

薄膜 光電에너지 變換素子の 開發에 關한 研究

논문
25~5~2

A Study of Fabrication Techniques of Thin Film Photo-Electric Energy Conversion Elements

成 英 權* · 閔 南 基** · 成 萬 永** · 金 承 培**

(Yung Kwon Sung, Nam Ki Min, Man Yung Sung, Seung Bae Kim)

Abstract

Among various types of photo-electric energy conversion element which can transfer solar energy into electric energy through the photo voltaic effect, Si solar cells were investigated on photo-electric characteristics, improvements of its efficiency and economical evaluation for its production cost.

To study the above subjects, we decided best conditions on fabricating of thin film Si solar cell by epitaxial growth and knew that the thin solar cell by epitaxial growth was more efficient than that by diffusion process.

And also higher photo voltaic output was obtained as a effect of SiO as antireflection coating by several methods, i.e. vacuum evaporating techniques of electrode to decrease the contact resistance and to form best ohmic contact, and concentration techniques of sun's ray by lenz or both-sided illumination through special structure for reflection using mirrors.

1. 序 論

半導體를 이용한 太陽電池는 1954年 Chapin등⁽¹⁾에 의해 效率 5%의 것이 試作된 이래 급진적인 발전을 거듭하였으며, 人工 위성 및 送配電이 곤란한 壁地의 電源, 無人 등대, 無線 중계국 등으로 널리 이용되기에 이르렀다.

특히 오늘날 環境汚染 등의 문제가 심각히 대두되고, 最近의 에너지 危機 이후 종래 에너지源의 有限성이 인식됨에 따라 無公害이며 無限한 動力源인 太陽光을 이용한 太陽電池에 관한 관심은 더욱 高潮되고 있다.

그러나 가장 널리 이용되고 있는 Si 太陽電池의 경우 현재 그 效率이 14.2%로서 理論限界值인 21.0%⁽²⁾에 미치지 못하고 있으며 高價이고 大氣의 변화로 인한 심한 영향을 받는 큰 問題點을 內包하고 있다.

이들 중 大氣의 영향은 太陽을 光源으로 하는 太陽電池의 경우 해결하기 곤란한 문제이므로 效率向上과 生産價格引下를 위한 改善策이 先進各國에서 重點적으로 研究되고 있는 實情이며 이에 대한 對策으로 多重層形成⁽³⁾ 및 異種接合, 反射防止膜 및 ohmic contact의 材料改善⁽⁴⁾ 등에 의한 效率向上과 太陽集光과 單結

晶製作 技術改善⁽⁵⁾ 및 새로운 半導體材料의 太陽電池 개발 등에 의한 生産價格引下 등의 研究가 활발히 進行되고 있다.

그러나 이것만의 最適條件으로서는 太陽電池의 變換 效率을 높이지 못하며 그 외에 性能 向上策에는 다음 사항이 고려되어야 한다.

① substrate 저항 및 電極接觸 등에 의한 直列抵抗을 감소시키고 발생된 電子-正孔쌍의 축적효율 증대 및 高純度化를 위한 太陽電池의 薄膜化 및 ohmic contact 材料의 改善

② 光電變換效率을 높이기 위한 반도체 材料의 증착 化.

③ 屈折率이 적은 無反射性의 反射 防止膜의 改善 이상의 고려해야 할 性能 向上策을 검토하기 위한 여러 實驗중 우리는 太陽電池의 薄膜化를 시도하였다. 即 Epitaxial 氣相成長法과 蒸着法으로 Si 太陽電池를 제작하여 두 方法에 의한 薄膜化의 最適條件과 그 光電特性을 고찰하여 아울러 렌즈에 의한 集光과 兩面成長層 形成 및 反射器 構造로 同一面積, 同一量에 대한 出力電力 增大를 試圖하였기에 그 結果를 報告하는 바이다.

2. 實驗裝置 및 方法

本 實驗에서 사용된 Si基板은 Boron이 $2 \times 10^{16} [cm^{-3}]$

* 正會員: 高大理工大學 電氣工學科教授 · 工博

** " : " 大學院 電氣工學科

接受日字: 1976年 6月 10日

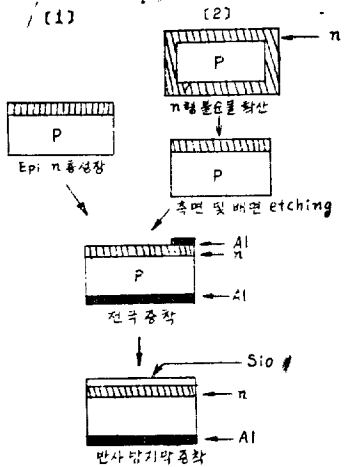


그림 1. Si 태양電池 工程 過程
Fig. 1. Process in fabrication of Si solar cell.

정도 doping된 比抵抗 $1[\Omega\cdot\text{cm}]$ 의 P형이었으며 結晶面 $\langle 111 \rangle$, 直徑 $27\text{mm}\phi$ 두께 $8\text{mil} (=200\mu)$, 表面의 etch pit密度 $0.5 \times 10^3 [\text{cm}^{-2}]$ 이하로서 Czochralski 方法에 의해 만들어진 日本 Chisso제품이었다. 여기서 傳導型이 P형인 基板을 택한 이유는 P/N보다 N/P가 効率面에서는 큰 차이가 없으나 radiation damage⁽⁸⁾가 적고 不純物의 doping이 용이하기 때문이다.

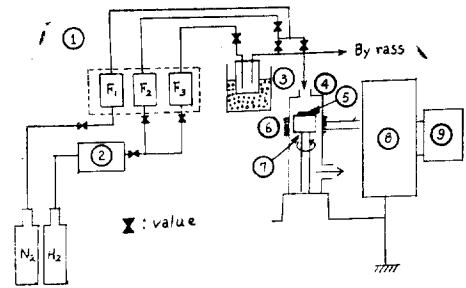
Si 태양電池의 제작은 (1) Epitaxial氣相成長에 의한 N형 Epitaxial層 成長 (2) 基板에의 N형 不純物擴散 (3) Si의 斜方向 蒸着에 의한 薄膜 등 세형태로 만들어 졌으며 그 工程過程은 그림 1과 같다.

2.1 Epitaxial 氣相成長 實驗

Epitaxial 成長法에는 氣相, 液相 및 최근의 分子線 (molecular beam)⁽⁹⁾ 成長法이 있으나 本實驗에서는 그림 2의 實驗裝置를 이용하여 SiCl_4 의 수소還元法에 의해 Si 薄膜을 형성하였다.

그 過程은 鏡面처리된 wafer를 Trichloroethylene → acetone → d.i. water → HNO_3 → $\text{HF}(10:1)$ → d.i. water의 順으로 cleaning 하여 高周波 反應管爐(4KW, 10MHz)에 넣은 후 질소개스 purging을 20分間(流量: $0.5\text{l}/\text{min}$) 하였으며 수소개스 purging을 1時間(流量: $1\text{l}/\text{min}$) 이상 함으로서 反應管內를 충분히 수소 霧圍氣로 만든 다음 PID controller에 의한 自動溫度調節과 optical pyrometer에 의한 측정으로 溫度를 上昇시키고 成長 以前에 1200°C 의 수소 霧圍氣에서 20分間 annealing⁽¹⁰⁾ 한 후 SiCl_4 와 H_2 를 混入시켜 1分間 vapor etching 후 成長하였다.

N형 epi층 成長時에는 $\text{PCl}_3(99.99\%)$ 를 dopant로 하여 SiCl_4 와 P/Si atomic ratio가 10^{-5} 의도도록 섞어서



① gas controller ⑥ R.F. Coil
② pd film purifier ⑦ Pedestal (Carbon)
③ Evaporator ⑧ 4KW H.F. Generator
④ Reaction chamber ⑨ PID controller
⑤ Substrate

그림 2. Epitaxial 氣相成長 실험 장치
Fig. 2. The experimental apparatus of epitaxial growing

成長시켰으며 이레의 evaporator는 얼음과 alcohol을 섞은 보온병에 넣어 온도(-13°C)를 조절하므로써 40mmHg 정도의 일정 증기압을 유지하였으며 수소 流量 $0.75\text{l}/\text{min}$, 成長溫度 1150°C 에서 $0.5\mu/\text{min}$ 의 成長速度를 얻었다. 成長層의 두께가 1μ 이 될 수 있도록 2~3分 成長시킨 후 SiCl_4 의 流入을 막고 成長溫度를 그대로 유지하면서 5分間 post baking한 후 溫度를 서서히 低下시켜 질소개스를 보내면서 약 10分間 기다린 후 基板溫度 60°C 內外에서 wafer를 꺼내었다.

수소는 백금-파라디움膜을 이용한 수소 精化裝置로 99.999%의 高純度로 精製시켜 사용하였으며 질소개스는 國產(99%)을 그대로 사용하였다.

成長層의 두께測定은 travelling meter와 偏光 현미경 및 angle lapping方法⁽¹¹⁾으로 測定하였으며 比抵抗은 4탐침법에 의해 測定하였다. 또 Si의 傳導型은 PN-checker로 判別하였다.

2.2 擴 散

P형 基板에 N형 不純物을 擴散시키기 위하여 그림 3의 擴散爐(100V, 5KVA)를 사용하여 開管法에 의해 實驗하였다.

PID controller에 의한 自動溫度調節과 thermo couple에 의한 溫度測定으로 $1100^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$ 로 加熱된

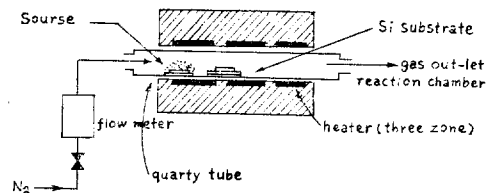


그림 3. 擴散 실험 장치도
Fig. 3. Blockdiagram of diffusion process.

擴散爐 中央部分(±5cm)에 cleaning된 基板을 石英 boat에 얹어서 넣고 不透明 石英접시에 不純物源을 담아 微量의 질소가스를 流入시키면서 300°C로 가열하여 一定濃度を 유지하고 3時間 擴散함으로써 깊이 1 μ 의 擴散層을 얻었다.

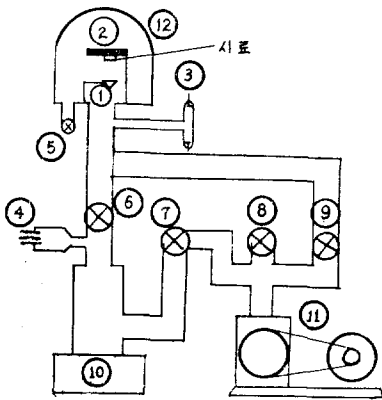
실험에 사용된 不純物源은 P₂O₅(99.9%)였으며 이와 같은 擴散過程에서 表面에 生成된 酸化膜은 NH₄F : HF=100 : 12 溶液으로 etching하여 제거시켰다.

2.3 Si의 斜方向 蒸着에 의한 薄膜製作

實驗에 사용한 蒸着裝置는 그림 4와 같다. 熱電子 放出을 용이하게 하기 위하여 Cathode로서 Th-W선을 사용하고 cathode와 substrate間에 놓인 차폐판은 W선에서 蒸發우려가 있는 Th 또는 W가 蒸着面에 오염됨을 방지하기 위한 것이다. 試料 Si는 N형 10[Ω .cm] 정도로 직경 2[cm] 環棒을 사용하여 pyrex유리판의 substrate아래에 角度 $\theta \approx 60^\circ$ 로 두어 이것에 약 2[KV] 직류전압을 인가해서 熱電子 電流 35[mA]內外로서 先端을 용융시켰다. 蒸着 중 Si봉의 先端에는 약 2[mm]의 半球狀 용융 Si이 表面張力에 의해 안정하게 유지된다. 또 蒸着膜 두께의 控制에는 蒸着源과 substrate와의 距離를 변화시킴으로써 이루어지며 약 5[cm] 거리로 약 2[$\text{\AA}/\text{sec}$] 정도의 蒸着速度였다. 유리판 溫度는 300°C로서 最終 膜두께는 4~5 μ 로 蒸着했다.

2.4 電極附着

Epitaxial 氣相成長, 擴散



- ① filament & source
- ② substrate
- ③ Geissler tube
- ④ Forgel tube
- ⑤ Bell jar lea' valve
- ⑥ High vacuum valve
- ⑦ Fore vacuum valve
- ⑧ rotary pump leak valve
- ⑨ bypass valve
- ⑩ diffusion pump
- ⑪ rotary pump
- ⑫ Bell jar

그림 4. (a) 眞空蒸着裝置圖

Fig.4. (a) Apparatus of vacuum evaporator.

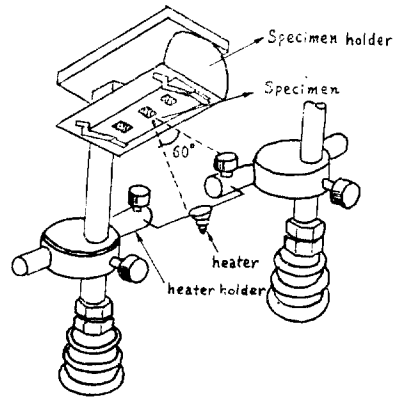


그림 4. (b) 蒸着源과 시료와의 배치(bell jar내)
Fig. 4 (b) Arrangements of evaporating source and specimens (in bell jar)

및 斜方向 蒸着에 의해 PN접합이 形成된 試料는 銅板으로 차폐한 뒤 그림 4와 같은 眞空蒸着裝置를 사용하여 필요한 부분에 電極을 附着시켰다.

이때 擴散에 의해 形成된 PN접합은 Si etching液 (HNO₃ : HF : CH₃COOH=5 : 3 : 3)에 담그어 側面 및 背面 etching하였으며 表面은 wax를 발라 보호하였다.

蒸着은 bell jar內를 rotary pump로 10⁻³ mmHg의 眞空狀態에 이르게 한 후 oil diffusion pump로 1.6×10⁻⁵mmHg의 高眞空으로 단든 다음 나사형 텅스텐 필라멘트에 蒸着源인 Al(99.9%)을 놓고 溶融시켜 蒸着하였다.

이때의 基板溫度는 100°C 정도로 가열하였으며 眞空度는 10⁻³mmHg까지는 Geissler tube를, 그 以上の 高眞空은 電離眞空計(ionization vacuum gauge)를 사용하여 測定하므로써 1.6×10⁻⁵mmHg임을 확인하였다 蒸着된 試料는 450°C에서 5分間 가열후 急冷시켜 合金化(alloying)하여 接觸抵抗을 감소시켰다.

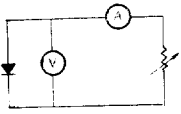
이때 擴散係수가 큰 Al이 薄膜層에 浸透하므로써 생기는 pin-hole현상을 막기 위해 合金化의 溫度를 共融點보다 낮게 택하였으며 가열시간도 짧게하였다.

2.5 反射防止膜 被覆

太陽光의 表面反射에 의한 損失을 防止하기 위한 高純度 SiO(99.9%)를 그림 4의 眞空蒸着裝置를 사용하여 蒸着시킴으로써 反射防止膜을 形成하였다. 이때의 眞空度는 2×10⁻⁵mmHg였으며 1200°C에서 4~5分間 蒸着시켜 두께 0.1~0.2 μ 의 SiO膜을 얻었다.

2.6 測定方法

제작된 太陽電池는 低抵抗 電流計, 高抵抗 電壓計, 可變抵抗器 등을 그림 5와 같이 太陽電池에 접속하고 抵抗을 0[Ω]에서 100[K Ω]까지 變化시킴으로써 電壓 電流特性曲線(7)을 얻었다.



- Ⓐ : D.C. milliammeter
- Ⓥ : D.C. Volt meter
- R : variable resistor
- D : 太陽 電池

그림 5. 太陽電池의 電壓-電流特性 測定回路
Fig. 5. Measuring circuits for V-I characteristics of solar cell.

또 太陽電池의 直列抵抗 R,는 illuminated curve method⁽¹²⁾에 의해 測定되었다.

即 照도를 달리하였을 때 同一 太陽電池의 두 電壓-電流 特性曲線에서 短絡電流의 差 ΔI_{sc} 와 出力電壓의 差 ΔV 는 그림 6과 같이 $\Delta V = I_{sc} \cdot R_s$ 인 관계가 있으므로 $R_s = \Delta V / \Delta I_{sc}$ 의 식으로부터 쉽게 구할 수 있다.

本 實驗에서 제작된 太陽電池는 위의 方法으로 測定한 結果 $\Delta I_{sc} = 10 \times 10^{-3} [A]$, $\Delta V = 0.004 [V]$ 로서 $R_s = 2.3 [\Omega \cdot cm]$ 였다.

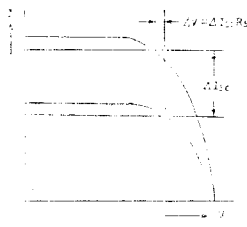


Fig. 6. Illuminated curve method

3. 實驗結果 및 考察

3.1 Epitaxial 氣相成長의 成長條件과 그 結果

2.1節에서 既述한 方法으로 試料을 제작하되 특히 表面의 平滑化⁽¹³⁾에 主眼을 두었다.

即 $SiCl_4/H_2$ 의 mole比 및 流速을 변화시켜 基板을 vapor etching⁽¹⁴⁾하므로써 깨끗하고 平坦한 表面을

(a)		(b)		(c)	
시료 상태	etch pit수	vapor etch~Epi 시간 간격	etch pit수	vapor etch시간	etch pit수
vapor etch 후 Epi 성장	4×10^3 개/cm ²	1분	2.4×10^3 개/cm ²	1분	2.4×10^3 개/cm ²
vapor etch 않은 epi 성장	8×10^3 개/cm ²	5"	2.6×10^3 "	3"	3.6×10^3 "
		10"	2.9×10^3 "	5"	7×10^3 "
		20"	3.0×10^3 "		

露出示킨 뒤 즉시 Epitaxial成長 시킴과 동시에 基板을 回轉시킴으로서 成長層의 均一性을 기했다. 그 結果 表 1(a)에 나타낸 바와 같이 etch pit밀도를 半으로 줄일 수 있었으며 이때의 積層缺陷도 거의 없앨 수 있었다. 또 表 1(b), (c)에서와 같이 vapor etching 후 成長까지의 間격을 길게 할수록 etch pit의 數가 증가하였으며 vapor etching의 時間을 길게하여도 etch pit의 數는 증가함을 알 수 있었다.

따라서 vapor etching은 1分정도가 成長시킬 最適條件으로 볼 수 있다.

그림 7은 成長速度와 etching速度의 mole比 依存性을 나타낸 것으로 mole比의 증가에 따라 成長速度도 증가하나 mole比가 더욱 증가하여 0.28이상이면 etching 현상이 일어남을 나타낸다.

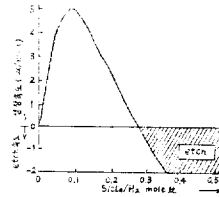


그림 7. 성장 및 etching속도와 mole比의 관계
Fig. 7. Growth and etching rate as a function of $SiCl_4$ concentration.

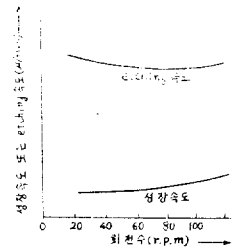


그림 8. 회전수와 성장속도 및 etching속도의 관계
Fig. 8. Effect of pedestal's rotating rate on growing and etching velocity.

또 그림 8은 成長速度 및 etching速度의 回轉數依存性을 나타낸 것으로서 成長速度와 etching速度는 回轉數에는 依存하지 않으며 다만 成長層의 均一性에 기여함을 나타낸다.

그런데 上述한 바와 같이 vapor etching→Epitaxial成長의 過程을 거친 結晶은 etch pit가 적고 積層缺陷이 거의 없는 양호한 成長層을 나타내는 것은 vapor에 의해 結晶成長에 필요한 micro的인 step 및 kink가 많이 생긴 表面이 平坦해지고 表面의 不純物 原子가 제거되기 때문에 Epitaxial成長時 化學反應에 의해 생

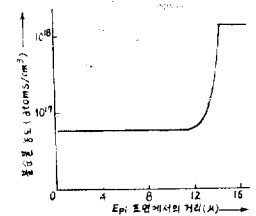


그림 9. Epi 성장층의 不純物 濃度分布
Fig. 9. The distribution of impurity concentrations in epitaxial layer.

진 Si 원자가 基板表面의 Si 원자와 正規의 結合을 이루기 쉬워 양호한 成長이 行해진다고 생각된다.

한편 成長層內의 不純物濃度分布도 PN接合제작과 더불어 그림 9에서 보는 바와 같이 基板과 epi 層間의 intermediate 영역이 1 μ 정도로 auto doping 및 diffusion tail이 거의 없는 step junction에 가까워 不純物濃度分布가 잘 制御된 device 製作에 유리한 一方案을 제시하게 되었다.

이때의 濃度分布는 1°인 角度研磨(3000mesh)面上에 W探針을 微小거리 이동시켜서 各點에서의 降服電壓을 測定해서 구하였으며 P/Si atomic ratio를 10⁻⁵ 정도로 함으로서 成長層의 比抵抗은 基板의 傳導型에 약간 좌우되나 0.1[$\Omega \cdot \text{cm}$] 정도였으며 不純物 濃度는 약 8 $\times 10^{17}$ [cm^{-3}]이었다.

上述한 Epi層 위에 다시 SiCl₄에 대한 mole比가 10⁻⁷로서 같은 Epitaxial成長法으로 PN接合을 形成시켜 照射된 光量子가 거의 接合에 달하게끔 表面 P형층을 1~2 μ 로 아주 얇게 成長시켜 P,N층 각각에 Ni蒸着으로 ohmic contact를 부착시켜 lead線을 融着시켰다.

3.2 Epitaxial薄膜 및 蒸着薄膜 太陽電池의 特性

그림 10은 前述한 實驗方法으로 만들어진 Epitaxial, 蒸着 및 擴散에 의한 太陽電池의 電壓—電流 特性曲線으로서 11月 중순의 淸명한 날을 택하여 정오부터 오후 1시 사이에 測定한 結果이다.

Epitaxial법에 의한 경우 開放電壓 $V_{oc}=0.58$ [V], 短絡電流 $I_s=112$ [mA], 最大出力 $P_m=6.94$ [mW/cm²], 擴散의 경우 $V_{oc}=0.575$ [V] $I_{sc}=109$ [mA], $P_m=6.76$ [mW/cm²]였으며 蒸着의 경우 $V_{oc}=0.9$ [V], $I_{sc}=160$ [mA]로 가장 크며 그 出力效率는 각각 11.3%, 11%, 19%였다. 이때 太陽電池의 受光面積은 5.725 [cm²]였으며 太陽에너지는 季節과 日氣 및 日照時間에 따라 變化하나 북위 37.5°에서의 수직상의 太陽에너지는 100 [mW/cm²] (15)로 하여 100 $\times \cos(\text{위도} + 15.6^\circ) \approx 61.6$ [mW/cm²]로 換算하였다.

그런데 上記한 實測에서 Epitaxial의 경우가 擴散의 경우보다 약간 높은 效率를 나타내는 것은 擴散法에 의한 것보다 Epitaxial에 의한 薄膜인 경우 3.1節에서

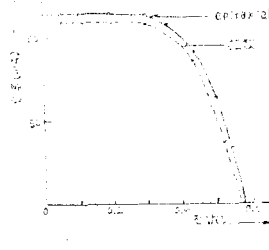


그림 10. Epi와 擴散에 의한 V—I 특성
Fig. 10. V—I characteristics of various epitaxial growth and diffusion process in solar cell.

既述한 vapor etching에 의한 格子缺陷 生成억제작용으로 보다 淸淨化됨에 따른 過剩電荷의 表面再結合減少와 doping의 高度化로 薄膜으로 因래 PN接合 근처에서의 光吸收가 용이케 되어 따라서 光起電力에 기여하는 確率이 약간 높아지기 때문이라고 생각된다.

한편 蒸着에 의한 것이 出力이나 效率가 가장 높게 나왔으나 이것은 蒸着膜 自體가 格子缺陷이 간여한 것으로 간주되는 傳導型 P형을 이룰을 더하여 볼 때 다음과 같이 解析된다.

即 基板 위에 처음에는 섬상(island type)으로 부착된 結晶이 斜方向에서의 蒸着으로 非對稱으로 成長하여 吸着개스 效果和 더불어 結晶粒界에 PN接合形을 이루어 이들이 直列로 되어 蒸着膜 自體가 갖는 여러 格子缺陷 등이 充分한 光吸收를 도모케 하여 빛의 透過를 억제하기 때문에 비교적 高出力電壓과 高效率를 나타내는 것 같다.

그러나 蒸着膜 自體가 갖는 格子缺陷이나 表面 등의 酸化로 起因되는 듯하는 經時變化가 현저하게 나타나 첫 實測 후 再次 實測結果는 현저하게 出力이나 效率가 低下되어 安定性이 缺如되기 때문에 앞으로의 研究課題로 追後에 더루기로 했다.

3.3 反射防止膜 被覆時의 特性

그림 11은 SiO₂反射防止膜을 입힌 경우와 입히지 않은 경우의 薄膜 太陽電池의 電壓—電流 特性曲線이다. 그림에서 보는 바와 같이 反射防止膜을 입힌 경우는 그 效率가 11.3%인데 反해 입히지 않는 경우는 8.1%로 表面層 反射效果를 如實히 나타내고 이다 一般的으로 太陽電池의 反射係數는 $R = (\gamma - 1)^2 / (\gamma + 1)^2$ 으로 나타내며 여기서 γ 는 물질의 屈折率로서 $\gamma=3.6$ 인 Si의 경우 $R=0.3$ 이므로 30%의 反射損失을 招來하게 된다.

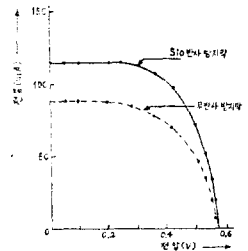


그림 11. SiO₂반사방지막 피복시 V—I 특성
Fig. 11. V—I characteristics for coated antireflecting SiO₂ solar cells.

따라서 $R = (\gamma - n)^2 / (\gamma + n)^2$ 의 식에서 $R=0$ 를 만족할 수 있는 屈折率 n 의 材料를 선택해야 할 필요가 있다. SiO를 사용할 경우 5000Å의 두께에서 $n=1.9$ 이므로 위의 조건을 만족한다.

그러나 그림 12에 나타낸 바와 같이 反射率은 入射光의 波長에 따라 달라지므로 SiO의 경우에도 약 3%의 反射損失을 가지게 된다.

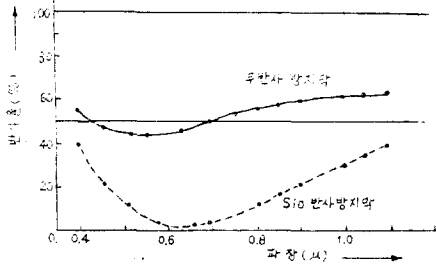


그림 12. SiO 반사방지막에 의한 반사 특성
Fig. 12. Reflection characteristics of coated SiO antireflections.

3.4 集光 및 兩面成長層 成長時의 特性

그림 13은 薄膜太陽電池에 백열등을 照射하여 照도를 변화할 때의 電壓—電流 特性曲線이다. 여기에서 照도는 세케니움(Se) lux-meter를 사용하여 測定하였다. 照度單位는 [lux]=[lumen/m²]으로서 單位面積當의 光速을 나타내므로 單位面積當의 輻射束 즉 入射光의 에너지에 비례해서 I_{sc}가 증가하고 太陽電池의 出力도 증가함을 알 수 있다.

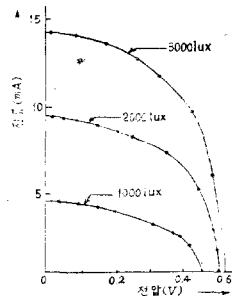


그림 13. 照度變化에 의한 V—I 특성
Fig. 13. V—I characteristics for various illuminations.

따라서 同一面積으로 보다 높은 出力을 얻기 위한 一方案인 렌즈에 의한 集光時의 電壓—電流 特性을 測定한 결과 그림 14 ①의 曲線을 얻었다.

이때 렌즈는 直徑 50mmφ의 크기로서 太陽電池의 上面에 설치하여 受光面에만 集光된 빛이 照射될 수 있도록 거리를 고정시켰다. 따라서 直徑 27mmφ 太陽電池에 入射하는 光量子數는 렌즈설치 以前의 3.4배로 증가하여 그 出力도 3倍以上 증가할 것으로 기대하였으나 實測結果 出力은 약 1.6배 증가에 不過했다.

이러한 결과는 렌즈의 屈折率이 대단히 커서 表面에

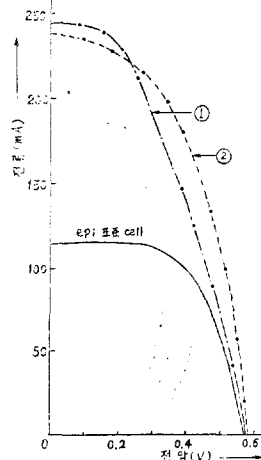


그림 14. 집광 및 양면 epi에 의한 V—I 특성
Fig. 14. The effect of concentrating sun's ray and both-sided epitaxial growth in solar cell for V—I characteristics.

서의 反射損失의 증가에 起因하는 것 같다.

또 基板의 兩面에 그림 15와 같이 成長層을 形成하고 거울을 幾何學的으로 비스듬히 設置하여 兩面에 빛이 照射되도록 함으로서 同一 Si量으로서 보다 높은 出力을 얻을 수 있는 方法을 試圖해 보았다.

그 결과 그림 14②의 曲線과 같은 電壓—電流 特性을 얻었으며 이때의 V_{oc}=0.58[V]로서 單一接合의 薄膜太陽電池보다 1.8배의 出力이 증가하였다.

이는 兩面이 모두 빛을 照射하므로써 受光面積이 2배로 증가하여 入射光量子數도 2배로 증가하게 되고 따라서 出力電力도 약 2배로 증가한 것으로 생각된다.

4. 結 論

以上과 같은 實驗結果 및 考察에 의해 얻은 結果는 다음과 같다.

1. Epitaxial氣相成長 實驗時 成長前에 mole比와 流速을 변화시켜 1분동안 vapor etching하므로써 vapor etching을 거치지 않은 基板보다 etch pit의 數를 半으로 감소시킬 수 있었으며 積層缺陷도 거의 없었었다.

不純物 濃度分布도 거의 step junction에 가까워 效率向上을 위한 光電素子의 薄膜化에 대한 Epitaxial氣相成長의 最適條件을 제시할 수 있었다.

2. Epitaxial氣相成長으로 만들어진 Si薄膜 太陽電池는 그 出力效率이 11.3%로 擴散에 의한 太陽電池보다 0.3%의 效率増大를 나타냈다.

이것은 光電素子의 薄膜化에 의한 Epitaxial氣相成長의 最適條件을 제시할 수 있었으므로 양호한 薄膜成長層을 얻을 수 있었기 때문이며 또한 薄膜形成에 의해 同一素體로서의 擴散보다 生産價格 引下が 기대된다.

3. 蒸着膜 cell은 일시적으로는 좋은 出力效率을 나타내나 安定性 缺如 때문에 經時變化가 없는 安定性 對策이 講究해야 할 課題이다.

4. 直列抵抗에 의한 損失을 감소하기 위하여 電極附着 후의 合金化와 低抵抗 基板을 사용하였으며 Illuminated curve method에 의해 測定한 결과 2.3[Ω·cm]였다.

그러나 接觸抵抗을 더욱 줄이기 위해 N형층의 ohmic

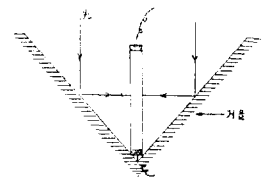


그림 15. 양면 성장형의 구조
Fig. 15. The structure of both-sided epi-growing specimens.

contact 材料에 대한 研究가 필요함을 느꼈다.

4. 眞空蒸着에 의한 高純度 SiO 薄膜의 被覆으로 因하여 太陽光의 反射에 의한 損失을 완전히 제거할 수 는 없었으며 太陽光의 反射의 低減에는 수 %정도 기 여하게 되어 현저한 效率向上을 얻을 수 있었다.

그러므로 太陽光의 反射에 의한 損失을 제거하기 위 해 넓은 波長領域에서 無反射係數를 가진 새로운 反射 防止膜 材料에 대한 개발이 要望된다.

5. 同一面積으로서 太陽電池의 出力電力을 증대하기 위하여 렌즈에 의한 集光實驗을 한 結果 약 1.6배의 出力電力 增大를 얻을 수 있었다. 앞으로 렌즈의 屈折 率, 形狀, 位置 등 幾何學的인 因子를 개선하므로써 더 큰 出力電力의 增大가 기대된다.

6. 兩面 成長層 形成과 거울을 이용한 反射器 構造 도 同一量의 Si에 대해 약 1.8배의 出力電力 增大를 얻었다.

보다 나은 幾何學的 方案과 5의 集光을 並行한다면 더 높은 出力電力을 얻을 것으로 생각된다.

7. 本 研究에서 Epitaxial 氣相成長으로 제작된 薄膜 Si太陽電池는 太陽에너지가 $61.6[mW/cm^2]$ 일때 開放電壓 $V_{oc}=0.58[V]$ 短絡電流 $I_{sc}=112[mA]$, 短絡電流密度 $=19.6mA/cm^2$, 最大出力 $P_m=6.96[mW/cm^2]$, 出力效率 11.3%였다.

그러나 太陽에너지는 季節, 日氣, 日照時間 및 位置 에 따라 變化하므로 앞으로의 測定時期를 달리한 實驗 을 補充하므로써 本 太陽電池의 效率를 知見할 수 있을 것 같다.

끝으로 本 研究는 產學協同財團의 후원을 받아 이루어졌음을 밝히며 產學協同財團 당국에 심심한 사의를 표하는 바이다.

參 考 文 獻

1. D.H. Chapin et al., J.A. p. 25 676(1954)
2. M. Wolf; Cont. Record of the 8th IEEE photo Voltaic Specialists Conf. p. 360 Aug. 1970
3. W.P. Rahilly; Conf. Record of the 9th IEEE Photo Voltaic Specialists Cnf. p. 44 May. 1972
4. A.G. Reverz; Conf. Record of the 10th IEEE photovoltaic Specialists Conf. p. 180 Nov. 1973
5. H.E. Lafelle Jr.; Mat. Res. Bull. 6, 581(1971)
6. Conf. Record of the 8th IEEE PhotoVoltaic Specialists Conf. First Session pp. 1~33 Aug 1970
7. R.L. Cumberow; Phys. Rev. 95, 16(1954)
8. R.L. Crabb et al; IEEE Trans. Vol ED-18. 491 (1971)
9. L. Esaki et al; IBM J. Tech. Disc. Bull 12, 2134 (1970)
10. O. Batsford; Solid State Elec, 5, 353(1962)
11. R.M. Buger et al; Fundamentals of Silicon Integrated Device Tech. Vol I. pp. 349~470 Prentice-Hall(1967)
12. M.S. Imamura et al; Conf. Record of the 8th IEEE PhotoVoltaic Specialists Conf. p. 102. Aug. 1970
13. H.C. Jheuerer; J. Electrochem. Soc. 108, 649 (1961)
14. W.F. Perving; Electrochem. Soc. Fall Meeting New-York(1963. 10)
15. M.P. Thekae Kare; Opt. Spectra. p.32 Mar. (1972)