

실리콘 웨이퍼를 위한 근적외선 검사 조명계 설계 및 최적조건 선정

Design of Near-Infrared Inspection Illumination System and It's Optimum Conditions Selection for Silicon Wafers

*서형준¹, #김경범²

*H. J. Seo¹, #G. B. Kim(kimgb@ut.ac.kr)²

¹한국교통대학교 대학원, ²한국교통대학교 항공기계설계학과

Key words : Near Infrared ray, Solar cell, Silicon wafer, Optimum conditions

1. 서론

최근 환경문제, 기후변화협약, 미래 에너지원의 다원화 및 인간의 삶의 질 향상으로 새로운 저탄소 사회구현을 위한 신 성장 동력 녹색성장 산업이 중요시 되고 있다. 그 중 태양전지(solar cell)를 이용한 태양광 발전이 각광 받고 있다.

적외선을 이용한 기존 실리콘 웨이퍼의 검사 방법으로 적외선 열화상 기술이 있다.^{1,5} 그러나 적외선은 열원이기 때문에 장시간 비추면 물체가 손상될 수 있다. 따라서 어느 정도 투과력은 있으면서도 열원으로서의 약하게 작용하는 적외선 영역을 선택할 필요가 있다. 이때 유용한 빛은 근적외선 영역이다.

본 연구에서는 이러한 실리콘 웨이퍼의 검사를 위해 근적외선 광원을 이용한 검사 조명계를 설계하여 각각의 매개변수에 따른 결함검출을 통해 매개변수의 최적조건을 도출하였다.

2. 근적외선 검사 조명 시스템 설계

Fig. 1은 실리콘 웨이퍼의 투과광 실험이다.² 여기서 각각의 그래프는 실리콘과 함께 있는 다른 성분들의 투과율을 보여준다. 이 각각의 성분의 최대 투과율을 조합하게 되면 가장 좋은 파장대역은 약1000~1200nm 범위의 근적외선 파장대역이라는 것을 보여 주고 있다. 이와 같은 이유로 1127nm의 파장을 가지는 적외선 할로겐 조명을 광원으로 하였다.

Fig. 2는 본 연구에서 설계된 실리콘 웨이퍼 검사 조명장치를 보여준다. 이 장치의 특징으로 광원이 반사경면에서 확산 반사를 일으켜 실리콘 웨이퍼에 다양한 방향으로 빛을 조사 시켜주고, 광원과 동일한 위치의 라인 레이저가 가이드 역할을 하여

반사경의 각도에 따라 반사되는 광원의 위치를 알려준다.³ 또한 반사경을 이동 스테이지로 위치를 조정하여 반사된 빛을 실리콘 웨이퍼에 조사되도록 한다. 이로 인해 실리콘 웨이퍼와 카메라 축의 이송을 할 필요가 없는 이점이 있다.

Fig. 3은 반사광과 투과광의 그레이스케일 미분 그래프를 보여준다. (a)반사광이 (b)투과광보다 영상에서는 결함을 잘 보여주지만 결함영역의 그레이스케일 미분그래프로 비교한 결과 (b)투과광은 결함영역이 강조되는 반면 (a)반사광에서는 결함영역을 구분하기 어렵다. 그 이유는 반사된 빛의 산란현상으로 인해 결함주변영역의 그레이스케일 값이 상승하기 때문이다. 이와 같은 이유로 투과광을 이용하여 본 연구를 진행하였다.

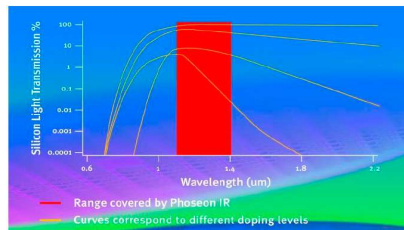


Fig. 1 Light transmission rate for silicon wafer

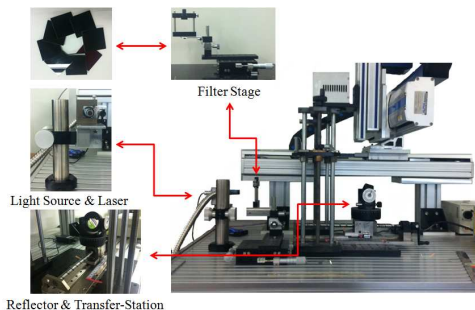
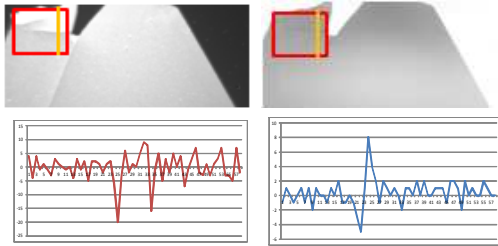


Fig. 2 Near-Infrared inspection illumination system



(a) reflection light (b) transmitted light

Fig. 3 Differentiation data of reflection light and transmitted light

Table 1 Selected factors and levels

인자		수준		
		1	2	3
A	Dist	70mm	100mm	125mm
B	Optical	7	6	5
C	θ	50°	60°	70°
D	Filter-A	RG-630	RG-665	RG-695
E	Filter-B	RG-715	RG-780	RG-830
F	Filter-C	RG-850	RG-1000	Filter-X

Table 2 S/N ratio of 3 defect average

S/N ratio					
1	-6.57617	10	-6.7561	19	-7.35328
2	-8.75547	11	-8.74704	20	-9.28546
3	-11.1394	12	-15.2911	21	-13.2222
4	-9.03489	13	-7.7147	22	-8.11003
5	-9.03489	14	-9.70037	23	-11.2494
6	-8.31087	15	-10.7106	24	-11.1487
7	-8.31087	16	-11.197	25	-13.2279
8	-11.9931	17	-12.4173	26	-15.5005
9	-12.7706	18	-11.8668	27	-17.7031

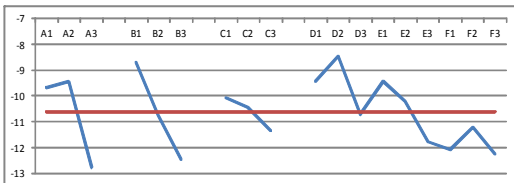


Fig. 4 Result of optimum conditions

3. 실험계획법 기반 매개변수 최적조건 선정

반사경 중심에서 실리콘 웨이퍼까지의 거리 (dist)와 반사각에 따라 빛의 분포가 달라지고, 필터 종류와 광원에서 반사경의 거리에 따라 실리콘 웨이퍼에 도달하는 광원세기도 달라진다. Table 1은 실험에 적용된 각 매개변수의 수준을 보여준다. 매개변수의 인자와 수준이 증가함에 따라 실험 횟수도 증가되기 때문에 다구치 방법(Taguchi method)^{4,5}을 적용하여 최소한의 실험횟수로 전체 실험과 유사한 결과 데이터를 얻을 수 있게 하였다.

Table 2는 27번의 실험에 의해 측정된 실리콘 웨이퍼 이미지에서 3곳의 결함 특성치에 대한 S/N 비 평균을 구한 값이다. 최적조건을 선정하는 방법은 각각의 매개변수 수준이 포함된 실험의 S/N비의 평균을 비교하여 구하였다.

Fig. 4는 최적조건을 선정한 결과를 보여준다.

그 결과 반사경 중심과 실리콘 웨이퍼까지의 거리 100mm, 광원세기7, 반사각 50°, 필터 RG-665로 최적조건이 도출 되었다.

4. 결론

본 논문에서는 실리콘 웨이퍼에 존재하는 결함을 검출하기 위해 근적외선 조명계를 설계하고 매개변수의 최적조건을 선정하기 위한 실험을 하였다. 그 결과 최적조건으로 반사경 중심과 실리콘 웨이퍼까지의 거리 100mm, 광원세기 7, 반사각 50°, 필터 RG-665의 매개변수가 도출 되었다.

선정된 매개변수로 실험을 할 경우, 실리콘 웨이퍼에 조사되는 광원의 빛은 균등하게 분포되며 크랙은 명확하게 검출될 것으로 예상된다.

후기

이 논문은 정부의 재원으로 한국연구재단의 기초 연구 지원 사업(2012001630)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- O. Breitenstein, "Lock-in IR Thermography for Functional Testing of Electronic Devices," Vortrag 17th Int. Conf. on Quantitative Infrared Thermography. 2004.
- Woods, L, T., Olson, S, J., Scheriner, A, F " Application of a Near Infrared Defect Inspection Process for Flip Chip Assembly," STMA, 2005
- HE Pollard, RE Neff, , "Optical illumination and in spection system for wafer and solar cell defects", CJ Ajluni - US patent :5,334,844
- Suzuki, R., Nakmae, K. and Fujioka, H., "Robustness Evaluation of Cost-Optimum Sampling Plan for In-Line Wafer Inspection by using Taguchi Methods" IEEE, pp. 386~389, 2005.
- Byung In An, " Development of Inspection System for Solar Cell Wafer based on Optical Scanning Mechanism", KSPE, 10, 999-1000, 2011