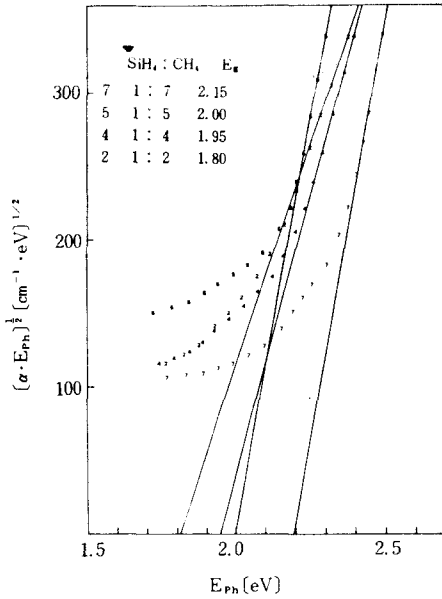


그림 3. CH₄/SiH₄ 비에 따른 P층의 광학적 밴드갭
 Fig. 3. Optical gap of player with the variation of the CH₄/SiH₄ of player fraction.

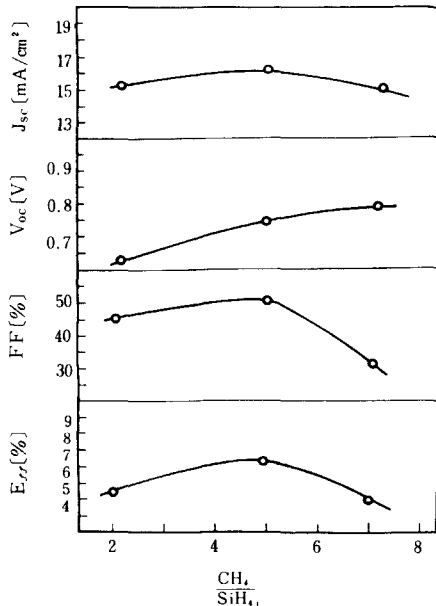


그림 4. CH₄/SiH₄ 비에 따른 P층 태양전지의 성능
 Fig. 4. Solar cell performance of player with the fraction of the CH₄/SiH₄.

표 3. CH₄/SiH₄에 따른 태양전지 제작조건
 Table 3. The fabrication condition for solar cell with the fraction of the CH₄/SiH₄.

	P	I	N
두께	100Å	5000Å	400Å
압력	0.7Torr	0.7Torr	0.7Torr
RF출력밀도	100mW/cm ²	70mW/cm ²	70mW/cm ²
기판 온도	260°C	260°C	260°C
혼합가스비	SiH ₄ :B ₂ H ₆ :CH ₄ 1:0.01:2 1:0.01:5 1:0.01:7	SiH ₄ :H ₂ 1:5	SiH ₄ :PH ₃ 1:0.01
부착율	1.1Å/sec	1.1Å/sec	1.9Å/sec

2) P층의 두께에 따른 특성변화

P층의 두께가 증가하면 직렬저항이 증가하여 FF가 감소하고 두께가 감소하면 P층 전역이 공핍화되어 충분한 확산전위가 없어짐으로 Voc가 감소한다.

그림 5는 CH₄/SiH₄의 비를 5로 하고 P층의 두께에 따른 태양전지의 성능을 나타낸 것이다. P층의 두께가 100Å이하에서는 P-I층 사이에 충분한 장벽이 형성되지 못했기 때문에 P층의 두께증가에 따라 효율이 향상되나 그 이상에서는 P층의 직렬저항이 커지므로 효율이 다시 낮아진다. 따라서 P층을 100Å으로 하였다.

2. 붕소가 첨가되지 않은 I층의 최적두께 결정

I층은 광캐리어의 생성뿐만 아니라 캐리어를 분리시키고, 또한 분리된 캐리어를 내부전계(V_{bi})로 가속하는 역할을 한다. Okamoto¹⁴⁾ 등은 I층의 최적두께를 정공의 확산거리에 따라 0.4~0.7μm임을 보고 했는데, 양질의 a-Si일 수록 확산거리가 크면서 최대의 효율을 갖는 I층의 두께는 두꺼워진다.

그림 6은 P층을 CH₄/SiH₄=5, B₂H₆/SiH₄=0.01로 100Å증착하고 I층을 H₂/SiH₄=5로 3000Å~7000Å까지 변화시켜 제작한 태양전지의 성능을 나타낸 것이다. 이 때 N층은 PH₃/SiH₄=0.01로 하여 400Å 제작하였다. FF는 I층의 두께가 증가함에 따라 감소하는데, I층이 두꺼운 때는 공핍층의 폭이 감소하여 전류가 감소하고, 얇을 때는 감소되는 공핍층의 폭이 두꺼운 시료보다 상대적으로 작기 때문에 FF가 커진다. Voc는 I층의 두께가 3000Å에서 7000Å까지 변할 때 거의 일정하였다. 이것은 P-I층 및 I-N층 사이에 생기는 내부전위가 I층의 두께에 무관하기 때문이다. 그러나 실제로 Voc는 P층에 첨가된 첨가물

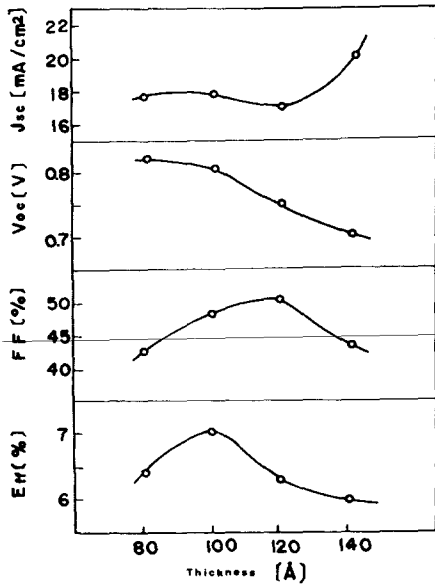


그림 5. P층 두께에 따른 태양전지의 성능
Fig. 5. Solar cell performance with the player thickness.

의 양과 두께 등에 관계된다. J_{sc} 는 I층의 두께가 6000\AA 까지는 광흡수량의 증가에 의해 증가하고 그 이상에서는 I-N접합영역까지 도달하는 빛의 양이 줄어 N층쪽의 광전도도가 감소하여 J_{sc} 는 감소하는 경향을 나타내었다. 그림 6(b)에서 I층의 두께가 두꺼울수록 흡수계수가 작은 장파장전류가 지배적이며 얇을수록 단파장전류가 지배적이다. 따라서 I층의 두께는 5000\AA 정도에서 최대의 효율을 나타내었다.

3. I층내의 붕소첨가량에 따른 특성

H_2/SiH_4 로만 I층을 형성하면 다소 N형에 가깝다. Uchida 등⁷⁾은 미량의 붕소를 첨가하여 거의 진성에 가까운 a-Si:H막을 얻을 수 있다고 했다. 본 실험에서는 SiH_4 (100%)에 B_2H_6 (10ppm in H_2)을 1-10scm으로 하여 I층을 제작하고 태양전지의 성능을 측정했다.

그림 7은 I층제작시 B_2H_6 농도에 따른 태양전지의 성능을 나타낸 것이다. B_2H_6 가 0.3ppm 첨가되었을 때 효율이 최대가 되었다. 이는 N형에서 진성으로 바뀌었기 때문이다. 0.3ppm 이상에서는 금지대의 상태밀도가 커져 효율이 낮아지는 경향을 나타내었다.

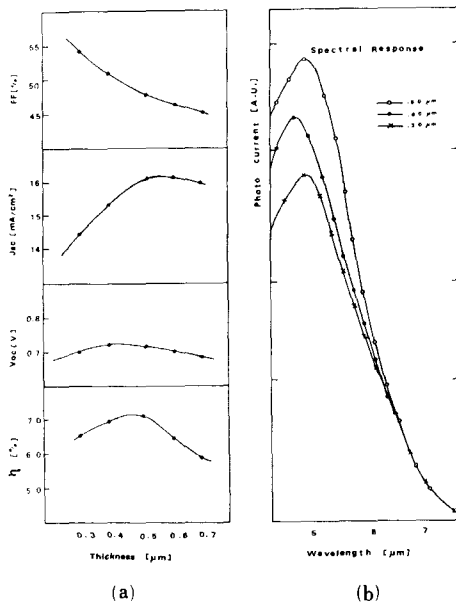


그림 6. I층의 두께에 따른
(a) FF, J_{sc} , V_{oc} , η 및
(b) 분광감도특성

Fig. 6. (a) I-layer thickness dependence of FF, J_{sc} , V_{oc} , η and (b) the spectral response of I-layer with different thickness.

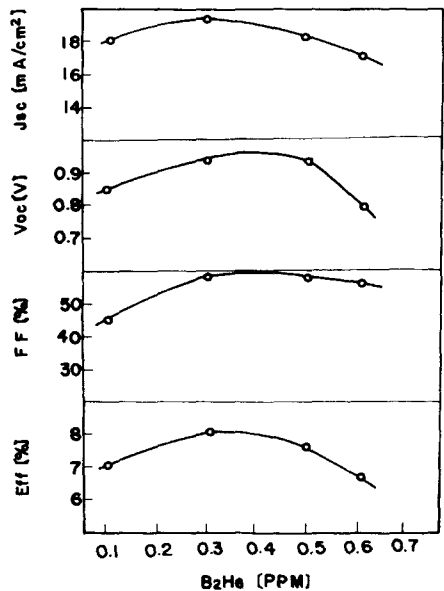


그림 7. I층 제작시 B_2H_6 농도에 따른 PIN형 태양전지의 J_{sc} , V_{oc} , FF 및 E_{ff} 의 변화
Fig. 7. J_{sc} , V_{oc} , FF and E_{ff} of PIN solar cell vs B_2H_6 concentration for I layer fabrication.

4. 투명도전막에 따른 특성변화

글로방전으로 제작된 태양전지의 경우 인듐이 P층 뿐만 아니라 I층까지 침투하여 계면에 재결합중심이 많아진다. 본 실험에서는 ITO의 높은 전도도를 이용하고 인듐이 P층으로 확산하는 것을 방지하기 위해 SnO₂막을 ITO와 P층사이에 형성시켰다.

그림 8은 SnO₂층의 두께에 따른 효율변화를 나타낸 것이다. SnO₂층의 두께가 200Å일 때 가장 좋은 효율을 나타내었다. 200Å이하에서는 인듐의 확산으로 효율이 감소하고, 200Å이상에서는 직렬저항의 증가와 투과율의 감소로 인해 효율이 낮아진다.

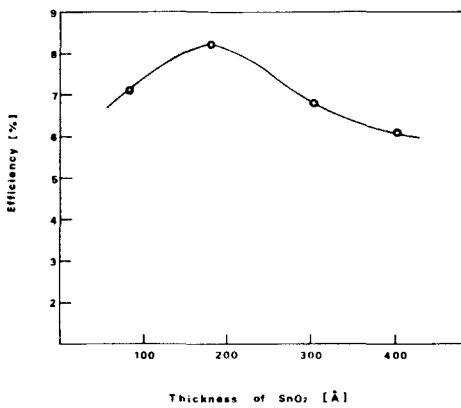


그림 8. ITO 위에 증착된 SnO₂의 두께에 따른 태양전지의 효율 변화

Fig. 8. Efficiency vs thickness of SnO₂ coated on the ITO.

그림 9는 SnO₂층을 ITO와 P층사이에 200Å 형성시킨 태양전지와 ITO만으로 된 태양전지에 대한 경시효과를 나타낸다. SnO₂가 형성된 태양전지가 ITO만으로 된 태양전지에 비해 경시효과에 따른 효율변화가 적어 비교적 높은 신뢰성을 가짐을 알 수 있었다. 이로써 SnO₂에 의한 인듐의 확산억제효과가 잘 증명된다.

5. 반사방지막에 의한 효율개선

본 실험에 사용된 유리기관의 투과율은 92%였다. 100%의 광이 I층내부로 흡수될 때, 효율이 최대가 되므로 유리기관의 투과율은 높이는 것이 필요하다.

그림10은 유리 및 유리위에 단층막의 증착시 유리 표면에서 입사된 광의 반사율을 나타낸 것이다. 반사방지막의 굴절율은 다음식을 만족하도록 하였다.

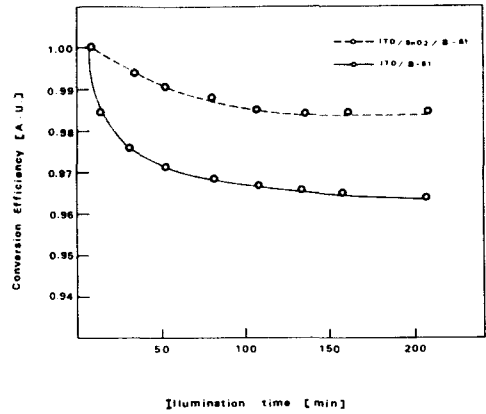


그림 9. 조사시간에 따른 효율 변화

Fig. 9. Conversion efficiency vs illumination time.

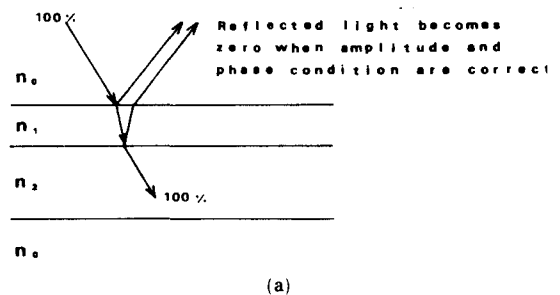
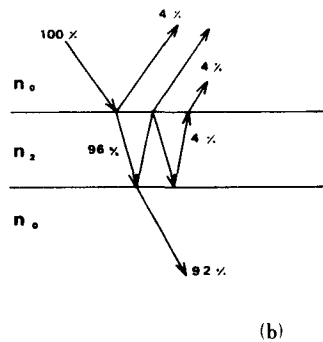


그림10. (a) 유리표면에서 입사된 광의 반사율 (b) 단층막 증착시 유리표면에서 입사된 광의 반사율

Fig.10. (a) Reflection of light incident on a glass surface and (b) on a glass surface coated with a single film.

$$n_1 = \sqrt{n_0 \cdot n_2} \quad (3)$$

여기서 n_1 은 반사방지막의 굴절율, n_2 는 기판의 굴절율이고 n_0 는 공기의 굴절율이다. 식(3)으로부터 두께 1000\AA , $n_1 = 1.38$ 인 MgF_2 에 대해 계산된 결과치와 측정치를 비교하였다.

그림11은 반사방지막의 증착시 반사율의 계산치 및 측정치를 나타낸 것이다. 반사방지막을 사용한 태양전지의 효율은 8.5%로 사용하지 않은 것보다 0.5%의 효율의 증가를 나타내었다.

표 4는 반사방지막의 제조조건을 나타낸 것이다.

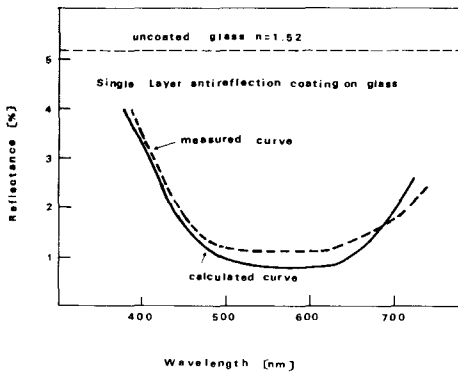


그림11. 반사방지막 증착시 반사율의 계산치 및 측정치

Fig. 11. Measured and calculated curve for the single layer antireflection coating on glass.

표 4. MgF_2 반사방지막 제조조건

Table 4. The fabrication condition for the antireflection layer of MgF_2 .

기판온도	300°C	비 고
소 성 온 도	375°C	열 증착
증 착 율	5 Å/sec	
진 공 도	4×10^{-4} Torr	
막 두께	1000 Å	
굴 절 율	1.38	

V. 결 론

PIN형 태양전지를 제작함에 있어

(1) 광투과율을 높혀 효율을 향상시키기 위해 CH_4

/ SiH_4 비를 5로 두께 100\AA 의 P층을 제작하였다. 진성 I층은 0.3ppm의 B_2H_6 를 첨가하여 5000\AA 증착하였다. 그리고 N층은 400\AA 증착하였다.

(2) 인듐이 P층내부로 확산하는 것을 방지하기 위해 ITO층과 P층사이에 200\AA 의 SnO_2 층을 형성하였다. 이렇게 제작된 태양전지는 $V_{oc} = 0.94$ (v), $J_{sc} = 14.6$ mA/cm^2 , $FF = 58.2\%$, 그리고 $\eta = 8.0\%$ 를 나타내었다.

(3) 기판에 반사되는 광의 세기를 줄이기 위하여 1000\AA 의 MgF_2 막을 형성한 결과 효율이 0.5% 증가된 8.5%의 효율을 나타내었다.

参 考 文 献

- [1] D.E. Carlson and C.R. Wronski, "Amorphous silicon solar cell," *J. Appl. Phys. Lett.*, vol. 28, p. 671, 1976.
- [2] D.H. Shin, C. Lee, S.K. Min and J. Jang, "Fabrication and characterization of hydrogenated amorphous silicon solar cell deposited by glow discharge decomposition," *New Physics*, vol. 23, p. 73, 1983.
- [3] Y. Hamakawa and H. Okamoto, *Amorphous semiconductor Technologies & Devices*, North-Holland, p. 200, 1984.
- [4] H. Okamoto, Y. Nitta and Y. Hamakawa, *Solar Energy Materials*, vol. 2, p. 313, 1980.
- [5] J. Chevallier, H.W. Wider, A. Onton and C.R. Guarnieri, "Optical properties of amorphous $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}(\text{H})$ alloys prepared by r.f. glow discharge," *Solid State Comm.*, vol. 24, p. 861, 1977.
- [6] A. Caltalano, *Conf. Record of 16th IEEE Photovoltaic Specialist Conf.*, p. 1421, 1982.
- [7] H. Haraki, H. Sasaki, M. Kamyama and Y. Uchida, "Effect of boron doping and its profile on characteristics of PIN a-Si:H solar cells," *Solar Energy Materials*, vol. 8, p. 441, 1983.
- [8] P. Sihnugrist, M. Kumada, M. Konagai, K. Takahashi and K. Komori, *Proc. 10th Int. Conf on Amorphous and Liquid Semiconductor*, Toyko, 1983.
- [9] H.J. Hovel, *Semiconductors and Semimetals* vol. 11. Academic Press New York, 1975.
- [10] J.C.H. Phang, D.S.H. Chan and J.R. Philips, "Accurate analytical method for the extraction of solar cell model parameter," *Electronic Letters*, vol. 20, p. 406, 1984.

[11] D.S.H. Chan, J.C.H. Phang, J.R. Philips and M.S. Loong, *Technical Digest of 1st Int. Photovoltaic Sci. and Eng. Conference*, p. 151, 1984.

[12] A. Goodman, *Surface Science* 1, p. 5, 1964.

[13] h. Schade and Z. Smith, "Optical properties and quantum efficiency of a-Si:C :H/a-Si:H solar cells," *J. Appl. Phys.*, vol. 57, no 2, p. 568, 1985.

[14] Y. Tawada, K. Tsuge, M. Konde, H. Okamoto and Y. Hamakawa, "Properties and structure of a-Si:H for high efficiency a-Si solar cell," *J. Appl. Phys.*, vol. 53, p. 5273, 1982.

[15] D.A. Anderson and W.E. Spear, "Electrical and optical properties of amorphous silicon carbide, silicon nitride and germanium carbide prepared by the glow discharge technique," *Phil. Mag.*, vol. 35, p. 1, 1977.

[16] R.S. Sussmann and R. Ogden, "Photoluminescence and optical properties of plasma deposited amorphous Si_xC_{1-x} alloys," *Phil. Mag.*, vol. 44, p. 137, 1981. *

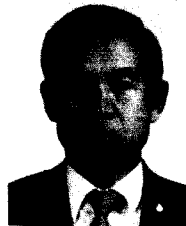
著 者 紹 介



朴 昌 培 (正會員)

1977年 2月 부산대학교 전자공학과 졸업. 1988年 8月 경북대학교 산업대학원 졸업. 1977年 1月 ~ 현재 삼성전관(주) 근무(종합연구소 부장). 주관심분야는 display device, 박막기술 및 진공기술분야

등임.



金 基 完 (正會員)

1935年 12月 1日生. 1959年 2月 연세대학교 물리학과 졸업. 1961年 2月 연세대학교 대학원 졸업. 1978年 8月 ~ 1979年 8月 Imperial college of S&T. 1983年 8月 부산대학교 대학원 이학박사. 1974

年 ~ 현재 경북대학교 전자공학과 교수. 주관심분야는 박막소자, TFEL Solar Cell 등임.



吳 相 洸 (正會員)

1963年 1月 16日生. 1984年 8月 경북대학교 졸업. 1987年 2月 경북대학교 대학원 전자공학과 석사 학위 취득. 1987年 8月 ~ 1988年 2月 군복무. 1987年 ~ 현재 동대

학원 박사과정. 주관심분야는 진공기술 및 이중접합 디바이스 등임.

馬 大 泳 (正會員) 第26卷 第6號 參照

현재 경상대학교 전기공학과 조교수