

암시야 레이저 산란 기반 적외선 차단 필터의 표면 검사에 관한 연구

A study on the surface inspection of infrared cut-off filters based on dark-field laser scattering

**김경범¹, 한재철²

#* G. B. Kim(kimgb@cjnu.ac.kr)¹, J. C. Han²

¹충주대학교 항공·기계설계학과, ²충주대학교 대학원 항공·기계설계학과

Key words : Infrared cut-off filter, Surface inspection, Dark-field laser scattering

1. 서론

광학용 필터는 디스플레이 장치의 핵심 부품으로 IT/BT/ST/NT 등 다양한 산업 분야에서 이용되고 있으며 최근 고급화에 대한 요구가 증대되고 있다. 특히 적외선 차단 필터는 카메라폰, 디지털 카메라, 캠코더 등의 제품에서 적외선에 민감한 이미지 센서를 보호하는 필터로 CCD 또는 CMOS 영상 센서 전면에 삽입되어 적외선을 차단하고 노이즈를 감소시켜 부드럽고 선명한 영상을 얻을 수 있는 핵심 부품이다. 필터 표면에 결함 존재 시, 화상 재현에 치명적 오류를 초래하여 그 영상은 왜곡된 영상의 결과를 가져오게 된다. 또한 제품의 초소형, 고정밀화에 따라 nm단위까지의 정밀한 검사가 산업현장에서 요구되고 있는 실정이다. 머신비전기술을 검사공정에 이용하는 것은 국외의 경우, 도장면, 금속표면, 유리 등 부재의 표면을 대상으로 널리 이루어지고 있다. 특히 반도체 제조 분야에서는 실용화의 단계까지 진행되었으며 평면을 검사 대상으로 하는 경우, 조명계에 대해서도 체계화되어 있다.¹² 그러나 머신비전기술을 이용한 유리 패널의 검사공정에 대해서는 국내 뿐 아니라 국외의 경우, 다양한 조명계 체계와 검사 연구 및 응용사례가 미비한 실정이다. 필터 표면의 결함 검사는 아직까지 인간의 감각에 의존하여 수동적인 검사가 이루어지고 있다. 이와 같은 수동 검사는 검사의 일관성, 정확성 측면에서 볼 때 매우 위험한 문제를 초래하게 되며 제품의 품질에 악영향을 미치게 된다. 또한 수동 검사는 고배율 현미경을 이용하여 검사가 되기 때문에 검사 속도에 상당한 문제가 존재한다.

본 연구에서는 적외선 차단 필터를 대상으로 각 결함들을 강건하게 검사할 수 있는 암시야 레이저 산란 검사 광학계를 구성하고, 레이저 슬릿 빔에 의한 결함의 산란 광로 및 결함 형상에 따른 산란 특성을 분석하고자 한다. 암시야 레이저 산란 분포에 따른 실험적 분석을 통하여 결함의 검출 성능을 극대화할 수 있는 방안에 대해 논의한다.

2. 암시야 레이저 산란 검사 광학계

본 연구에서는 현재 사용되는 일반적인 레이저 산란 검사법들을 조사³하여 일반 출력 사양의 레이저 빔과 함께 신호대 잡음비의 효율을 높일 수 있는 암시야 레이저 산란 검사 광학계를 Fig. 1과 같이 구성하였다. 그리고 암시야 레이저 산란 광로를 해석하여 카메라의 관찰 각도 변화에 따른 산란 성분을 영상으로 취득하여 실험적으로 분석하였다.

Fig. 2는 필터 위(S1점) 표면, 필터 위(S1점)-아래(S3점) 표면 그리고 아래(S2점) 표면에 결함 존재 시, 총체적인 레이저 산란 광로를 나타낸다. 레이저 슬릿 빔의 간섭현상을 피하기 위해 입사각 $\theta=0^\circ$ 에서의 결함 검사는 고려하지 않았다.⁴ S1점에 결함 존재 시, Fig. 2(a)와 같이 두 개의 결함으로 보여진다. 결함이 필터 위(S1점)-아래(S3점) 표면의 동일 궤적상에 존재 시, Fig. 2(b)와 같이 표현된다. 결함의 산란 성분은 각각 표면 위 결함과 표면 아래 결함으로 카메라에서 두 개의 결함 영상으로 취득되지만, 산란 분포는 결함 형상에 의존적이므로 Fig. 2(a)의 경우와 다른 형태의 산란 분포를 갖게된다. 표면 아래 S2점에 결함이 존재하는 경우, Fig. 2(c)와 같이 하나의 결함으로 취득된다.

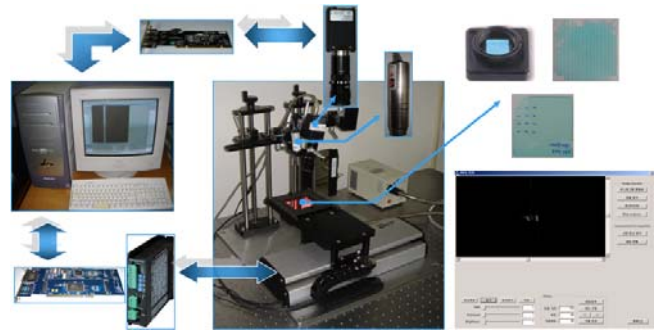
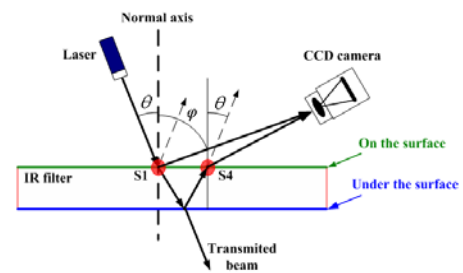
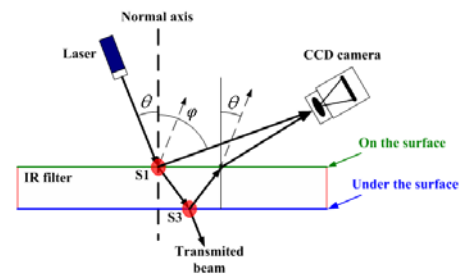


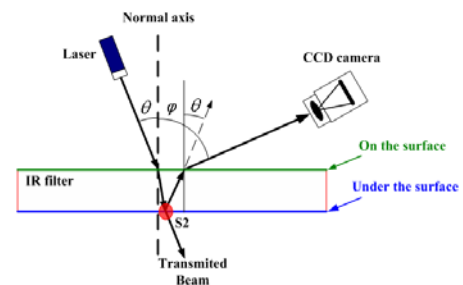
Fig. 1 The defects inspection system based on dark- field laser scattering



(a) Scattering path of defects on the surface



(b) Scattering path of defects at both sides of the surface



(c) Scattering path of defects under the surface

Fig. 2 Ray paths of dark-field laser scattering

3. 실험적 분석

본 실험에서는 표면 경사면과 양방향 반사율 및 광강도를 고려하여 입사각 θ 는 실험적 방법을 통하여 15° 로 설정하였다. 레이저를 고정시킨 상태에서 카메라의 관찰 각도 φ 를 $+5^\circ$ 씩

변화시키면서 0°~50°까지 결함 영상을 취득하여 결함 형상과 산란 분포와의 상관관계를 분석하였다. Fig. 3은 필터 표면 위에 결함 존재 시, 결함 영상(확대 영상)이다. $\varphi=20^\circ$ 에서 결함 형상은 삼각형 형상으로써, 끝부분에서 정반사성 방향으로 광이 진행되어 산란 분포가 상대적으로 낮아 영상에서 4가지로 가시화된다. Fig. 4와 Fig. 7은 필터 위-아래 표면 결함에 대한 카메라 관찰 각도의 변화에 따른 X 방향 및 Y 방향으로 픽셀 밝기 투영값을 나타낸 그래프이며, 최대 강도값을 1로 정규화하였다. Fig. 5는 필터의 위-아래 표면의 동일 제적상에 결함 존재 시, 결함 영상(확대 영상)이다. 위 표면의 산란 특성과 아래 표면의 산란 특성이 동시에 나타나며, 위 표면 결함과는 구별되는 다른 산란 분포 패턴을 가진다. Fig. 6은 필터 표면 아래에 결함 존재 시, 결함 영상이다. $\varphi=20^\circ$ 에서 필터 아래 표면의 결함 영상은 삼각형 형상으로 추정되며, 결함에 입사된 레이저 빔의 산란 패턴은 결함에 수직한 방향으로 주요 산란이 나타난다. 결함의 수직한 방향은 결함 폭에 그리고 결함의 평행한 방향은 레이저 빔의 선폭에 의존적인 성향이 크다는 것을 추정할 수 있다.

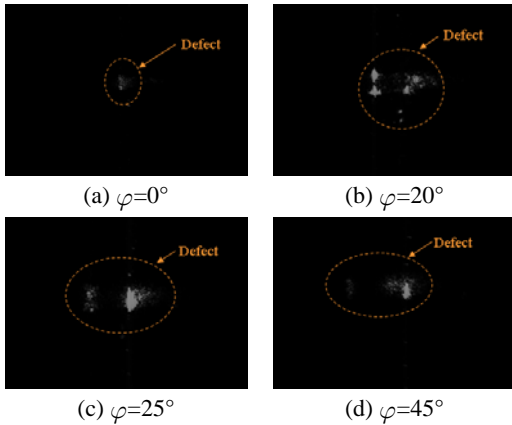


Fig. 3 Laser scattering images on Fig. 2(a)

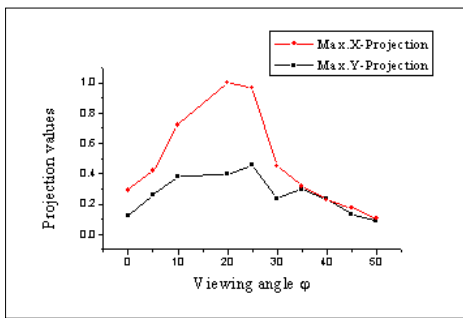


Fig. 4 Intensity projection distributions on Fig. 2(a)

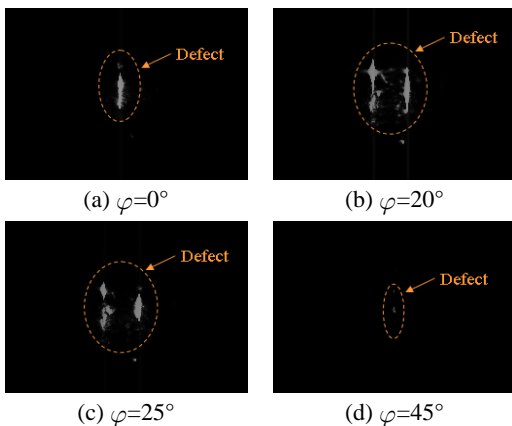


Fig. 5 Laser scattering images on Fig. 2(b)

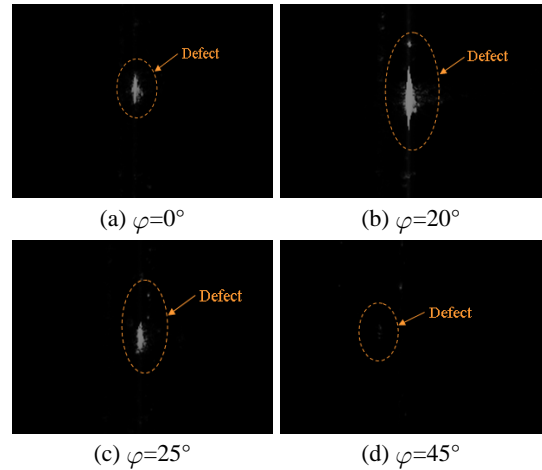


Fig. 6 Laser scattering images on Fig. 2(c)

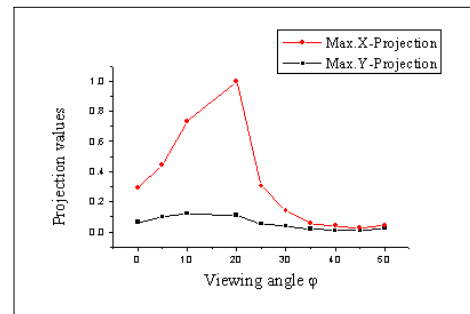


Fig. 7 Intensity projection distributions on Fig. 3(c)

결함이 필터 위 표면에 존재 시, 필터 아래 표면에 결함이 존재하는 경우와 상대적으로 필터 위 표면에 결함이 존재한다는 것을 결정지을 수 있는 중요 요소로 볼 수 있다. 본 연구에서의 실험 결과는 정반사성 방향에서 떨어진 5°~25° 범위 내에서 효과적인 결함 검출이 가능하며, 25°보다 더 크게 떨어지는 경우에는 결함과 잡음과의 대비가 낮아져 결함 검출의 효율이 떨어진다는 것을 조사하였다. 또한 실험적 분석을 통해 결함을 강건하게 검출할 수 있는 카메라의 관찰 각도를 20°로 설정할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 암시야 레이저 산란 광로를 해석하여 적외선 차단 필터 표면의 결함을 강건하게 검출할 수 있는 암시야 레이저 산란 검사 광학계를 구성하였다. 위-아래 표면에 야기되는 결함 형상의 산란 분포 특성 분석 및 결함이 최적으로 가시화되는 검출 각도를 조사하여 결함 검출의 효율을 극대화시켰다. 향후 규격별 결함의 이론적 분석과 결함들을 자동 검사할 수 있는 기술개발 연구가 진행될 예정이다.

참고문헌

1. Song, J. Y., Park, H. y., Jung, Y. W., Kim, H. J., "Development of defect inspection system for PDP ITO patterned glass," KSPE, Vol. 21, No. 12, pp. 92-99, 2004.
2. Kim, G. B., Moon, S. H., "An adaptive and robust inspection algorithm of PCB patterns based on movable segments," KSPE, Vol. 23, No. 3, pp. 102-109, 2006.
3. Bakolias, C., "Dark field, scheinplflug imaging for surface inspection," SPIE, Vol. 3029, pp. 57-68, 1997.
4. Kumaki, N., Ryu, Y. K., Jeong, K. M., Pyoun, Y. S., "A study on the defect inspection of optical mirror using laser slit beam," KSMTE, Vol. 1998, No. -, pp. 66-71, 1998.