

결정질 실리콘 태양전지의 저가형 금속전극에 적용되기 위한 Selective emitter 특성 분석

김민정, 이지훈, 조경연, 이수홍
세종대학교 전략에너지연구소

Analysis of Selective Emitter Properties Apply for Low Cost Metallization in Crystalline Silicon Solar Cells

Min-jeong Kim, Ji-hun Lee, Kyeong-yeon Cho, Soo-hong Lee
Strategic Energy Research Institute, Sejong University

Abstract : Selective emitter structure have an important research subject for crystalline silicon solar cells because it is used in production for high efficiency solar cells. A selective emitter structure with highly doped regions underneath the metal contacts is widely known to be one of the most promising high-efficiency solution in solar cell processing. Since most of the selective emitter processes require expensive extra masking and double steps process. Formation of selective emitters is not cost effective. One method that satisfies these requirements is the method of screen-printing with a phosphorus doping paste. In this paper we researched two groups of selective emitter structure process. One was using dopant paste, and the other was using solid source, in order to compare their uniformity, sheet resistance and performance condition time.

Key Words : Selective Emitter, Dopant Paste, Doping, Solar Cells

1. 서론

최근 급성장 하고 있는 태양전지 시장에서 결정질 실리콘 태양전지는 85% 이상의 높은 비중을 차지하고 있다. 따라서 이에 따른 효과적인 활용을 위해 새로운 공정 기술을 개발하고 변환효율을 높이는 것이 필요하다. 상업화에 적용 가능한 저가격, 고효율 태양전지 개발을 위해서 필요한 기술 중 하나가 selective emitter 구조 형성 기술이다. Selective emitter 구조는 금속전극이 형성될 부분의 emitter 부분을 국부적으로 고농도 doping 하는 구조로 고효율 태양전지 제작에 적용할 수 있는 공정 기술이다. Selective emitter 구조는 접촉 저항이 낮고, grid line이 형성되지 않은 부분에서는 저농도 doping을 하기 때문에 blue response가 높아지고 전자의 수집률이 높아지게 된다, 또 표면에서의 재결합 손실이 줄어드는 효과 등의 장점이 있다. 이러한 장점으로 selective emitter 구조는 고효율 태양전지 제작에 기여 할 수 있다. Selective emitter 구조 공정 기술은 여러 가지가 있는데 대부분 공정이 복잡하여 비용과 시간이 많이 든다. 이러한 단점을 보완하는 방법으로 제안된 것이 dopant paste를 사용하여 screen printing으로 확산하는 방법이다. 이 방법은 현재 양산형 태양전지인 screen printing 태양전지 생산라인에 쉽게 적용 할 수 있으며 공정 시간 단축과 생산량이 우월하다는 장점이 있다.

본 논문에서는 selective emitter 구조를 dopant paste를 이용한 screen printing 공정기술과 solid source를 이용한 고체 확산 공정기술을 각각 공정의 특성을 비교 분석하여 고효율 태양전지 제작에 적용하기 위해 연구하였다.

2. 실험

본 실험에서는 selective emitter 구조를 Ferro사의 phosphorus diffusion paste source 99-038를 이용한 screen printing 공정 방법과 Ferro 사의 phosphorus solid source PH-950를 이용하여 conventional furnace로 고체 확산 공정 방법으로 실험 하여 면저항을 측정하여 비교하였다. 실험을 위해 P-type <100> 단결정 실리콘 웨이퍼를 사용 하였다. RCA I,II 공정을 진행하여 cleaning 하고 표면에 자연적으로 생기는 자연 산화막을 제거하기 위해 HF: DI(10:1) 용액에 15초 동안 dipping 하여 자연산화막을 제거한 후 각각 phosphorus가 약 100Ω/sq로 전체적으로 doping 된 기판을 준비하였다

2.1 Solid source를 이용한 고체 확산 실험

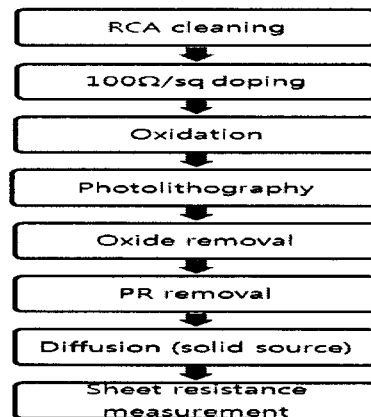


그림1.Solid source를 이용한 고체 확산 실험 순서도

Diffusion mask opening을 위한 막으로 SiO₂ 를 oxide막을 형성한다. 950℃에서 5시간 공정하여 1100Å 정도 증착한다. 전극부분에만 고농도 emitter를 형성하기 위해 mask aligner를 이용하여 photolithography 공정으로 전극이 설계된 mask로 전극부분만 노광시킨다. 노광된 부분만 oxide 막을 제거하고 기판의 PR을 제거시킨다. PH-950 phosphorus solid source를 conventional diffusion furnace에 loading 시킨 후 950℃에서 1시간 동안 pre-activation 한다. 915℃에서 1시간동안 N₂ 가스를 6 l/min 흘려주어 phosphorus solid source를 확산 시켜 약 20Ω/sq를 형성 시킨다.

2.2 Dopant paste를 이용한 screen printing 실험

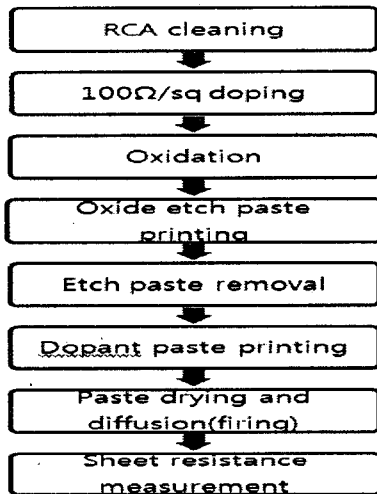


그림2. Dopant paste를 이용한 screen printing 실험 순서도

Oxide막 형성을 위해 SiO₂ 를 950℃에서 5시간 공정하여 1100Å 정도 증착한다. Oxide etch paste를 반자동 인쇄기(screen printer)로 mask를 통해 도포하여 전극부분의 oxide 막을 제거한 후 기판 전체의 etch paste를 제거한다.

99-038 dopant paste를 반자동 인쇄기(screen printer)를 이용하여 screen mask를 통해 기판 전면에 도포한다. screen mask는 250 mesh를 사용하고 paste를 도포 한 후 hot plate를 이용하여 275℃에서 1분간 dry 공정을 진행한다. conventional annealing furnace를 이용하여 1000℃에서 N₂ 가스를 6l/min 넣어주어 7분간 열처리 하여 phosphorus를 확산 시켜 약 20Ω/sq를 형성 시킨다.

공정 진행 후 4 point probe를 이용하여 각각의 면저항을 측정 하였다.

3. 결과 및 검토

Selective emitter 구조를 solid source와 dopant paste를 이용하여 각각 공정 조건에 맞추어 약 20Ω/sq를 형성 하였다.

표1. 공정 조건에 따른 평균 면저항 및 균일도

	공정시간	공정온도	평균면저항	평균균일도
Solid source	60 min	915℃	20.07Ω/sq	1.66%
Dopant paste	7 min	1000℃	20.97Ω/sq	3.25%

Solid source와 dopant paste를 이용하여 공정을 진행했을 때 각각의 selective emitter 부분의 면저항과 균일도는 20.07Ω/sq일 때 1.66%, 20.97Ω/sq일 때 3.25% 로 면저항 및 균일도가 서로 비슷한 결과 값이 나왔다.

균일도는 dopant paste를 이용한 공정이 solid source를 이용한 공정보다 약간 낮은 결과가 나왔다. 반면 solid source를 이용한 공정과정은 photolithography 공정이 필요하기 때문에 공정이 복잡하여 dopant paste를 이용하여 공정을 진행 하였을 때 보다 결과 값에 비해 훨씬 더 많은 전체공정 시간이 걸리는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 selective emitter 구조를 dopant paste와 solid source를 이용한 확산 공정으로 진행 하여 각각을 비교하였다. 두 공정을 진행 했을 때 균일도는 solid source를 이용한 공정이 약간 높지만 큰 차이가 없다. 이에 비해 공정 과정은 dopant paste를 이용하여 공정을 진행 했을 때 보다 solid source를 이용한 확산 공정이 더 복잡하며 시간과 비용이 더 많이 소요되었다. 따라서 태양전지의 고효율화를 위한 selective emitter 구조의 형성은 dopant paste를 이용한 screen printing 공정으로 대량생산에 적용할 경우 태양전지의 저가격·고효율화에 기여 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구 결과입니다.

참고 문헌

- [1] Photon consulting 2008
- [2] Matthew Edwards, Jonathan Bocking, Jeffrey E. Cotter and Neil Bennett, "Screen-Print Selective Diffusion for High-Efficiency Industrial Silicon Solar Cells." in Wiley InterScience.
- [3] J.H.Bultman, A.R.Burgers, J.Hoornstra, R.Kinderman, M.Koppes, W.J.Soppe, A.W.Weeber ECN Solar Energy. "IDEAL SINGLE DIFFUSION STEP SELECTIVE EMITTERS : A COMPARISON BETWEEN THEORY AND PRACTICE " Presented at the 17th EPVSEC..