

적외선차단필터의 표면 검사를 위한 암시야 레이저산란에 대한 실험적 분석

김경범[#], 한재철^{*}

An Experimental Analysis on Dark-field Laser Scattering for the Surface Inspection of Infrared Cut-off Filters

Gyung Bum Kim[#] and Jae Chul Han^{*}

ABSTRACT

The dark-field laser scattering system has been developed to inspect surface defects in infrared cut-off filters and then laser scattering characteristics against the defects are investigated. The qualitative analysis for the reliable and accurate detection performance is described through the correlation between incident angles of a laser and viewing ones of a camera. In this paper, reliable and important information with laser scattering is given for the surface defect inspection of IR filters. Its performance has been verified through various experiments.

Key Words : Infrared cut-off filter (IR; 적외선 차단 필터), Surface inspection (표면 검사), Dark-field laser scattering (암시야 레이저 산란)

1. 서론

광학용 필터는 디스플레이 장치의 핵심부품으로 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. 산업 제품의 규격이 메가급으로 높아질수록 고감도 필터 장착이 필수적이다. 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.¹⁻² 그러나 머신비전기술을 이용한 유리 패널의 검사공정에 대해서는 국내 뿐 아

^{*} 접수일: 2007년 4월 3일; 게재승인일: 2007년 8월 23일

[#] 교신저자: 충주대학교 항공·기계설계학과

E-mail: kimgb@cjnu.ac.kr Tel. (043) 820-5378

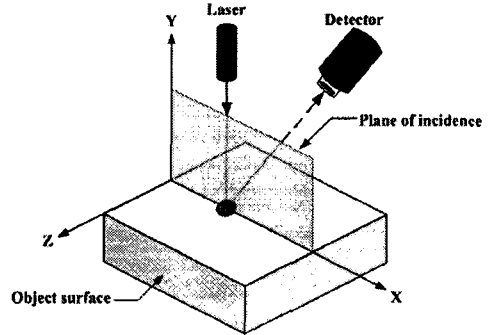
• 충주대학교 대학원 항공·기계설계학과

나라 국외의 경우, 다양한 조명계 체계와 검사 연구 및 응용사례가 미비한 실정이다. 글래스 웨이퍼 세정 시, 20 μ m 이상되는 먼지나 흠이 발견되면 폐기처분하고 있으며, 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 고배율현미경을 이용하여 검사되기 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 광도 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.

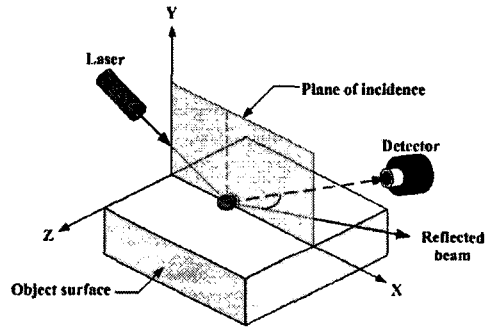
2. 암시야 레이저 산란 검사 광학계

2.1 암시야 레이저 산란

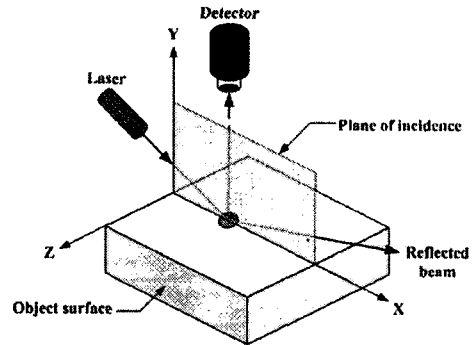
레이저 광산란을 이용한 표면의 결함 검사법은 크게 명시야(bright-field) 결함 검사법과 암시야(dark-field) 결함 검사법으로 나뉘어진다. 명시야 검사법은 입사된 표면의 반대쪽에 직접 위치하여 결함을 검사하는 방법이다. 영상에서 정반사 성분은 밝게 나타나는 반면 결함은 다양한 방향으로 산란되어 영상에서 어둡게 나타나는 특성을 이용하여 표면의 거친정도 및 표면 형상 측정에 사용되고 있다. 암시야 검사법은 반사영역 밖의 방향에서 조사된 표면을 관찰하는 원리이다. 거울같은 표면에서 산란되는 광만이 카메라에 획득되며, 균일한 회색의 영상으로 나타난다. 조사된 영역에 결함이 존재하게 되면 입사광은 결함에 의해 다양한 방향으로 산란되며 결함 영상에서 밝게 나타나는 특성을 가진다.³ 암시야 레이저 산란을 이용한 검사법은 각각 수직 입사와 비스듬한 검출, 비스듬한 입사와 비스듬한 검출, 비스듬한 입사와 수직한 검출 등 세 가지로 분류되며, Fig. 1과 같이 일반적인 암시야 검사 방법들을 개략적으로 도시하였다. Fig. 1(a)는 신호대 잡음비의 높은 효율성을 위해 작은 빔 스폿 사이즈가 사용되며, 결함 신호가 미약하여 고출력의 강도를 필요로 한다. Fig. 1(b)는 레이저 빔의 비스듬한 입사 각도와 정반사성 반사광의 수렴을 피



(a) Normal incidence and oblique detection



(b) Oblique incidence and oblique detection



(c) Oblique incidence and normal detection

Fig. 1 General dark-field inspection methods

하는 입사평면의 조금 이동된 위치에서 산란광을 수집하는 검사법이다. 일반적인 비스듬한 입사각의 경우, 대개 위 표면 반사율을 높이기 위해 45°와 80° 사이의 입사각도가 사용된다. Fig. 1(c)는 비스듬한 입사와 표면의 법선 각도에서 관찰하는 검사법으로 검출기의 렌즈 구경을 크게하여 넓은 범위

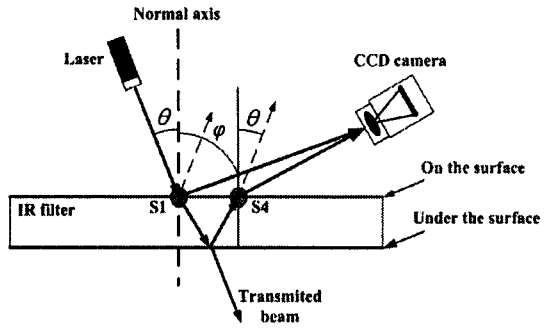
로 산란되는 광을 수집하는 방법이다.

본 연구에서는 현재 사용되는 일반적인 레이저 산란 검사법을 조사하여 일반 출력 사양의 레이저 빔과 함께 신호대 잡음비의 효율을 높일 수 있는 암시야 레이저 산란 검사 광학계를 구성하고자 한다.

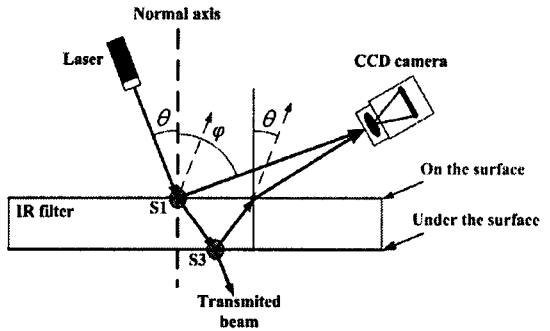
2.2 레이저 산란 광로 해석

레이저 광과 카메라 사이의 기하광학을 이용한 레이저 광산란 검사는 반사되는 광선이 변형된 케적에서 표면의 3차원 형상 정보를 포함하고 있다. 결함에서 산란되는 레이저 광로는 결함의 형상과 크기 및 위치에 따라 달라지게 되며, 산란된 광을 취득한 유용한 정보는 산란 분포와 함께 광각도로 부터 가져올 수 있다. 레이저 슬릿 빔이 적외선 차단 필터의 결함에 입사되면 산란 성분(scattering component)과 정반사성 성분(specular component)이 반사된다. 레이저 산란 성분의 실험적 변수는 레이저 슬릿 빔의 입사각 θ , 카메라의 관찰 각도 φ , 표면 거칠기의 범위, 필터의 두께, 필터의 굴절률로 정의될 수 있고, 필터의 두께와 굴절률은 광학적 상수를 가진다. 결함의 3차원 형상 정보를 획득하기 위한 결정적인 실험적 변수는 레이저 슬릿 빔의 입사각 θ , 카메라의 관찰 각도 φ 사이의 상관관계이며, 본 실험에서는 이들 상관관계와 산란 성분만을 고려하여 결함의 산란 광로를 해석하였다.

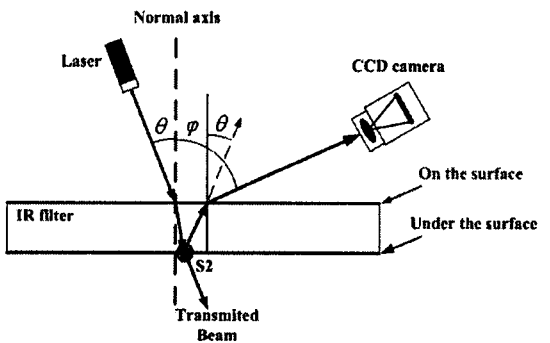
Fig. 2는 레이저 슬릿 빔의 입사각 $\theta=0^\circ$ 일 경우의 산란 광로이다. 레이저 빔이 필터 표면의 법선 방향에서 입사하게 되면 표면의 결함 영상에 간섭 현상이 나타나게 되는데, 이것은 필터 표면에 입사



(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. 3 Ray paths of dark-field laser scattering

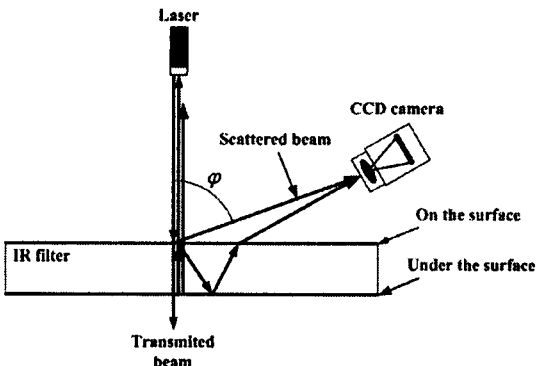


Fig. 2 Scattering path in the case $\theta=0^\circ$

하는 빔과 표면 위에서 반사하는 빔의 방향이 반대인 동일한 광로가 되기 때문이다.

방향이 반대인 입사 빔과 반사 빔의 위상 차이를 α , 간섭을 맺는 위치 사이의 간격 거리를 d , 레

이저 파장을 λ , m 을 자연수로 정하면 수식 (1)과 같이 마이켈슨 간섭계(Michelson interferometer) 방정식이 성립된다.

$$2d \cos \alpha = m\lambda \quad (1)$$

따라서 방향이 다른 동일한 광로 사이에서 간섭 현상이 발생하면 결함 검사에 치명적인 오류가 발생할 수 있으며, 오류 발생을 방지하기 위해 레이저 입사각 $\theta=0^\circ$ 에서의 결함 검사를 피해야 한다.⁴

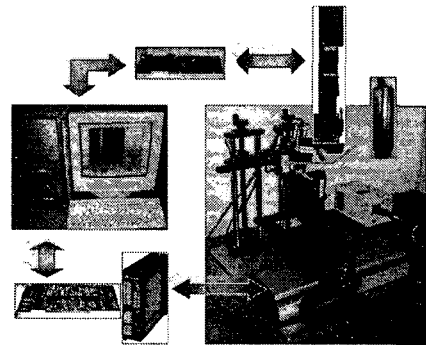
Fig. 3은 필터 위(S1점) 표면, 필터 위(S1점)-아래(S3점) 표면 그리고 아래(S2점) 표면에 결함 존재시, 총체적인 레이저 산란 광로를 나타낸다. 레이저의 첫 방사위치 S1점에 결함이 존재하는 경우, Fig. 3(a)에 보이는 바와 같이 S1점에서 산란된 광이 직접 CCD 카메라에 들어오게 된다. 나머지 산란광은 표면 아래 방향으로 산란되고, 다시 필터의 아래 표면에서 반사되어 S4점 위치에서 CCD 카메라에 들어오게 된다. 따라서 S1점 위치에 존재하는 결함의 산란 성분은 카메라에서 두 개의 결함 영상으로 취득된다. 결함이 필터 위(S1점)-아래(S3점) 표면의 동일 궤적상에 존재하는 경우, Fig. 3(b)와 같이 표현된다. 결함이 존재하는 S1점에 입사빔이 방사되면 산란된 광이 직접 CCD 카메라에 들어오는 성분과 표면 아래 S3점 위치에서 2차 산란된 광이 CCD 카메라에 들어오게 된다. 결함의 산란 성분은 각각 표면 위 결함과 표면 아래 결함으로 카메라에서 두 개의 결함 영상으로 취득되지만, 산란 본포는 결함 형상에 의존적이므로 Fig. 3(a)의 경우와 다른 형태의 산란 분포를 갖게된다. 표면 아래 S2점에 결함이 존재하는 경우, Fig. 3(c)에서 보이는 바와 같이 첫 방사된 빔이 표면에서 굴절하여 필터 아래 표면에 도달하는 S2점에서 빔이 산란되어 CCD 카메라에 하나의 결함 영상으로 취득된다.

본 연구에서는 암시야 레이저 산란 광로를 고려하여 레이저 슬릿 빔의 입사각 θ 와 카메라의 관찰 각도 φ 에 따른 레이저 산란 성분을 CCD 카메라에서 결함 영상을 취득하여 실험적으로 분석하고자 한다.

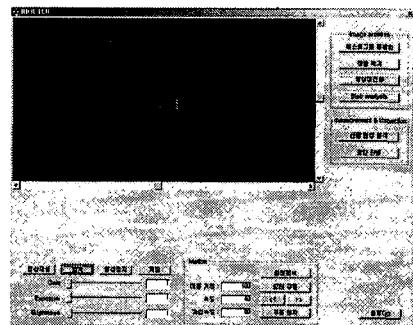
2.3 암시야 레이저 산란 검사 광학계

결함으로부터 산란된 광의 정확한 분석을 위해서는 레이저 빔의 선폭 중심과 각도 변화에 따른 CCD 카메라의 자세가 외부 오차를 줄이는 데 가장

큰 변수로 작용되며, 입사각 θ 로 표면 경계면의 한 점에 조사된 빔이 정반사 되는 위치에서 카메라 영상의 중심점에 정확하게 나타나야 한다. Fig. 4는 적외선 차단 필터의 결함 검사를 위한 암시야 레이저 산란 검사 시스템을 구성도이다. 카메라는 Basler사의 A631f 모델로 1.4 Mega Resolution, 레이저는 Stockeryale의 MFL Laser로 635nm의 파장, 20 μ m의 선폭을 갖는 광학계를 구성하였으며, 기구부는 1-Axis linear pulse motor로 반복 정밀도는 $\pm 5\mu$ m, 분해능은 최대 1 μ m의 특성을 가지도록 구성하였다. 제어부는 PC와 카메라 및 레이저와의 동기를 고려하여 IEEE 1394A 화상처리 보드, 정밀 이송 제어를 위해 Step driver가 연결된 Motion controller가 내장된 PC를 이용하여 각각의 광학계와 기구부를 제어한다. Fig. 4(a)는 암시야 레이저 산란 검사 광학계의 하드웨어 구성도를 나타내고, Fig. 4(b)는 윈도우즈 기반의 Visual C++을 이용한 소프트웨어 구성도이다.



(a) H/W



(b) S/W

Fig. 4 The defects inspection system based on dark-field laser scattering

본 연구에서 개발한 암시야 레이저 산란 검사 시스템은 관찰 각도 변화에 따른 외란을 줄여 결합 영상의 정확한 분석이 가능하도록 구성되었다.

3. 실험 및 고찰

3.1 레이저 산란 매개변수 해석

기하학적 반사표면의 속성은 입사와 표면 위에서 반사된 복사조도(irradiance)와 반사된 복사선속(radiant flux)에 의해 결정되는 양방향 반사율 분포함수(BRDF; Bidirectional Reflectance Distribution Function)의 항으로 특성을 묘사할 수 있다.⁵ BRDF의 기하학적 관계는 수식 (2)와 같이 표현된다.

$$f_r(\theta_i, \phi_i, ; \theta_r, \phi_r, ; E_i) / dE(\theta_r, \phi_r) \quad (2)$$

여기서 θ 와 ϕ 는 방향을 가리킨다. 아래첨자 i 는 입사 복사선속의 양과 r 은 반사된 복사선속의 양, E_i 는 입사 복사조도, L_r 은 반사된 복사휘도 그리고 d 는 미분 양을 나타낸다.

표면 위 광산란의 기하학적 관계는 만약 비취진 대상 표면에서 반사되어 방사된 광이 다른 매개 변수를 일정하게 하고 있으면 표면의 경사면에 의해 조절된다. 이것은 표면의 3차원 형상 정보를 산란된 광에서 찾아낼 수 있다는 것을 의미하며, 표면 형상의 높이, 기울기, 표면 상태, 만곡 등은 산란된 광강도 분포를 갖는 결합 영상에서 다뤄질 수 있다는 것이다. 이런 이유로 표면의 기하학적 정보는 산란된 광에 의해 운반되어 표면 물질 및 표면 구조와 광의 전자기 상호작용을 가져오게 된다. 즉, 산란된 광의 표면 기하학적 정보는 광의 파장, 표면 물질 타입(전도체, 유전체, 반전도체), 광의 파장

과 관계된 표면 거칠기의 범위, 광의 입사 방향 및 표면의 법선 방향과 검출기 사이에서의 기하학적 형상, 입사광의 복사조도와 선속 등의 5가지 양상에 의해 결정된다.

암시야 레이저 산란 검사의 성공을 위해 요구되는 것은 거울같은 표면인데, 이것은 표면에서 결합 신호를 만들어 영상 배경에 잡음이 발생되기 때문이다. 거울같은 표면에 필요한 조명 각은 Rayleigh 기준⁶에서 접근할 수 있으며, 수식 (3)과 같이 표현된다. 여기서 α 는 RMS 표면 거칠기, λ 는 조명 파장, θ 는 조명 각도이다.

$$\alpha < \frac{\lambda}{8 \cos \theta} \quad (3)$$

적외선 차단 필터의 표면 거칠기는 평균 1~3nm 범위이고, AFM(atomic force microscope) 측정장비의 비접촉 측정방식을 이용하여 측정하였다. 표면 거칠기가 nm단위로 매우 작아 표면 거칠기에 의한 산란 성분은 본 실험에서는 고려하지 않았다.

영상에 획득된 산란 분포는 결합의 형상 정보를 가지고 있는데, 이것은 결합 형상에 따른 편향된 광선을 계산하여 분석할 수 있다. Fig. 5에 보이는 바와 같이 움푹 들어간 곳의 편향 각도 ω 는 간단한 기하학적 계산에 의해 발견될 수 있으며, 수식 (4)로 표현된다.

$$\omega = 2\delta \quad (4)$$

결합의 산란 현상을 분석하기 위해 레일리 기준 계산식을 이용하여 검증을 시도하였고, 입사각 θ 에 대한 반사되는 궤적이 동일하게 나타나는 입사각은 $0^\circ < \theta \leq 89^\circ$ 까지 가능한 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 광의 입사 방향, 표면의 법선 방향과 카메라 사이에서의 기하학적 형상과 그 상관 관계를 고려하여 스크래치, 칩식 등의 움푹 들어간 결합들에 대하여 실험적 분석을 하고자 한다.

3.2 실험적 분석

위 표면 반사율을 높이기 위해선 큰 입사각이 요구되고, 아래 표면 결합의 반사율을 높이기 위해선 상대적으로 낮은 입사각이 요구된다. 위 표면 또는 아래 표면 결합에서 산란되는 성분을 동시에 획득하려면 적절한 입사각이 요구되며, 실험적으로

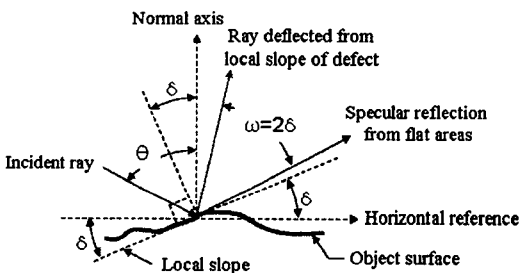


Fig. 5 Schematic representation of light ray deflection from a "flatness anomaly"

입사각 변화에 따른 영상을 취득하여 Fig. 3의 결과와 동일하면서 산란광 강도 및 산란 분포가 가장 크게 나타나는 입사각 θ 를 15°로 설정하였다. 레이저를 고정시킨 상태에서 카메라의 관찰 각도 φ 를 +5°씩 변화시키면서 0°~50°까지 결합 영상을 취득하여 결합 형상과 산란 분포와의 상관관계를 분석하고자 한다. 결합 크기는 22 μ m으로 움푹 파인 결합이 실험에 사용되었다. Fig. 6은 필터 표면 위에 결합 존재 시, 카메라의 관찰 각도 변화에 따른 결합 영상(확대 영상)이다. 카메라의 관찰 각도가 0°일 때는 S1, S4의 산란 분포가 나란히 포개져 영상에서 하나로 검출되며, 카메라의 관찰 각도 20°와 25°에서 결합의 광강도가 가장 큰 분포를 가진다. 그러나 결합뿐만 아니라 여러 노이즈(정반사 성분, 잡음 등)성분까지 영상에 획득된다. 카메라의 관찰 각도 0°~20°까지 필터 위 표면의 결합은 S1과 S4의 산란 성분이 영상에서 두 가지로 획득되는데, 여기서 S1의 산란광 강도가 크게 나타나며, 이와 상대적으로 S4의 산란광 강도는 작게 나타난다. 또한 카메라의 관찰 각도가 25°~50°까지는 S1의 산란광 강도가 작아지면서 상대적으로 S4의 산란광 강도가 크게 나타난다. $\varphi=20^\circ$ 에서 S1의 결합 영상은 4가지로 나타난다. 이것은 Fig. 7과 같은 삼각형 형상으로 추정되며, 끝부분에서 정반사성 방향으로 광이 진행되어 산란 분포가 상대적으로 낮은 것으로 분석된다. 관찰각 50°에서는 영상에 획득되는 결합의 산란 분포와 산란광 강도가 작아지며, 산란

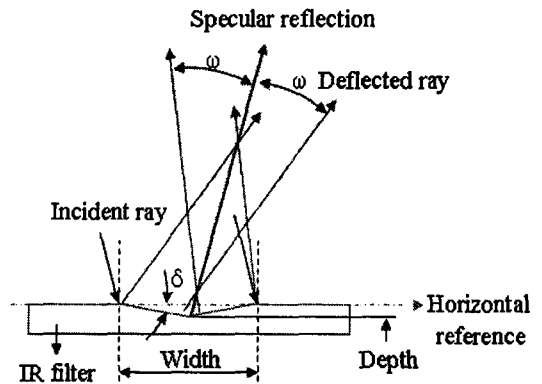


Fig. 7 Light rays deflected from triangle-shaped defects

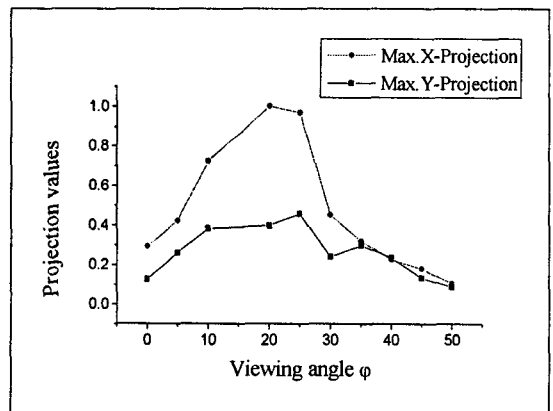


Fig. 8 Intensity projection distributions on Fig. 3(a)

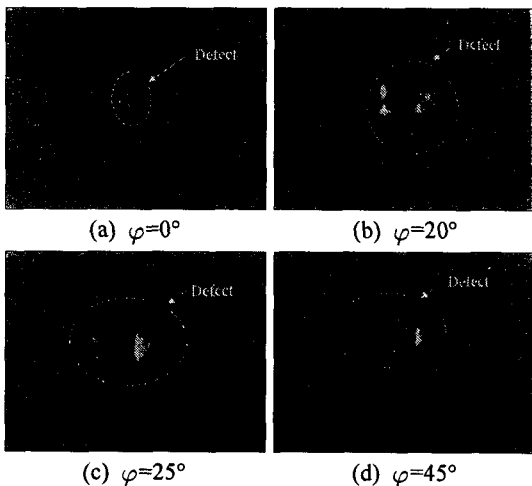


Fig. 6 Laser scattering images on Fig. 3(a)

분포가 잡음과 유사하게 나타난다. Fig. 8은 필터 위 표면 결합에 대한 카메라 관찰 각도 변화에 따른 X 방향 및 Y 방향으로 픽셀 밝기 투영값을 나타낸 그래프이며, 최대 강도값을 1로 정규화하였다. 투영값에서 관찰 각도 변화에 따른 최대 강도값이 클수록 영상에서 획득한 결합 영상의 산란 분포도 크게 나타난다. Fig. 9는 필터의 위-아래 표면의 동일 제적상에 결합 존재 시, 카메라의 관찰 각도($\varphi=0^\circ\sim 50^\circ$) 변화에 따른 결합 영상(확대 영상)이다. 카메라의 관찰 각도가 0°일 때는 S1, S3의 산란 분포가 나란히 포개져 영상에서 하나로 검출되었다.

카메라의 관찰 각도 20°와 25°에서 결합의 광강도가 가장 크게 나타나며, 필터 위 S1에서 산란되는 성분과 필터 아래 S3에서 산란되는 성분이 영상

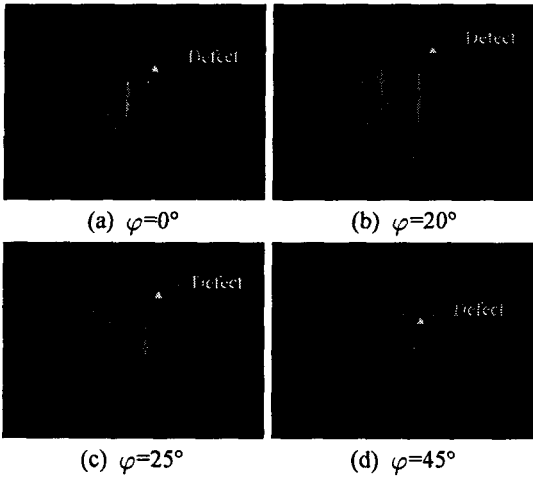


Fig. 9 Laser scattering images on Fig. 3(b)

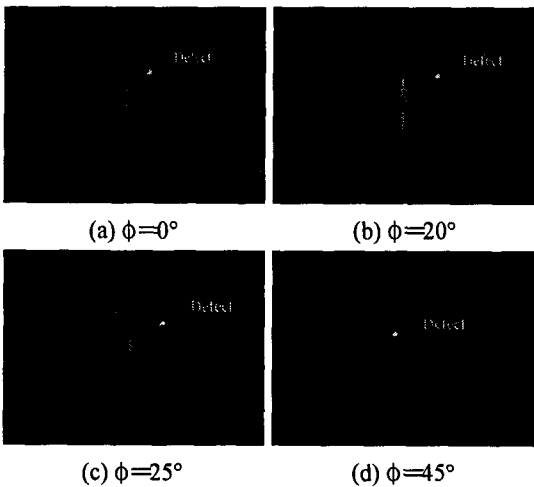


Fig. 10 Laser scattering images on Fig. 3(c)

에서 두 가지로 획득된다. 이것은 필터 위 표면 결함에서 나타나는 결함과는 다른 고유의 특성을 가지게 되는데, 위 표면에서 산란되는 특성과 아래 표면에서 산란되는 특성이 동시에 나타나는 것이다. 이러한 특성에 의해 유리 위 표면에서 두 가지의 결함으로 나타나는 것과는 구별되는 다른 산란 분포 패턴을 가진다.

그러나 결함뿐만 아니라 여러 노이즈(정반사 성분, 잡음 등) 성분도 영상에 동시에 획득된다. 카메라의 관찰 각도 5°~25°까지 S1과 S3의 산란광 강도가 크게 나타난다. 30°~50°에서는 필터 위 결함 신

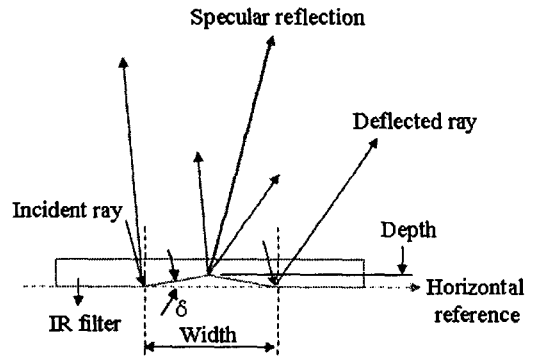


Fig. 11 Light rays deflected from triangle-shaped defects under the surface

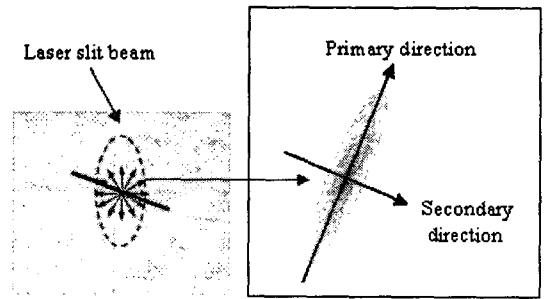


Fig. 12 Direction of scattered pattern

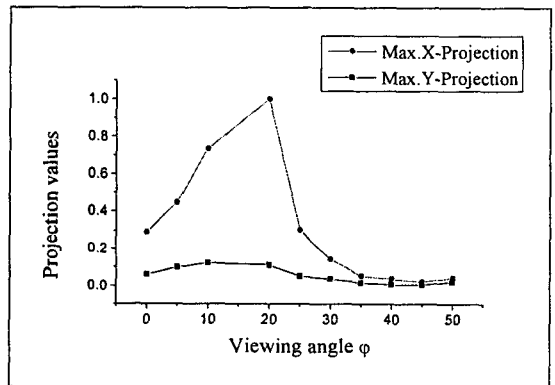


Fig. 13 Intensity projection distributions on Fig. 3(c)

호만 나타나며 동일 궤적에 존재하는 S3은 2차 산란으로 인해 광의 흩뿌려지는 정도가 더욱 커져 영상에서 가시화되지 않는다. Fig. 10은 필터 표면 아래에 결함 존재 시, 카메라의 관찰 각도 변화에 따른 결함 영상이다. 카메라의 관찰 각도 10°와 20°에

서 결함의 광각도가 가장 크게 나온다. 그러나 필터 위 표면과 마찬가지로 노이즈(정반사 성분, 잡음) 성분까지 영상에 획득된다. S2의 위치에서 결함이 영상에 획득되는데 10°와 20°에서 산란 분포가 가장 크게 나타나며, 25°~50°사이에서의 산란 분포는 관찰 각도가 증가함에 따라 점차 작게 나타난다. 결함 신호는 35°~50°까지의 투영값이 0.05미만으로 결함과 잡음 신호와의 대비가 낮아져 잡음처럼 보이게 된다. $\varphi=20^\circ$ 에서 보여지는 필터 아래 표면의 결함 영상은 Fig. 11과 같은 삼각형 형상으로 추정되며, 결함에 입사된 레이저 빔의 산란 패턴은 Fig. 12와 같이 2차원 영상에서 결함에 수직인 방향으로 주요 산란이 나타난다. 영상에서 보여지는 결함의 수직인 방향은 결함 쪽에 의존적인 성향이 크고, 결함의 평행한 방향은 레이저 빔의 선폭에 의존적인 성향이 크다는 것을 추정할 수 있다. Fig. 13은 필터 아래 표면 결함에 대한 카메라 관찰 각도의 변화에 따른 X 방향 및 Y 방향으로 픽셀 밝기 투영값을 나타낸 그래프이며, 최대 강도값을 1로 정규화하였다. 결함이 필터 위 표면에 존재 시, 실험적으로 카메라의 관찰각도 10°, 20°, 25°에서 두 가지의 결함으로 획득된다. 이것은 필터 아래 표면에 결함이 존재하는 경우와 상대적으로 필터 위 표면에 결함이 존재한다는 것을 결정지을 수 있는 중요 요소로 볼 수 있다. 그리고 필터 위-아래 표면의 동일한 궤적상에 존재하는 결함은 20°, 25°에서 위 표면 결함의 특성과 아래 표면 결함의 특성이 영상에서 동시에 나타나며, 산란광의 강도 및 산란 분포도 가장 크게 나타난다. 결함이 필터 아래 표면에 존재 시 관찰 각도 20°에서 산란광 강도 분포가 가장 크게 나온다.

본 연구에서의 실험 결과는 정반사성 방향에서 떨어진 5°~25° 범위 내에서 효과적인 결함 검출이 가능하며, 25°보다 더 크게 떨어지면 결함과 잡음과의 대비가 낮아져 결함 검출의 효율이 떨어진다는 것을 조사하였다. 결함의 산란 광각도 분포는 영상에서 결함의 형상과 크기를 결정짓는 가장 중요한 성분이 된다는 것을 검증하였고, 결함이 존재하는 모든 경우의 조건을 비교했을 때, 위 또는 아래 표면 결함인지 판별가능한 최적의 카메라 관찰 각도는 20°로 설정할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 일반적인 암시야 산란 검사법을 조사하였고, 레이저 산란의 실험적 변수 및 산란 광로를 해석하여 적외선 차단 필터 표면의 결함을 강건하게 검출할 수 있는 암시야 레이저 산란 검사 광학계를 구성하였다. 그리고 결함의 산란 광각도 분포가 영상에서 결함의 형상과 크기를 결정짓는 가장 중요한 성분이 된다는 것을 검증하였다. 결함 검출을 위해 정반사성 방향에서 떨어진 5°~25° 범위 내에서 효과적인 결함 검출이 가능하였다. 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. and Kim, H. J., "Development of defect inspection system for PDP ITO patterned glass," J. KSPE, Vol. 21, No. 12, pp. 92-99, 2004.
2. Kim, G. B. and Moon, S. H., "An adaptive and robust inspection algorithm of PCB patterns based on movable segments," J. KSPE, Vol. 23, No. 3, pp. 102-109, 2006.
3. Bakolias, C. and Forrest, A. K., "Dark-field, scheinplflug imaging for surface inspection," Proc. SPIE, Vol. 3029, pp. 57-68, 1997.
4. Kumaki, N., Ryu, Y. K., Jeong, K. M. and Pyoun, Y. S., "A study on the defect inspection of optical mirror using laser slit beam," J. KSMTE, Vol. 12, pp. 66-71, 1998.
5. Takami, K., "Defect inspection of wafers by laser scattering," Materials Science and Engineering B, Vol. 44, No. 1-3, pp. 181-187, 1997.
6. Beckmann, P. and Spizzichino, A., "The scattering of electromagnetic waves from rough surfaces," Pergamon Press, Oxford, pp. 9-16, 1963.