

Single layer 반사방지막 구조 태양전지에서의 표면반사율 simulation 결과 해석

라창호^{1*}, 양청², 유원중³, 김동호⁴, 김택⁵
 (1*,2,3) 성균관대학교 나노과학기술원
 (4,5) 삼성종합기술원 반도체랩

초 록: 태양전지에서 효율성은 높이고 가격은 낮추기 위한 연구가 활발히 진행이 되고 있다본 연구에서는 효율성 중에서도 single layer에서의 반사율에 초점을 맞추었다. 본 연구에서는 single layer 박막에서의 반사율에 대한 시뮬레이션을 수행했다 적절한 refractive index를 갖는 박막을 사용했을 때 반사율 감소를 simulation과 실험을 통해서 알 수가 있었으며 MgF2 박막물질을 사용했을 경우 물질의 refractive index가 낮을수록 반사율이 낮아짐을 알 수 있었다. 시뮬레이션 결과와 실제 실험 결과를 비교했을 때 실제 실험 결과의 반사율이 약 3%가량 큰 것으로 나타났다 이는 반사방지막의 증착 불균일성에 기인하는 문제로 생각된다. 또한, refractive index의 차이에 의해 substrate에 따른 최적화 반사율을 얻는 조건이 달라짐을 실험을 통해 확인할 수 있었다. Glass의 경우는 MgF2가 silicon과 GaAs의 경우에는 ZrO2 나 HfO2가 낮은 반사율을 보였다.

1. 서론

최근 화석연료의 유한성 문제가 심각하게 대두되면서태양전지에 관한 연구가 크게 주목을 받고 있다 [1]. 특히 태양전지에 있어서, 가장 중요하게 다루어지고 있는 연구주제는 원가 절감과 효율성 제고에 관한 것으로 요약할 수 있다. 가격을 낮추기 위해서 실리콘 기반이 아닌 plastic이나 polymer기반이나 nanoscale 사이즈 태양전지가 활발히 연구가 되고 있다 [2,3]. 한편, 태양광의 흡수율을 높이기 위해서는 PN접합을 하는 물질들의 종류, 표면상태, layer층의 구성, back side면 등에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다 [1,4].

본 연구에서는 single layer 구조에서의 증착물질의 refractive index에 따른 태양전지 효율 변화에 대해 조사하였다. 빛이 태양전지에 입사하게 되면 반사, 투과, 흡수가 일어난다. 효율성이란 태양전지가 태양광 흡수를 얼마나 잘 하느냐에 직결된다[1] 같은 물질에서 투과가 되는 양은 거의 비슷하다는 것을 가정하면 반사율이 적을수록 흡수가 그만큼 잘 되고 전기에너지로의 변환율도 커지게 된다 이와 관련하여 본 논문에서는 반사율을 시뮬레이션함으로써 태양전지 효율성을 제고하려는 시도를 하였다

2. 본론

Single layer film 구조에 입사된 빛의 경로는 다음과 같이 모식적으로 그릴 수 있다 (figure 1). 태양광은 전자기파이므로 기판에 입사하는 방향으로 전기장과 수직방향으로 자기장이 생긴다 여기서 각 경계면에서의 전기장과 자기장에 관한 식을 정리하게 되면 일반적으로 입사하는 빛에 대한 반사율이 다음과 같은 식으로 구해진다 [5].

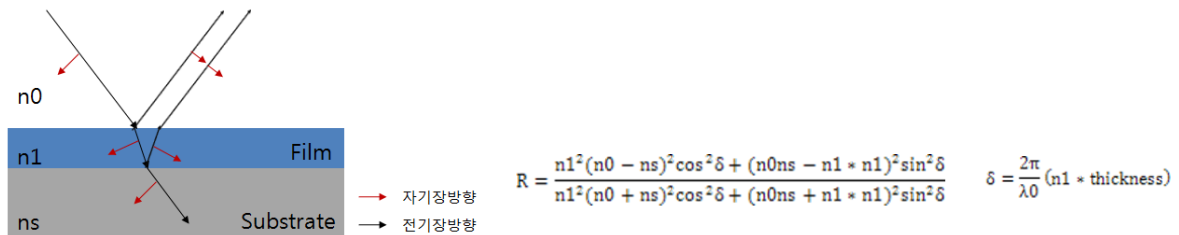


figure 1

위의 식에 의하면, 반사율이 낮기 위해서는 (n0 - ns) 와 (n0ns - n1²) 의 값이 낮아야 함을 알 수 있다 우선적으로 n0=1 이고 일반적인 박막 n1은 1보다 크기 때문에 (n0 - ns)² > (n1 - ns)² 이다. 박막을 활용하면 반사율을 좀 더 줄일 수 있음을 알 수가 있다 태양전지에서는 여러 가지 대상기판 중, 가장 많이 쓰이는 silicon과 미래의 소자로서 GaAs를 선택을 했고, 이와 비교를 위해 유리 물질을 선택했다 figure 2,3는 glass 와 silicon에서의 반사율을 실험을 한 결과이며, 박막처리를 했을 때 반사율이 더 낮음을 알 수 있다 한편 simulation 결과에 의하면, 일정한 값의 wave length를 사용한다고 할때, 반사율은 figure 4처럼 나타난다. 즉, 반사율은 박막의 두께에 따라 진동하는 형태를 취하게 된다고 고정된 film (n1) 의 두께를 사용한다고 하면, 물질의 index에 따라 다르겠지만, MgF2(1.38)의 경우 substrate (ns)의 index가 작을수록 R(반사율)값이 작음을 알 수가 있다 (figure4). 여기서, 각 물질의 refractive index는 다음과 같다. MgF2 =1.38, Silicon =3.45, GaAs =3.66 [5].

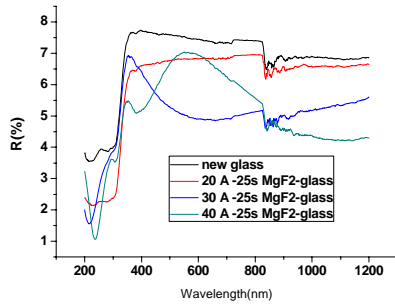


figure 2

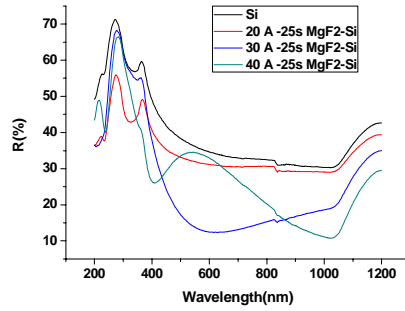


figure 3

Figure 2, 3의 실험을 통해서 얻어진 결과와 figure4의 시뮬레이션 결과를 비교를 해보면 실제 측정된 값이 시뮬레이션 값보다 3%정도 높음을 알 수가 있다 이는 증착을 하는 과정에서 시편의 위치에 따른 두께 불균일 또는 refractive index의 불균일에 기인한 것으로 추측이 된다 Figure 4, 5, 6는 반사율의 값이 substrate의 물질에 따라서 또한 박막의 물질이 다를 수 있다 물론 이는 각 물질의 refractive index의 차이에 기인한다.

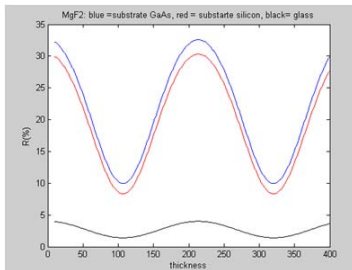


figure 4

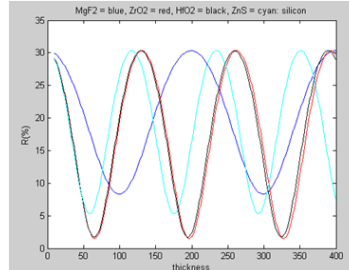


figure 5

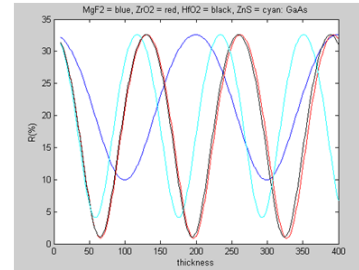


figure 6

Glass의 경우는 MgF2가 silicon과 GaAs의 경우에는 ZrO₂ (index=2.1)나 HfO₂(index=2.12)이 낮은 반사율을 얻는 데 효율적임을 보여 준다

3. 결론

Single layer 태양전지의 구조에서의 반사율에 대한 실험 및 simulation을 수행하였다. Glass의 경우는 MgF2가 silicon과 GaAs의 경우에는 ZrO₂ 나 HfO₂가 낮은 반사율을 나타냈습니다. 현재 광범위하게 사용되는 silicon 태양전지의 경우에는 silicon 기판의 refractive index (n = ~3.45)가 GaAs (n = ~3.66)와 크게 차이가 나지 않으므로 ZrO₂와 HfO₂와 같은 새로운 물질을 사용할 때도 반사율이 낮게 나타날 것이다. 본 논문에서 GaAs나 silicon에 대한 반사율을 측정과 simulation을 통해 simulation 결과의 신뢰도가 높은 것이 확인되었으므로, 향후 폴리머 태양전지나 기타 다른 물질의 태양전지에서도 이 방법을 유용하게 적용할 수 있다고 본다.

참고문헌

- [1] 이준신, 김경해, 태양전지공학(2007)
- [2] W. Ma, C. Yang, X. Gong, K. Lee, and A. J. Heeger, *Advanced Functional Materials*, 1617 - 1622 (2005)
- [3] Christoph J. Brabec, N. Serdar Sariciftci, and Jan C. Hummelen, *Advanced Functional Materials*, 15 - 26 (2001)
- [4] Martin A. Green, Keith Emery, David L. King, Sanekazu Igari, and Wilhelm Warta, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 347 - 352 (2003)
- [5] Frank L. Pedrotti S.J., Leno M. Pedrotti, Leno S. Pedrotti, *Introduction to OPTICS*.