

고효율 실리콘 태양전지 제작을 위한 PCID 최적화

이영석, 한규민, 김경해, 이준신  
성균관대학교

PCID Simulation for Optimization of High Efficiency Silicon Solar Cell

Young-seok Yi, Kyu-min Han, Kyung-hae Kim, Jun-sin Yi  
Sungkyunkwan University

**Abstract** - 높은 효율의 태양전지의 개발은 태양전지 상용화에 꼭 필요한 일이다. 고효율 태양전지 개발을 위해 태양전지 시뮬레이션 프로그램인 PCID를 이용하여 현재 많이 사용되고 있는 p-n 접합형 실리콘 태양전지의 변환효율에 영향을 주는 요소들, 특히 웨이퍼 표면의 texturing과 doping 농도를 변화시켜 최적의 요건을 찾고자하였다. texture depth = 3um, texture angle = 80°, base의 비저항 = 0.1Ω·cm, emitter doping 농도 = 5c+18cm<sup>-3</sup> 에서 20.37%의 고효율을 얻을 수 있다.

**Keyword** - solar cell, texturing, high efficiency

도를 찾아낸다. [표 1]은 기타 시뮬레이션 조건을 명시하였고, [그림 1]은 최적의 texture 구조를 찾기 위해 변화시킨 요소들을 나타낸다.

시뮬레이션 조건	
Area	148.58 cm <sup>2</sup>
Exterior front reflectance	3%
Base Thickness	240μ
Temperature	300K
Bulk Lifetime	100μs
Intensity	0.1W/cm <sup>2</sup>

[표 1] 시뮬레이션 조건

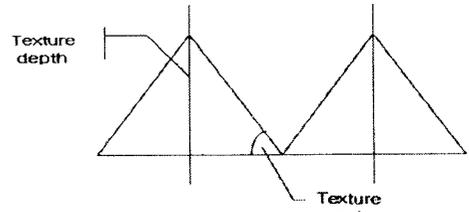
1. 서 론

심각한 환경오염과 지구온난화 문제로 인해 친환경 에너지의 개발의 필요성이 증가됨에 따라 풍력, 지열, 태양광 등의 다양한 형태의 친환경에너지들이 개발되고 있다. 그 중에 가장 크게 관심을 받고, 많이 연구되어지고 있는 분야는 태양광을 이용하여 에너지를 만들어내는 태양전지 분야이다. 태양전지는 광기전력효과를 이용해 빛을 전기로 직접 바꾸어 주는 전자소자이다. 태양전지에 비춰진 빛으로 인해 전류와 전압이 생성되고, 그 결과 전력을 얻을 수 있다. 태양전지 산업은 대부분 결정질 실리콘을 이용하고 있다. 단결정 실리콘 웨이퍼로 제작되는 태양전지는 현재 15% 내외의 변환효율을 보이고 있으나 이론상으로는 최대 30% 이상의 변환효율을 얻을 수 있기 때문에 아직도 발전 가능성 많다고 할 수 있다. 또한 거침없이 치솟는 원유의 가격과 위험성이 있는 원자력과는 달리 태양에너지는 무상이며 무공해이고 지속적으로 사용이 가능하기 때문에 매력에 있는 것이다.

고효율 태양전지의 제작을 위해서는 태양전지의 변환효율에 영향을 주는 요소들을 정확히 알아야하며, 이들이 미치는 영향이 어떤 것인지를 아는 것이 중요하다. 이번 실험에서는 실리콘 p-n 접합 태양전지를 이용하여 각각의 요소들이 태양전지의 변환효율에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보았다. 호주 UNSW에서 제작된 태양전지 시뮬레이션 실험 도구인 PCID를 이용하여 특히 표면의 texture 구조와 emitter doping 농도가 태양전지의 변환효율에 미치는 영향을 살펴보고, 이를 통하여 최대 변환효율을 얻을 수 있는 조건을 제시하였다.

2. 본 론

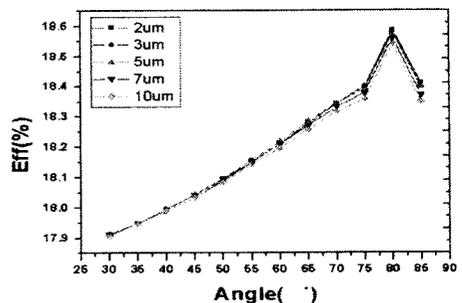
시뮬레이션 실험에 사용한 wafer는 현재 산업에서 가장 많이 사용되고 있는 태양전지용 두께 240um의 5인치 실리콘(Si) wafer를 사용하였다. 최적화 방법은 다음과 같다. 먼저 최적의 texture 구조를 찾아내기 위해 doping 농도는 1e+19/cm<sup>3</sup> 으로 고정시키고, texture depth와 texture angle을 변화시켜 최고의 효율을 보이는 texture 구조를 찾아낸다. 그런 후에 texture 구조를 최적으로 고정하고 doping 농도를 변화시켜 최고 효율의 doping 농



[그림 1] texture 구조

2.1 Texture 구조에 대한 고찰

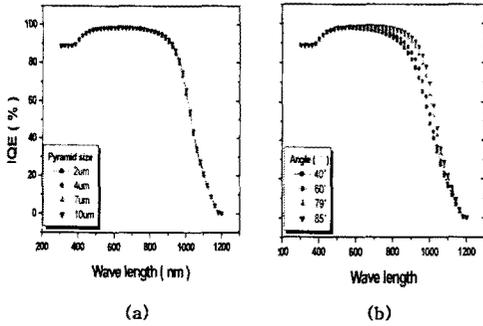
[그림 2]를 보면 texture depth가 3um일 때 가장 높은 변환효율을 보이나 texture depth에 따른 변환효율의 차이가 그렇게 크지 않은 것을 알 수 있다. texture angle에 따른 변환효율을 보면 각도가 커질수록 조금씩 증가하다가 75°~80° 사이에서 크게 증가하고, 80° 이후로는 감소하는 것을 알 수 있다.



[그림 2] texture depth와 angle에 따른 변환효율

[참 고 문 헌]

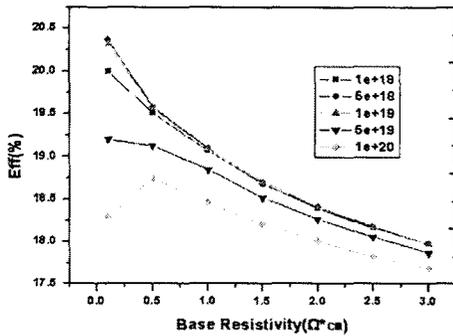
- [1] 이준신, 김경해 공저, "태양전지공학", 그린
- [2] 이준신, "태양전지원론", 홍릉과학
- [3] 이육재, "삼결정 실리콘 태양전지의 19%변환효율 최적 조건 고찰에 관한 연구", 한국전기전자재료학회, 2002
- [4] 김진섭, "Texturization을 이용한 AI MIS 태양전지의 효율 개선", 반도체재료 및 부품연구 합동학술발표 논문집, 1981



[그림 3] texture depth와 angle에 따른 IQE 특성

[그림 3] (a)를 살펴보면 역시 texture depth에 의한 IQE(internal quantum efficiency) 차이는 거의 없다는 것을 볼 수 있고, (b)를 보면 texture angle에 따른 IQE 특성은 각도가 커질수록 장파장 영역에서의 IQE 특성이 좋아지는 것을 볼 수 있다.

2.2 Doping 농도에 대한 고찰



[그림 4] Base 비저항과 doping 농도에 따른 변환효율

앞선 실험에서 찾은 최적의 texture 구조(depth:3um, angle:80°)를 이용하여 doping 농도에 따른 태양전지의 변환효율을 따져보았다. base의 비저항은 base doping 농도와 반비례하기 때문에 비저항이 커질수록 변환효율이 감소하는 것을 볼 수 있다. 비저항 값이 0.1Ω\*cm일 때 최대 변환효율을 보였다. Emitter의 doping 농도는 1e+20/cm³을 넘어가면 변환효율이 급격히 감소하는 것을 볼 수 있고, doping 농도가 5e+18/cm³ ~ 1e+19/cm³ 사이일 때 최대 변환효율을 보였다.

3. 결 론

본 논문에서는 우리가 사용하고 있는 기존의 실리콘 태양전지의 최대 변환효율을 얻기 위한 최적화 조건들을 제시하였다. 이번 실험을 통해 얻은 결과를 종합해보면 texture depth가 태양전지의 변환효율에 미치는 영향은 크지 않으나 3um일 때 최대 효율을 보였고, texture angle은 80°일 때 빛의 반사 횟수와 빛을 받는 표면적이 증가하여 최대 변환효율을 보였다. base의 비저항은 낮을수록 변환효율이 높았으며, emitter doping 농도는 5e+18/cm³ 일 때 최대 변환효율을 보였다.

위에 제시된 최적화 조건들은 실제 태양전지 제조나 설계 시에 각 변수의 결정이나 목표효율을 설정하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.