

# 실리콘 태양전지의 배선소재

김성진 대표이사 ((주)제닉스)

## 1. 서론

화석연료 자원의 유한성과 지구 환경보존 면에서 화석연료 대체에너지 개발 및 활용에 관하여 많은 연구가 진행되었고, 그 결과 최근에 실용화 단계에 이르렀다. 태양전지는 1954년 미국의 Bell Lab에서 단결정 실리콘 태양전지를 개발하여 1958년 인공위성 Vanguard에 응용한 것이 시초이며, 1990년부터 상용화가 시작되었다. 최근 전지 제조기술에 관한 연구방향은 모듈 제조가격의 저하와 변환효율 향상에 집중되고 있다. 2000년까지는 단결정 실리콘 태양전지가 주축을 이루었으나 제조가격이 높아 최근에는 다결정 실리콘 태양전지, 박막형 태양전지,  $\text{CuInSe}_2$ 와 같은 Chalcogenide 화합물과  $\text{CdTe}$ ,  $\text{CuGaSe}_2$ 와 같은 화합물 반도체, 염료감응 태양전지 (DSSC), 유기 태양전지 등 다양한 분야에서 활발히 연구되고 있다.

단결정 실리콘 태양전지는 고가이며, 최대효율이 28%이고, 다결정 실리콘 태양전지는 저렴한 공정으로 최대효율이 18% 정도이며, 박막형 태양전지의 경우, 약 11%, 화합물 반도체인  $\text{CuInSe}_2$  (CIS<sub>2</sub> Cell)는 p/n 이종 접합구조로 최대효율이 11%이며, GaAs 태양전지는 최대효율이 28.7%로 우주용으로 상용화되었으며, CdTe 태양전지는 생산비가 저렴하며 최대효율이 10%, 기타 염료감응 태양전지 (DSSC)는 최대효율이 10%, 유기태양전지는 최대효

율이 4% 수준이다.

태양전지의 변환효율을 높이는 것은 손실을 얼마나 줄이는가에 따라 결정되며, 태양전지는 광자와 전자의 상호작용에 의한 양자효과에 의해서 빛 에너지를 전기에너지로 변환하기 때문에 에너지 손실이 존재하며 이 손실성분이 약 56%에 이르며, 태양전지의 출력전압 한계인 개방전압 (무부하 전압)과 반도체 금지대폭 (실리콘의 경우 1.1 eV)에 의하여 대략 16%의 손실이 발생하여, 이들 손실을 제외한 28%가 실리콘을 사용한 태양전지의 이론 한계효율이다. 이외에 캐리어의 재결합 손실, 반사손실, 전극의 그림자와 직렬저항에 의한 모듈 열손실 등으로 현재까지의 최고효율은 약 24.7% 정도이다. 표면에서의 재결합 손실은 표면을 산화막이나 질화막으로 코팅하여 감소시키며, 내부에서의 재결합은 이면에 요철구조를 갖게 하여 일단 입사한 광이 내부에서 반사를 반복하면서 흡수되는 이른바 빛감금 효과를 갖게 하는 BSR (Back Surface Reflector) 구조를 도입하여 줄이고 있다. 반사손실은 전면의 광학적 반사에 의한 손실로 이를 억제하기 위하여 무반사막을 이용해서 줄이거나, 표면을 알칼리 등으로 이방성 에칭하여 요철화하고, 표면에서 반사한 빛이 다시 실리콘 속으로 재입사하도록 하는 텍스처 표면이 사용되고 있다. 현재의 기술개발방향은 어떻게 하면 손실이 적어 변환효율이 높은 Cell을 저가격으로 제작하느냐가 핵심 관건이다.

## 2. 본론

본 절에서는 태양전지의 변환효율에서 중요한 위치를 차지하는 전극 부분에 대하여 설명하고, 배선 재료의 중요성 및 기능 등에 대하여 소개하고자 하며, Ag 및 Al Paste를 이용하는 단결정 및 다결정 실리콘 태양전지에 한하여 금속 배선재료의 중요성에 대하여 소개하고자 한다.

### 2.1 전극의 형성공정

제조단가가 낮고 결정질 태양전지의 고효율에 적합한 스크린 프린팅 태양전지가 개발 상용화되고 있다. 이러한 스크린 프린팅기술은 금속전극 형성 시 얇은 스크린 막을 이용하여 Ag나 Al 페이스트를 기판 위에 전극으로 형성한다. 현재 양산화에 적용되는 표준전지 크기는  $12.5 \times 12.5 \text{ cm}^2$ 와  $15.6 \times 15.6 \text{ cm}^2$ 로써 양산수율의 향상을 위해 전지의 대형화 및 자동화가 요구되고 있다. 또한 인공위성이나 기타 특수용도로 사용되는 고효율 실리콘 태양전지용 금속전극은 고가의 진공장비 내에서 열 증발법 (Thermal Evaporation)에 의해 형성되기 때문에 양산수율 및 단가절감에 문제점으로 작용한다. 따라서 이와 같은 한계를 극복한 것이 스크린 프린팅기술로써 대기 중에서 대면적으로 대량생산이 용이하다는 것이 큰 장점이다.

현재 태양전지 생산라인에서는 1,000 wafer/hour 이상의 생산력을 보유하고 있다. 그림 1은 스크린 프린팅 태양전지의 공정순서 및 구조를 나타내었다. p-type 다결정 실리콘 웨이퍼(As-cut)의 표면손상 (Saw Damage)을 제거하기 위해서, 알칼리 용액이나 산 용액에서 에칭하여 표면에 약  $10 \mu\text{m}$  크기의 피라미드 형성을 위한 텍스처링 공정을 수행한다. 일반적으로, 전형적인 텍스처링 공정은 5%의 NaOH로  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 15분 동안 에칭을 수행한 후, 인 확산공정을 거쳐  $n^{++}$  에미터를 형성하고, 병렬저항을 줄이기 위해 Junction Isolation을 여러 가지 방법으로 진행한다. 반사방지막( $\text{SiN}_x$  혹은  $\text{TiO}_2$ )을 진공장비 (PECVD, APCVD)를 이용하여 증착하고, 전·후면 전극을 스크린 프린팅 하여 형성하게 된다.

전면전극은 일반적으로 Ag가 사용되고, 후면전극도 동일한 형성방법을 통하여 Al과 Ag로 형성 후 각각  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  이하의 온도에서 건조한다. Al은 Si과의 접촉저항을 줄이고 Al이 재 결정화되면서 후면전계 (BSF, Back Surface Field)를 형성하여 태양전지의 전압을 높이는 효과가 있다. 일반적으로 전극용 금속 페이스트에는 5~10%의 유리성분 (Pb, B, Al, Bi, Si, etc.)이 함유되어 있어 녹는점이 낮고 열처리에 반응이 빨라 페이스트가 반사 방지막을 에칭하면서 실리콘 표면에 도달하게 된다. 현재 상업용으로 가장 많이 적용되고 있는 태양전지는 스크린 프린팅 방법으로 제작되고 있으며, 변환효율은 약 14~16% 수준이다. 스크린 프린팅은 전극형성이 간단하고 연속적이면서 쉽게 공정에 적용할 수 있다는 장점이 있지만, 전극물질이 순수한 금속재료가 아니라 Glass Frit 성분을 포함하고 있기 때문에 비저항이 크다는 단점이 있다. 또한, 스크린 프린팅 태양전지는 전면전극의 폭이 최소  $150 \mu\text{m}$  이고, 높이는  $10 \mu\text{m}$  정도로 Aspect Ratio가 작아서 전극에 의한 Shading Loss는 10~12%로 비교적 높은 편이다. 또한 전면 전극을 형성을 위해 사용되는 Ag Paste는 가격이 비싸고 내부에 함유되어 있는 Glass 성분이 도포한 Ag와 실리콘과의 접촉저항을 크게 하여 열처리 후에 전극물질 자체의 저항을 상승시키기 때문에 에너지손실이 약 20%까지 생긴다. 따라서 Ag Paste의 특성개선은 태양전지 광 변환효율을 높일 수 있는 중요한 요소가 된다.

태양전지 효율향상을 위해서는 태양전지구조의 설계 최적화에 의하여 각 손실성분을 최소화해야 한다. 특히, 태양전지 표면의 금속전극은 표면에서의 빛의 반사 및 직렬저항 성분에 큰 영향을 준다. 따라서 전면전극은 광에 의해 생성된 광전류를 흐를 수 있게 충분한 단면적을 가져야 하고, 전류수집을 용이하게 하기 위하여 실리콘과 금속 간에는 전류의 흐름을 원활하게 하는 Ohmic Contact 구조가 되어야 한다. 또한 광전류를 외부의 부하로 전달하기 위하여 광 생성전류가 금속전극을 따라 흐를 때, 금속전극 물질은 충분한 전기전도도를 충족시키기 위해 자체 저항성분에 의한 손실을 최소화하여야 한다. 금속전극으로 많이 사용되는 주기율표상의 3족 원

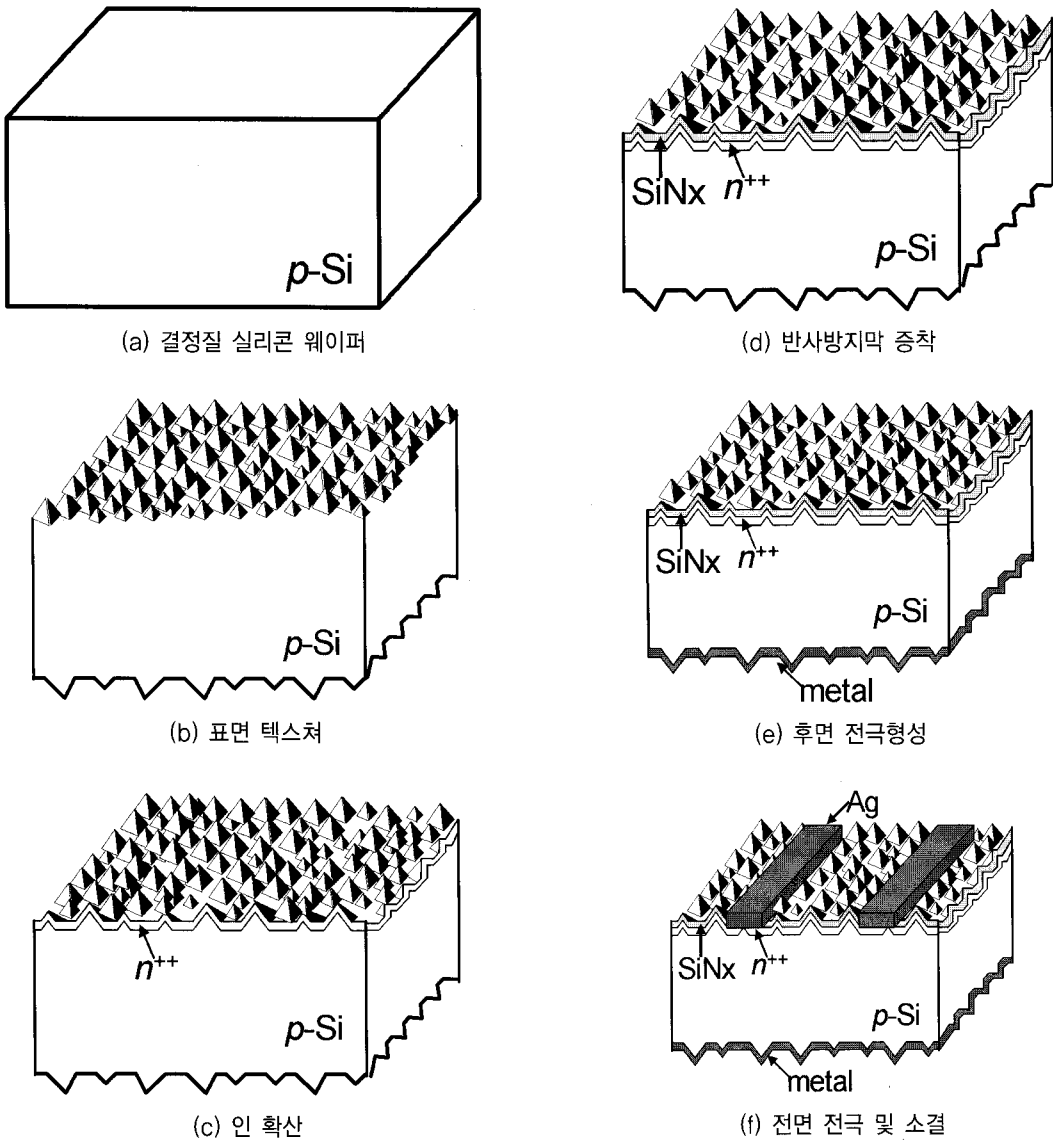


그림 1. 스크린 프린팅 태양전지의 공정순서 및 구조.

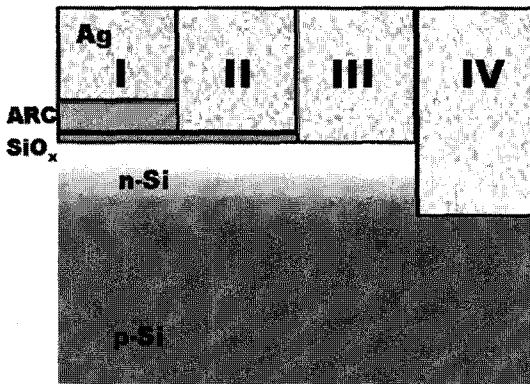
소인 알루미늄 (Al)은 p-type 실리콘의 기판농도와 관계없이 Ohmic 접촉을 형성한다. 반면에, n-type 실리콘은 도핑농도에 따라 일함수가 달라져 임의의 도핑농도 이상이 되었을 때 Al/Si 접촉에서 Ohmic Contact가 형성된다. 결과적으로, Al/Si Ohmic Contact는 실리콘의 도핑 농도가  $5 \times 10^{19}$

atoms/cm<sup>3</sup> 이상일 때 Ohmic Contact를 형성한다. 또한 열처리공정 시 온도상승에 따라 Al이 실리콘 내부로 확산되어 태양전지가 단락 (Shunt)될 수 있으므로 금속의 실리콘으로의 확산을 방지하기 위하여 반사방지막 및 Passivation 효과를 나타내는 SiN<sub>x</sub> 박막을 증착한다. 고효율 태양전지의 경우는 전류의

수집과 이동 및 외부 부하와의 Soldering을 고려하여 접착성이 좋은 Ag를 전기전도물질로 사용하고 있다.

## 2.2 전극의 미세구조

현재 상용화된 태양전지에 널리 쓰이고 있는 스크린 프린팅기법은 비교적 재료와 단위 공정장비가 저가이며, 대량의 제품을 대기 중에서 대면적으로 빠른 시간 내에 생산할 수 있고, 적합한 전극재료를 선택적으로 적용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 스크린 프린팅에 주로 사용되는 Ag나 Al Conductor가 재료의 특성상 열처리 과정에서 온도, 가스, 압력 등에 매우 민감하고 재료 자체의 Glass Frit 성분으로 인하여 비저항이 크다는 단점이 있다. 또한 에미터의 전면에 스크린 프린팅으로 형성한 Ag 전면전극은 열처리 공정 시 전극과 에미터 표면의 접합면에서부터 시작하여 기판 쪽으로 확산 침투를 일으킨다. 이 과정에서 먼저 전극과 에미터의 접합면에서부터 아래로 Glass Layer를 형성하고, 기판 아래방향을 Ag/Si 형태의 재 결정화된 Si Layer



- I (No penetration) : Insufficient Energy, Insufficient Reaction, No power
- II (Low penetration) : Insufficient Energy, Partial Contact, Low power
- III (Ideal state) : R<sub>s</sub> lowest, High power
- IV (Over penetration) : Si etched by frit, R<sub>s</sub> increasing, R<sub>sh</sub> decreasing, Low power

그림 2. 전면 전극 페이스트의 침투깊이에 따른 태양 전지의 특성.

(Re-crystallized Si Layer)를 형성하는 등 복잡한 과정을 거치게 된다. 이는 고온의 열처리 과정에서 Ag의 확산에 의한 것이며, 침투깊이는 에미터의 p/n 접합면의 깊이 보다 얕아야 된다는 등의 다양한 요구조건을 충족시켜야 한다. 그림 2에 전면 전극에 사용되는 Ag 페이스트의 SiN<sub>x</sub>-Si으로의 침투정도에 따른 실리콘 태양전지의 효율에 대하여 도시하였다.

그림 2에서 I과 같이 침투를 하지 못했을 경우에는 태양전지에서 전면 전극의 역할을 하지 못하여 전력이 발생하지 않으며, III의 경우에서와 같이 SiN<sub>x</sub> 등의 Passivation막을 침투하여 Si과 접촉이 되었을 때, 최고의 효율을 나타내며, IV와 같이 Glass Frit에 의해 Si이 에칭이 될 경우, 직렬저항의 증가로 인하여 효율은 급감하게 된다. 이러한 결과로 미루어 보아 Glass Frit의 화학적인 조성 및 열처리 온도, 시간 등이 매우 중요함을 알 수 있다. 그림 3에 열처

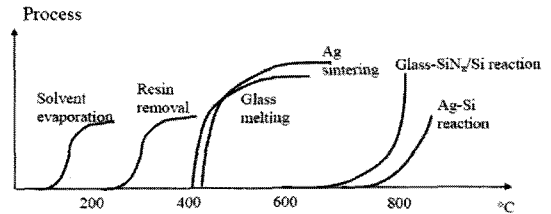


그림 3. 열처리 과정에서 이루어지는 일련의 공정들.

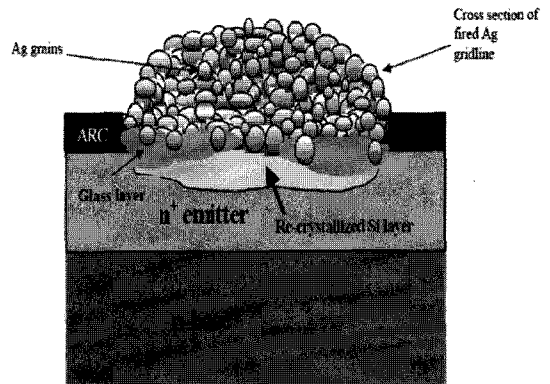


그림 4. 냉각공정 시 발생하는 Si의 재 결정화.



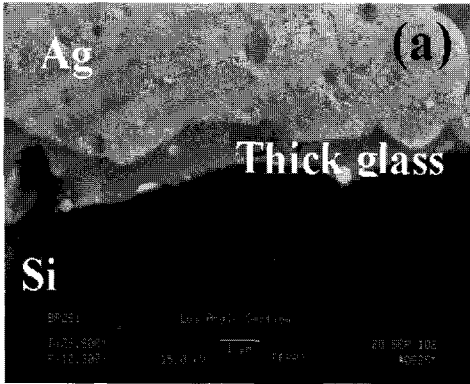
리 공정 중에 발생하는 일련의 과정을 도시하였다.

그림 4는 열처리 공정 중 냉각과정에서 일어나는 Si의 재결정화를 보여주는 것이다.

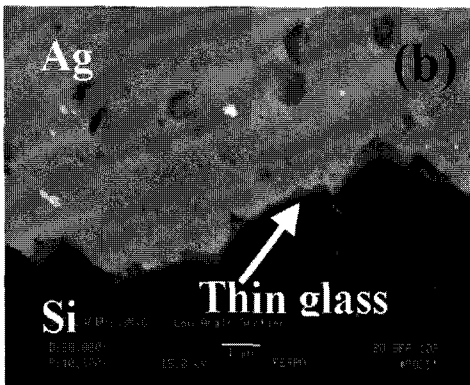
그림 5는 Ag 전면전극과 Si 사이의 Glass 층을 SEM을 이용하여 관찰한 것이다. 상기의 그림 5에서와 같이 전극 페이스트에 들어있는 Glass Frit의 특성이 매우 중요한 인자이며, 이러한 Glass Frit과 Ag, Si과의 상호작용에 의하여 태양전지의 특성이 매우 달라질 수 있다. 태양전지의 특성을 향상시키기 위해서는 높은 Fill Factor (FF)와 높은 변환효율이 필요하

다. 이러한 특성을 얻기 위해서는 직렬저항 (Series Resistance,  $R_s$ ) 및 그림자 손실 (Shadow Losses)을 최소화해야 되며, 단락저항 (Shunt Resistance,  $R_{sh}$ )을 최대화해야 한다. 전면전극에 주로 사용되고 있는 Ag Paste는 Ag 분말, Glass Frit, 첨가제인 산화물 등이 유기 바인더에 혼합되어 있다. Ag분말의 입도, 형상, 비율, Glass Frit의 화학적인 조성, Glass-SiN<sub>x</sub>-Si의 상호작용 등이  $R_s$ 와  $R_{sh}$  FF를 결정하는 주요인자이다. 그림 5(a)와 같이 저항이 매우 큰 Glass 층의 두께가 두꺼운 경우, 직렬저항이 커지게 되고, (b)와 같이 Glass 층의 두께가 매우 얇은 경우, 직렬저항 또한 낮아져서 태양전지의 효율이 향상된다.

그림 6은 첨가되는 Glass Frit의 특성인 T<sub>g</sub> (Glass Transition Temperature)에 따른 Ag-Si의 미세구조의 변화를 보여주는 것으로 T<sub>g</sub>가 높을수록 그림 5(b) 및 그림 6의 GF4에서와 같이 Thin Glass 층을 형성하고, T<sub>g</sub>가 낮아서 유동성이 높은 경우 두꺼운 영역의 계면을 형성하여 직렬저항이 높고, 단락저항은 낮아서 낮은 효율을 나타낸다. 따라서 첨가되는 Glass Frit의 조성 및 선택이 태양전지의 전극재료에서 매우 중요한 영역을 차지함을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 5. SEM cross sections of two inks that gave (a) lower FF of 0.61 - thick glass interlayer and (b) higher FF of 0.77 - thin glass interlayer.

### 2.3 전극에서의 Glass Frit의 반응

그림 7에 스크린 프린팅공정으로 전면전극을 형성하였을 경우, 열처리공정에 따라 발생하는 Glass Frit의 반응을 도시한 것이다. 그림 7(a)에서 보는 바

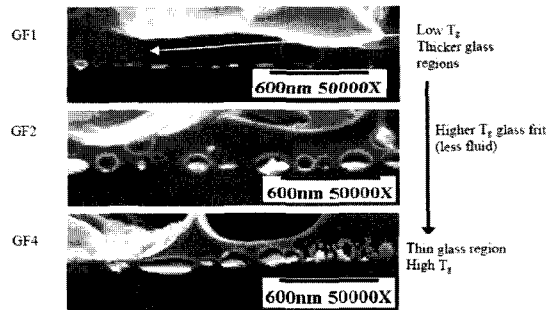
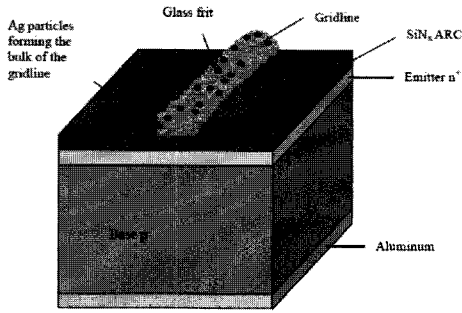
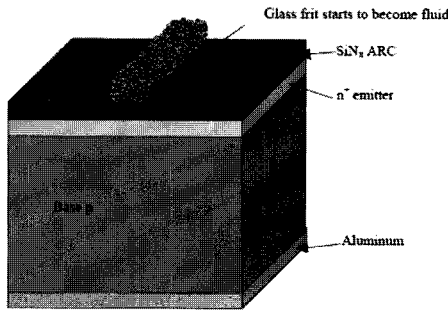


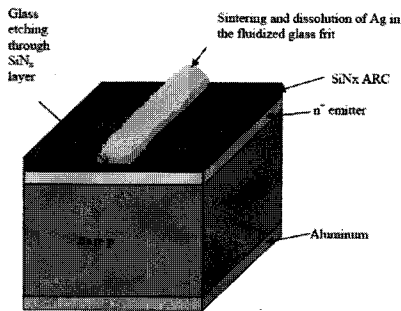
그림 6. Glass Frit의 T<sub>g</sub>에 따른 변화.



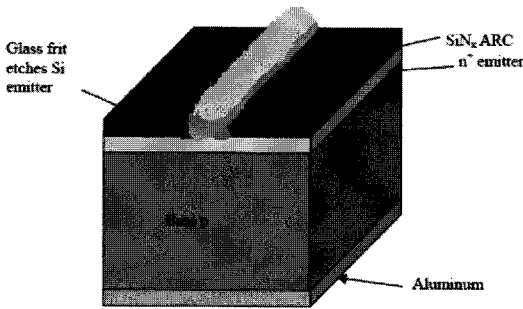
(a)



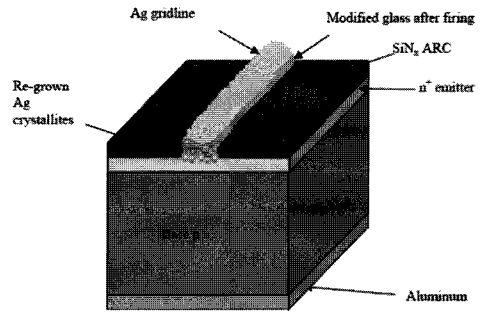
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 7. Glass Frit의 반응.

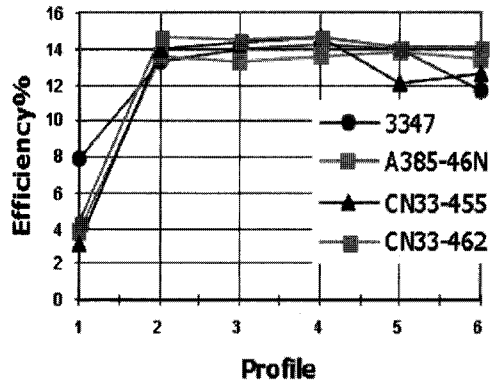


그림 8. 온도 Profile에 따른 페이스트 종류별 태양전지의 효율특성의 변화.

와 같이 전극페이스트는 금속분말, Glass Frit, 산화물 첨가제, 유기바인더, 용제로 구성되어 있으며, 점도는 공정에 따라 차이가 있으며, 조절이 가능하다. 고형분 함량은 대략 80~89% 정도이다. 스크린 프린팅조건은 페이스트의 사양에 따라 조금씩 차이는 있으나, 통상적으로 250~325 mesh 정도의 스테인리스 스크린 제판을 이용하고, 건조 후 두께는 대략 20~25  $\mu\text{m}$  정도로 형성한다. 이때 인쇄 후 전면전극의 폭은 최대한 얇을수록 우수한 특성을 보이며, 대략 100  $\mu\text{m}$  정도의 폭을 가진 제판을 이용한다. 소성 공정에서는 IR 램프를 이용하여 Belt Furnace에서 이루어지며, 통상적으로 3개 이상의 Heating Zone을 가지고 있으며, 소성 Profile이 전극의 형성공정에서 매우 중요한 요소이다. 참고로 FERRO社의 태양전지용 페이스트의 종류에 따른 온도 Profile의 차이에 따른 태



양전지의 효율의 변화를 그림 8에 나타내었다. 그림 8에서 알 수 있듯이 온도 Profile의 차이에 따라 페이스트의 종류별로 각기 다른 효율 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

## 2.4 전극에서의 손실

전극 부분의 손실은 전극재료 및 접합구조에 따라 다르며, 대략 태양전지의 직렬저항은  $1 \Omega$  이하로 해야 한다. 이는 20%의 변환효율을 내는 태양전지의 경우, 출력 전력은  $20 \text{ mW/cm}^2$ 이고, 출력전류는  $40 \text{ mA/cm}^2$ 로,  $1 \Omega$ 의 직렬저항으로 소비되는 Joule 손실은  $1.6 \text{ mW}$ 가 되어 8%의 손실을 초래하기 때문이다. 표면전극의 간격은 이러한 점을 고려하여야 하며, 전극의 폭이 미세해지면 직렬저항이 높게 되고, 두껍게 하면 전극부에서 빛 반사손실이 커져, 이들을 각각 5% 이하로 억제해야만 높은 효율을 얻을 수 있다. 태양전지 면적대비 전극 폭을 작게 하면, 반사손실은 일정하고, 직렬저항이 작아져 Joule 열손실을 줄일 수 있다. 태양전지의 직렬저항 성분에는 표면층에 있는 전극 넓이에 의한 저항 이외에 Ohmic Contact부에서 저항성분이 있으며, 이러한 저항은 고농도의 불순물을 도핑 함으로써 줄일 수 있으며, 이러한 접합을 High-Low Junction이라고 한다. 이러한 접합부에 전계가 발생하여, 전극과의 계면에 도달하는 소수 캐리어가 감소하여 표면 재결합 손실이 낮아지며, 이러한 효과를 BSF (Back Surface Field Effect)라고 하며, 산화막에 의한 Passivation막을 이용하여 효과를 얻을 수 있다. 이러한 단결정 태양전지에 PERL (Passivated Emitter, Rear Locally Diffused)이 있으며, 변환효율이 24.7%, 개방전압이 706 mV, 단락 광전류밀도  $42.2 \text{ mA/cm}^2$ 로, 단결정 실리콘 태양전지의 고 효율화 기술은 이론한계에 도달했다고 볼 수 있으며, 단결정 기판의 대형화, 저비용화가 시급한 과제이다. 현재의 태양전지는 모듈의 제조가격 저하가 핵심이슈로 단결정보다 효율은 낮지만, 저렴한 가격으로 대량생산이 가능한 다결정 실리콘을 이용한 소재개발이 활발히 진행되고 있으며,  $225 \text{ cm}^2$ 의 면적에서도 17%의 고효율이 달성되고 있다. 다결정 실리콘 태양전지도 단결정 실리콘 태양전지와 마찬가지로 단

락 전류의 증가와 개방전압의 상승이 고효율화의 과제이며, 단결정과 동일하게 벌크 및 표면에서의 재결합억제가 중요한 과제이다. 이들 재결합의 저감은 수집캐리어의 증가뿐만 아니라 개방전압의 상승에도 기여한다. 다결정 실리콘 태양전지에서의 효율 향상 방안에는 다음과 같은 것이 있다.

- (1) Texture 구조 : 변환효율 향상에 매우 효과가 크며, 표면 반사율을 감소하고 캐리어의 수집 효율 향상, 내부 반사에 의한 빛 갇힘효과가 있다.
- (2) Passivation : 표면에 실리콘 산화막 등 보호막을 입히는 방법으로 실리콘 표면과 전극을 Passivation함으로써 고효율을 달성할 수 있으며, SiN막 형성은 반사방지막과 동시에 Bulk Passivation효과가 얻어지기 때문에 다결정 실리콘 기판에서 효과가 크다.
- (3) BSF (Back Surface Field)층 형성 : 높은 변환효율을 얻을 수 있다.
- (4) 전극의 최적화 : 낮은 접촉저항, 높은 전도율, 높은 접착강도, 전극에 의한 그림자 등이 효율에 큰 영향을 미치는 인자이다. 스크린 방식의 전극은 제작비용 면에서 장점이 있으나 접촉저항이 높고, 전도율이 낮으며, 소성 시 온도에 민감하고, 전극 강도가 약한 단점이 있으나, 현재 가장 많이 사용하는 방법이다.

## 3. 국내외 연구동향 및 시장규모

2002년 14%에 달하던 주요 기업들의 태양전지 효율은 2007년 16% 수준까지 향상되었는데 2010년 경에는 20% 효율 달성을 목표로 하고 있다. 고효율 태양전지의 주요 특성은 표면에서의 재결합을 방지하기 위한 Passivation 형성, 빛 흡수를 최대화하기 위하여 이중 반사 방지막을 형성하고, 전면 전극의 면적을 최소화하였으며, 전극과 실리콘 기판과의 접촉 저항을 최소화한다는 것이다. 따라서 전면 전극의 면적을 최소화하기 위해 현재  $120 \sim 130 \mu\text{m}$  수준인 배선폭을  $50 \mu\text{m}$ 까지 감소시키고, 접촉 저항을 최소

표 1. 태양전지 전극의 소요량 (Source : Metalor 2007).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Production (GWp)	1.3	1.8	2.1	2.5	3.0	4.5
Ag Volume (t of paste)	143	200	245	280	355	465
Al Volume (t of paste)	1275	1770	2220	2600	3090	4200

화하기 위해서는 열처리 시 Ag가 빠른 확산에 의해 Passivation Layer를 통과하여 접촉하여야 한다. 주요 전극 재료 업체인 듀폰, 페로 등도 이러한 개선을 위해 Ag Powder의 성능 개선, 바인더 시스템의 개선, Glass Frit의 성능개선 등을 통하여 극복하고자 하고 있다.

일반적으로, 실버 페이스트의 그리드 전극은 인쇄 시 페이스트가 번져 전극의 폭이 넓어짐에 따라 광 입사면적이 감소하여 효율을 감소시키는 원인으로 작용한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 일본의 산요전기에서는 전극재료와 인쇄수법을 개선하여 폭이 좁으면서도 고신뢰성의 전극을 형성하는 기술을 개발하여 셀 변환효율 22.3%를 달성하기도 하였다.

표 1은 Metalor社의 추정 태양전지 전극의 소요량을 나타낸 것으로, MW당 전면 실버 페이스트는 대략 110~120 Kg으로, 알루미늄 페이스트는 1,000 Kg ~ 1,100 Kg 정도로 추정하고 있다. 현재 알려진 바로는 5인치 Wafer의 실버 페이스트 소요량은 대략 0.3~0.5 g, 알루미늄 페이스트는 15~33 g 정도가 소요된다. 실제 Metalor의 추산 소요량에 비하여 많은 양이 소요되고 있으며, 각각 셀의 제조업체들의 장비 및 공정에 따라 차이는 있을 것이다. 실버페이스트의 가격은 국제 Ag, Al의 분말가격에 따라 변동이 있으나, 실버 페이스트의 경우 대략 \$ 600~700/Kg 정도로 알려져 있다. 국내 시장 규모는 세계시장의 대략 1% 정도로 추산되고 있다. Metalor 추정소요량을 기준으로 실버 페이스트의 가격을 \$600/kg으로 산정하여 국내 시장규모 (태양전지 생산 규모, 2007년도 150 MW 기준)를 추산하면, 120 [kg/MW] × 150 [MW] × 600 [US\$] = 10,800,000 [US\$]로 대략 110억 원 규모의 시장을 형성하고 있으며, 현재 국내

의 Cell업체들이 꾸준한 설비증설을 계획하고 있어, 그 양은 지속적으로 늘어날 전망이다. 배면 전극의 시장규모는 전면 전극의 약 2.5배의 규모로 270억 원 규모이다.

## 4. 결론

전 세계의 전극시장 규모가 포톤인터내셔널의 추정치로 올해 약 5,000억 원, 2012년에는 2조 5천억 원의 방대한 시장형성을 감안한다면, 현재 전량 Ferro, Dupont 등 외산에 의존하고 있는 태양전지용 전극 재료의 국산화는 시급하다고 할 수 있다. 현재 국내 결정질 실리콘 태양전지의 생산규모를 보면, KPE (50 MW), 현대중공업 (30 MW), 미리넷솔라 (30 MW), 신성홀딩스 (50 MW)로 160 MW 용량을 나타내고 있으나, 향후 증설을 계획하고 있어, 전극재료의 국산화 수요도 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 또한 고효율의 태양전지를 제작할 수 있는 독자적인 기술의 확보를 위해서라도 국내 기업에서의 국산화는 매우 시급하다. 대주전자재료, 동진세미켄, 잉크테크 등에서 국산화에 성공하였다는 보도를 접한 바 있어, 그나마 전량 외산에 의존하고 있는 전극 페이스트의 수입대체가 빨리 이루어졌으면 한다.

## 참고 문헌

- [1] 한국과학기술정보연구원 태양전지기술 조사보고서, 태양전지 기술, 2005.12.
- [2] 초고효율 결정질 실리콘 태양전지 개발, 삼성SDI (과학기술), 2002.1.
- [3] 한국과학기술정보연구원 태양전지 시장조사 보고서, 2005. 5.
- [4] 최 준영 외 3명, "단결정 실리콘 태양전지를 위한 스크린 프린팅 Ag 전면전극의 표면 침투현상에 대한 연구", 한국태양에너지학회 추계학술발표대회논문집, 2007년.
- [5] 조 은철 외 5명, "실리콘 태양전지의 금속전극 특성", 태양에너지, Vol. 17, No. 1, 1997.
- [6] Bhushan Sopori et al., "Fundamental Mechanisms in the Fire-Through Contact Metallization of Si





Solar Cells: A Review", 17th Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells & Modules: Materials and Processes, Aug. 5~8, 2007.

[7] Dr. Aziz S. Shaikh et al., "Designing a Front Contact Ink for SiNx Coated Polycrystalline Si Solar Cells", 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Osaka, Japan, 2003.

[8] C. khadilkar et al., "Characterization of Silver Front Contact in a Silicone Solar Cell", Technical Digest of the International PVSEC-14, Bangkok, Thailand, 2004.

[9] 이 수홍, "실리콘 태양전지", Polymer Science and Technology, Vol. 17, No. 4, 2006.

[10] 윤 성빈, "세계 태양광산업 현황과 경쟁전략", 삼성 KPMG 경제연구원, 2008.

### 저|자|약|력



성 명 : 김성진

◆ 학 력

- 1991년 한국과학기술원 재료공학과 공학사
- 1994년 포항공과대 재료금속공학과 공학 석사

◆ 경 력

- 2003년 - 현재 (주)제닉스 대표이사

