

주성분분석법을 이용한 레이저 산란 패턴 기반 태양전지 웨이퍼의 결함 분류에 관한 연구

A Study on Classification of Solar Cell Wafer Defect based on Laser Scattering Pattern Using Principal Component Analysis

*정준이¹, #김경범²

*J. I. Jeong¹, #G. B. Kim(kimgb@ut.ac.kr)²

¹한국교통대학교 대학원, ²한국교통대학교 항공기계설계학과

Key words : Principal Component Analysis, Defect Classification, Solar Cell Wafer

1. 서론

태양전지를 이용한 태양광 발전은 신재생 청정 에너지로 주목받고 있다. 태양전지의 주원료로 실리콘 웨이퍼가 사용되고 있으며 원료비의 대부분을 차지한다. 이러한 태양전지 웨이퍼 내에는 많은 결함들이 존재한다. 이러한 결함들의 특징을 선정하고 분류하기 많은 방법들이 시도되고 있다. 그중에서 주성분분석법은 결함 분류에 있어서 여러 분야에서 널리 이용되고 있는 방법 중 하나이며 잡음을 많이 포함하는 레이저 산란 패턴 영상의 결함분류에 적합한 방법으로 이용되어 왔다.¹

본 연구에서는 주성분분석법을 이용하여 태양전지 웨이퍼 내에 존재하는 결함을 레이저 산란패턴 기반으로 분류를 시도하였다. 실험 결과, 제시한 방법은 우수한 결함 분류율을 보였다.

2. 주성분분석법

Fig. 1은 주성분분석법의 기본적인 알고리즘을 나타낸 그림이다. 주성분분석법은 다양한 분야의 패턴인식에서 대표적으로 차원 축소를 위해 이용되는 다변량 통계 분석 방법이다. 이 방법은 분산이 작은 성분을 제거함으로써 데이터의 차원을 줄이는 동시에 데이터에 포함되어 있던 잡음을 제거할 수 있는 특징을 가지고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 많은 잡음을 포함하고 있는 태양전지 웨이퍼의 레이저 산란패턴 영상에 이 방법을 적용하고자 하였다.²

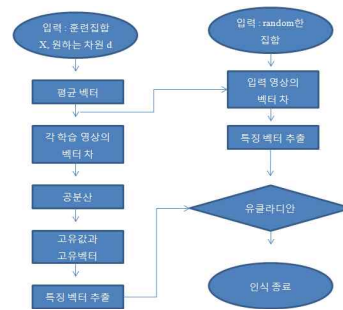


Fig. 1 PCA algorithm

3. 주성분분석법을 이용한 레이저 산란패턴의 결함분류 실험

결함의 종류는 총 18개이며, 한 결함당 20장의 결함패턴을 촬영하였다. 이 중에서 각 결함의 1번 영상을 학습 패턴 영상으로 사용하였고, 나머지 19개의 결함을 실험 패턴 영상으로 사용하였다. 먼저 학습영상 18장을 하나의 집합으로 구성하여 Fig. 2와 같이 나타내었다.

학습 패턴 영상은 패턴 영상의 각 픽셀을 행 또는 열 순서로 재배치하여 표현하였다. 패턴 영상의 크기가 150 x 150이므로, 영상의 픽셀을 하나의

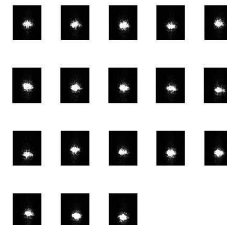


Fig. 2 Training images of laser scattering pattern



Fig. 3 Relocation image

열로 연결하여 벡터 성분으로 부호화하여 22500x1의 행벡터를 생성하여 Fig. 3 과 같이 나타내었다. 다음으로 빛과 배경에 의하여 발생하는 에러를 줄이기 위하여 영상의 정규화를 수행하였다. 평균 벡터를 구하여 학습 패턴 영상과 평균 벡터간의 차 벡터를 구하고, 차 벡터로부터 공분산 행렬을 구하였다. 공분산 행렬은 주성분을 분석하고 축약하여 다차원의 자료를 저차원으로 변환함으로써 자료의 복잡성을 제거할 수 있는 하나의 절차로 이렇게 구한 공분산 행렬을 이용하여 고유값과 고유벡터를 계산했다. 계산된 고유벡터를 재배치하여 각 결함을 대표하는 고유영상을 Fig. 4와 같이 생성하였다.³

이상의 학습과정 후, 새로운 결함영상이 입력되면 두 영상 사이에 가중치와 유클리디안 거리를 비교하여 그 거리가 최소가 되는 영상이 학습 패턴 영상과 유사한 영상이 되어 이 영상을 인식 결과로 저장하였다. 결함의 길이(length)와 깊이(depth)를 특징값으로 사용하였고 인식 결과를 기반으로 분류율을 계산하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Performance evaluation

Division		Classification
Length(um)	Depth(um)	rate(%)
15	2	100
	6	62
	10	67
30	2	73
	6	100
	10	50
45	2	51
	6	100
	10	94
20	4	100
	8	100
	12	63
40	4	68
	8	60
	12	100
60	4	100
	8	94
	12	100
Total		82.3



Fig. 4 Eigen images of Laser scattering pattern

결함 분류 수행시, 영상을 분석하면서 미세한 결함을 대상으로 촬영을 하여 결함 범위를 벗어난 지역에서 촬영된 영상이 있어 분류율이 다소 감소된 것이라 생각된다. 이러한 오차를 줄여간다면 훨씬 더 좋은 분류율을 얻을 수 있을 것이라 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 태양전지 웨이퍼 내에 존재하는 결함을 레이저 산란 패턴 기반으로 주성분분석법을 이용한 결함분류 방법을 제시하였다.

그 결과 레이저산란 패턴을 이용한 결함 분류율은 약 82%를 보였다. 이러한 결함 분류율의 향상을 위해서는 더 많은 결함 웨이퍼의 확보와 결함 분류 방법의 보완을 통해 수행할 수 있다. 이 경우, 본 연구에서 제시된 방법은 실제 태양전지 웨이퍼의 검사 공정에 적용할 수 있을 것이라 확신한다.

후기

본 연구는 2012년 한국연구재단 기초연구지원 사업(2012001630)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. J.H. Lee, "Current status and future prospects of solar cell," Journal of KSPE, vol.25, no.10, pp. 7-22, 2008.
2. Lindsay I Smith, "A tutorial on Prinipal Components Analysis", February 26, 2002.
3. G.B. Kim and J.S.Yeon, "Investigation of Laser Scattering Pattern and Defect Detection Based on Rayleigh Criterion for Crystalline Silicon Wafer Used in Solar Cell" Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 28, No. 5, pp. 606-613