

태양전지용 실리콘 웨이퍼의 검사를 위한 근적외선의 투과 및 반사특성 분석에 관한 연구

Characteristics Analysis of Near-Infrared Transmission and Reflection for the Inspection of Silicon Wafers for Solar Cell.

*김현욱¹, #김경범²

*H. W. Kim¹, #G. B. Kim(kimgb@ut.ac.kr)²

¹한국교통대학교 대학원, ²한국교통대학교 항공기계설계학과

Key words : Near-infrared ray, Solar cell, Silicon wafer, Transmitted light, Reflection light

1. 서론

고유가가 지속되는 가운데 이산화탄소 배출 억제 등 지구 온난화 방지를 위한 각국 정부의 정책적 지원을 바탕으로 태양전지 산업은 고성장을 이루고 있다.¹

이러한 태양 전지(solar cell)의 주재료인 실리콘 웨이퍼(silicon wafer)에서 발생하는 크랙을 검출하기 위해 구조적 조명의 설계를 통한 검사 방법은 많이 연구되어 왔다.² 또한, 근적외선의 투과 및 반사 특성을 적용한 검출 실험은 근적외선 분광법을 이용한 비파괴 검사와 식료품, 의료기기 분야에서 서만 활발히 적용되고 있다. 하지만, 근적외선 영상 자체를 이용한 검사방법은 많이 연구되지 않은 상황이다.³

본 연구에서는 이러한 실리콘 웨이퍼의 검사를 위해 근적외선 영상을 이용하여 실리콘 웨이퍼에 적용한 실험을 진행하였고, 그 결과 근적외선의 투과와 반사 특성 중 실리콘 웨이퍼 크랙의 특징의 비교 분석에 적합한 근적외선의 적용 방법을 도출하였다.

2. 근적외선과 태양전지용 실리콘웨이퍼 특성

적외선 영역중 약 0.75~3um파장대역 범위를 근적외선(near-infrared ray)이라고 지칭 한다. 근적외선은 에너지 준위가 높아 열원으로도 사용된다. 또한, 파장이 길어 투과성이 가시광선보다 높다.

근적외선을 물체에 조사 하면 크게 3가지 반사 특성을 알 수 있다. 그림 Fig. 1 (a)는 조사된 물체의 표면에서 반사되는 표면 반사광 (b)는 물체의 내부까지 침투하여 반사되는 내부반사광, 완전히 투과되는 투과광 (c)로 나눌 수 있고, 이 광원을 이용하면 물체 내부와 표면의 정보를 얻을 수 있다.³

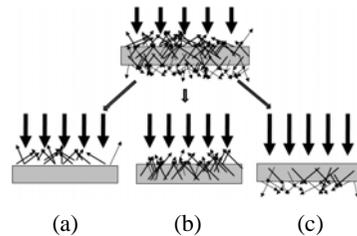


Fig. 1 NIR measuring modes (a) Surface reflection (b)Internal reflection (c) Transmission

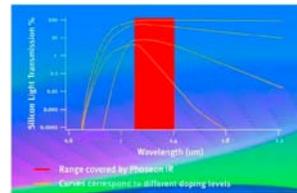


Fig. 2 Light transmission rate for silicon wafer

실리콘 웨이퍼의 두께는 180um 정도가 사용되고 있으며, 공정의 개선을 통하여 160um정도까지 사용하고 있다. 본 연구를 위해 적용한 실리콘 웨이퍼의 규격은 180~220um를 사용하였다.

Fig. 2는 실리콘 웨이퍼의 투과광 실험이다. 여기서 여러 투과율 곡선들은 실리콘과 함께 있는 다른 성분들의 투과율 곡선 이다. 이 성분들의 투과율을 조합을 하게 되면 약 900~1400nm 정도가 중첩되며 실리콘 웨이퍼의 투과영상을 얻기 위한 가장 좋은 조건은 1000~1200nm의 파장대역이다.⁴

3. 근적외선 투과 및 반사특성 실험

3.1 근적외선 검사 장치

Fig. 3은 본 연구에서 고안한 검사 장치다. 반사 및 투과 조명은 근적외선 카메라 축을 기준으로

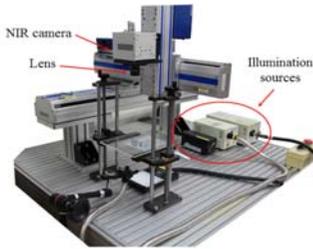


Fig. 3 NIR camera optics in experiments

설치하였다. 또한, 근적외선 카메라 축의 위치와 높이의 위치를 제어할 수 있는 이송장치를 구성하여 근적외선 카메라의 FOV(Field of View)의 위치를 이송 할 수 있도록 구성하였다. 광원은 Fig. 2에서 실리콘 웨이퍼의 투과율이 가장 좋은 영역 중 하나인 1127um의 광원을 적용하였다. 또한, 1000um 대역의 근적외선 영상을 받아들이기 위한 근적외선 카메라를 적용하였다.

3.2 근적외선 투과 및 반사 영상 획득 및 데이터 비교 분석

Fig.4는 크랙이 진행된 실리콘 웨이퍼를 촬영한 영상이다. 투과광 영상 (a)에서는 크랙이 진행된 부분은 크랙의 경로를 따라서 무결함 부분보다 어두운 특성을 보인다. 반사광 영상 (b)는 투과광과 달리 크랙이 진행된 부분이 밝게 나타나는 것으로 확인 할 수 있다.

실리콘 웨이퍼에 대한 근적외선의 투과 및 반사를 통해 획득한 영상의 데이터의 경향을 비교하였다. 비교하기 위한 방법으로는 영상들의 그레이 스케일 값의 미분 그래프를 추출하였다. Table 1은 Fig. 4의 (a)와 (b) 영상의 그레이 스케일 값을 미분한 그래프를 보여주고 있다.

그래프를 비교했을 때 결함이 존재하지 않는 지역 즉, 무결함 지역에서의 그레이 스케일 값들의 편차가 투과광을 이용한 영상이 약 1.79의 표준편차를 보이고 있으며, 반사광 영상에서는 약 3.35의 표준편차를 보인다. 결함지역과 무결함 지역의 대비는 각각 최소 75% 와 46%의 결과가 도출되었다.

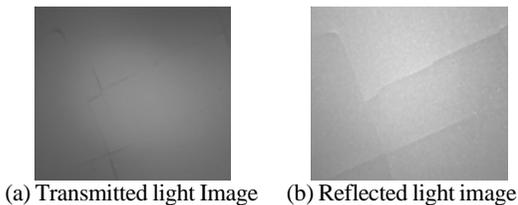
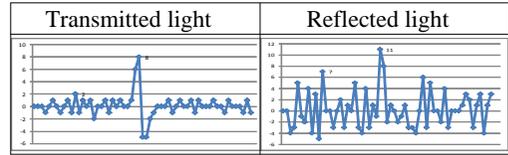


Fig. 4 Transmitted and reflected light images

Table 1 Differentiation data of transmitted light image and reflected light image



4. 결론

본 논문에서는 근적외선의 투과 및 반사 특성을 이용함으로써 태양전지용 실리콘 웨이퍼의 검사에 유리한 검사방법을 제안하였다. 그 결과 투과광 배경의 편차가 1.79, 반사광의 배경의 편차는 3.35가 도출 되었다. 또한, 대비값을 비교한 결과 각각 최소 75% 와 46% 정도의 대비를 보이고 있다. 이로써 반사 특성보다 투과 특성을 이용한 방법이 결함 성분을 분석할 때 더 유리한 것을 알 수 있다.

이 결과를 토대로 근적외선의 투과 특성을 이용한 검사 실험의 매개변수 최적화를 통해 검사 시스템에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

이 논문은 정부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구지원사업(2012001630)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. Lee, J. H., "Current Status and Future Prospects of Solar Cells," KSPE, 25, 10, 7-22, 2008.
2. An, B. I., Kim, G. B., "Development of Structured Hybrid Illumination System and Optimum Illumination Condition Selection for Detection of Surface Defects on Silicon Wafer in Solar Cell," KSME, 36, 10, 505-512, 2012.
3. Kim, K., S., Yang, S. P., Kim, S. S., Kang, K. S., Kim, H. M. and Kim, M. K., "Defect detection of Al specimen of using Lock-in photo-infrared thermography technique," 17th World Conference on Nondestructive Testing, 2008.
4. Woods, L. T., Olson, S. J., Scheriner, A. F. "Application of a Near Infrared Defect Inspection Process for Flip Chip Assembly," STMA, 2005.