휴대폰 카메라용 렌즈단품 이물 자동검사장비

송청호*(㈜레이시스), 정연욱(㈜레이시스), 배상신(㈜레이시스)
송준엽(한국기계연구원), 김영규(㈜유성정밀)

Auto detect inspection system for single lens product of mobile phone camera

C. H. Song (RAYSYS INC.), Y. W. Jung (RYAYSYS INC.), S. S. Bae (RAYSYS INC.)
J. Y. Song (KIMM), Y. G. Kim (YOOSUNG INC.)

ABSTRACT

The Mega-pixel camera phones become main trends in mobile phone market. The lens modules used in mega-pixel camera phones need high resolution. One of the main factors of resolution drop is the defects of bare lens. Though there are many advantages in auto-inspection of defects of bare lens, high technical problems take the defect inspections to be done with manual process. In this paper, the type and the source of defects were described and bare lens defect auto-inspection system design was explained. The designed auto-inspection system is composed of illumination optics part, focusing optics part and auto-moving system. With the proposed auto-inspection system, fast and uniform inspection of bare lens can be achieved.

Key Words : Camera Phone (카메라폰), Lens Component (렌즈단품), Defect (이물), Illumination Optics (조명광학계), Focusing Optics (결상광학계), Defect Detecting Algorithm (이물검출 알고리즘)

1. 서론

최근 휴대폰 시장의 주종을 이루고 있는 것은 단연 카메라 기능이 탑재되어 있는 카메라폰이라고 할 수 있다. 종전의 30 만화소급의 저해상도에 만족하지 못하는 소비자들의 요구에 현재는 디지털카메라 수준인 100 만화소급 이상의 고해상도 카메라폰이 속속 개발되어 판매 되고 있는 실정이다.

이러한 고해상도 카메라모듈에 장착되는 렌즈모듈의 경우 VGA 급 렌즈모듈에 비해 높은 해상력이 요구된다. 렌즈모듈의 해상력을 저하시키는 요인으로는 조립불량, 단품 사출 렌즈의 불량을 들 수 있는데, 렌즈단품 사출 상태 및 코팅성능, 이물 등으로 인한 해상력 저하가 매우 큰 것으로 분석되고 있다. 장비의 필요성을 설명하기 위해 현재 대부분의 렌즈모듈 제조업체의 렌즈단품 이물검사 방식을 예로 들어 설명하면, 작업자가 육안검사용 현미경을 이용해 전수 검사를 하고 있다. 이 방식에서는 검사자의 숙련도 및 주관적 판단에 의해 양불이 판정되기 때문에 검사의 재현성 및 효율이 떨어지는 문제점이 있다. 그러한 이유로 렌즈단품의 이물을 자동검사하는 신뢰성 있는 장비의 개발이 절실히 요구된다.

본 눈문에서는 휴대폰 카메라용 렌즈단품에서 발생 가능한 이물의 종류와 발생원인을 규명하고 이물 검사용 조명광학계(Illumination Optics)와 결상광학계(Focusing Optics)로 구성된 비젼 시스템(Vision System)을 제안하고, 이를 통하여 획득 되어진 렌즈단품 이미지에서 이물검출 알고리즘(Defect Detecting Algorithm)을 활용한 자동검사장비의 개발에 관하여 기술하겠다.

2. 원리 및 방법

2.1 이물(Defect)

렌즈단품에서 발생하는 이물의 종류는 백색이물(White Particle), 흑점(Black Particle), 긁힘(Scratch), 얼룩(Stain), 사출불량, 코팅불량 등이 있다.

이러한 렌즈단품에 발생 가능한 이물의 발생원

인을 설명하기 앞서 렌즈단품의 생산공정을 알아보자면, 최초 렌즈단품 제작을 위한 코어(Core)를 제작한 후, 코어에 의해 금형을 제작, 금형에 의한 사출공정이 있으며, 렌즈단품만을 Tray 에 옮겨 담는 Gate-Cutting 공정을 거친 후, 코팅(Coating)용 Chamber 를 이용한 코팅공정을 거쳐 완성된다.

이물(Defect)의 발생원인과 영향을 살펴보기로 하자. 백색이물과 흑점은 주로 작업자의 부주의로 인한 Gate-Cutting 시 발생한 Particle 과 코팅 Chamber 내의 Particle 이 발생원인으로 파악된다.

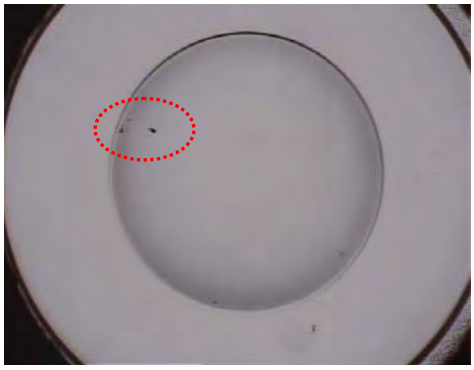

Fig. 1 The Particle Image which it get with M/C

긁힘(Scratch)은 작업자의 부주의로 인한 핀셋 긁힘과 금형 코어(Core) 긁힘 등이 주요 원인이다.

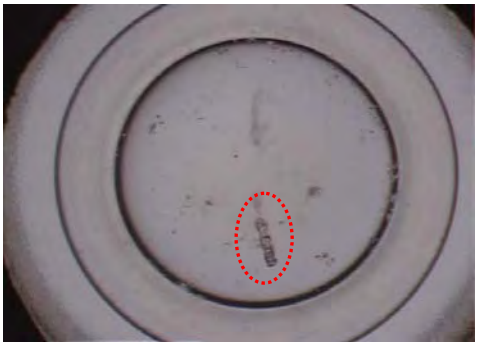

Fig. 2 The Scratch Image which it get with M/C

얼룩과 지문은 작업자 부주의로 인해 렌즈단품을 손으로 접촉 시 발생한다.

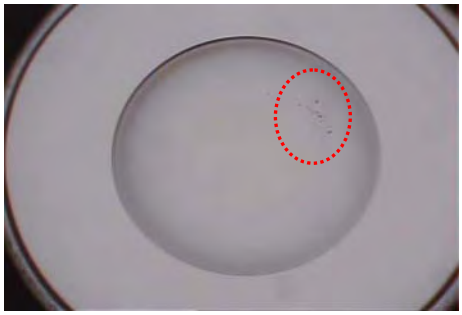

Fig. 3 The Stain Image which it get with M/C

사출불량은 사출공정 시 사출조건을 잘못 맞출 경우 렌즈 내부에 발생하는 기포 등을 예로 들 수 있다.

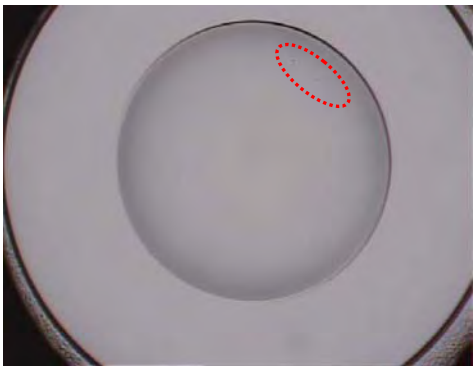

Fig. 4 The Bubble Image which it get with M/C

코팅불량은 코팅공정 시 코팅 Chamber 내의 Particle 등의 원인으로 렌즈표면의 코팅막 증착이 정상적으로 이루어지지 않아 발생하는 코팅막 벗겨짐 현상을 말한다.

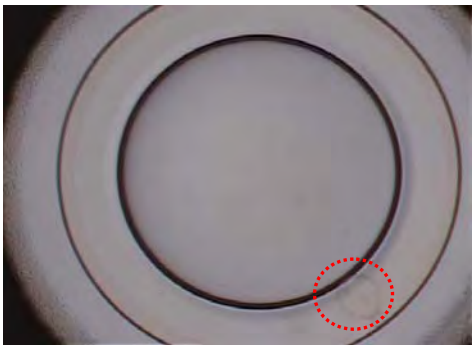

Fig. 5 The Coating NG Image which it get with M/C

2.2 이물 검사

렌즈단품 생산공정 상에서 발생 가능한 모든 이물들에 대해 재현성 있는 이물검사를 위해서는 몇 가지 해결해야만 하는 문제점이 있는데 그 내용은 아래와 같다.

2.2.1 조명광학계

금번 개발된 렌즈단품 이물 자동검사장비의 경우 결상광학계를 통한 자동검사방식이기 때문에 항상 같은 조명조건을 구현하는 것이 핵심이라 할 수 있다. 기존의 육안방식에서 사용된 현미경 검사방식의 경우 현미경 대물렌즈에 부착된 원형 형광 램프를 사용하였기 때문에 검사하고자 하는 렌즈단품 상면과 하부 면에서 반사되어오는 조명상이 조명띠로 관찰되어 검사자로 하여금 이물여부의 정확한 판독을 저해하는 요소로 작용하였다.

Fig. 6 The Coating NG Image which it get with Microscope

이에 본 장비에서는 조도균일도(Uniformity)가 우수한 LED 하부 면 조명을 적용하여 조명 띠 문제를 해결함과 동시에 렌즈유효경내의 여러 이물의 존재 여부를 정확히 판독할 수 있는 조명조건을 구현하였다.

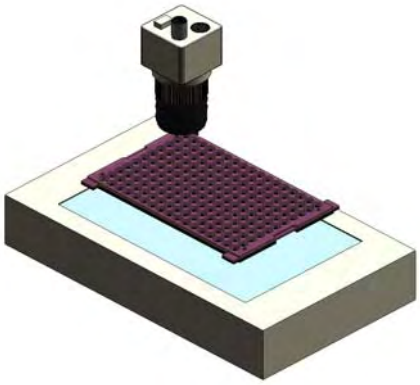

Fig. 7 Vision System

적용된 LED 면 조명은 균일한 조도분포를 위해 확산판(Diffuser Panel) 아래 면에 고휘도 LED 를 균일한 간격으로 심어놓는 직하방식의 조명방식을 채택하였으며, 결상용 카메라에서 발생할 수 있는 저주파(Low Frequency) 노이즈(Noise)를 없애기 위해 직류(DC) 전원을 사용하였다.

2.2.2 결상광학계

작업자에 의한 육안검사의 장점이자 단점인 감성적 판단, 즉 렌즈 상하면의 높이에 크게 제약받지 않고 이물을 식별해 낼 수 있는 결상광학계가 반드시 필요로 한다. 사람의 눈과 같이 대상물의 여러면에 초점을 맞추어 이물을 찾아내야 하기 때문에 본 장비에서는 시간당 화면 촬영수(Frame Rate)가 큰 카메라와 심도가 깊은 렌즈, 미세구동할 수 있는 Z 축 서보모터(Servo Motor)를 적용하여 렌즈단품에서 발생 가능한 이물 발생면을 보다 많이 보다 정밀하게 검사할 수 있는 결상광학계를 구현하였다.

2.2.3 이물검출 알고리듬

구성된 조명광학계와 결상광학계를 활용하여 얼마나 재현성 있고 정확한 이물검출을 하느냐는 이물검출 알고리즘(Defect Detecting Algorithm)에 의해 결정된다. 발생 이물에 초점면(Best Focal plane)을 찾지 못할 경우 광학특성상 초점이 흐려져 실제 이물의 크기보다 크게 보여 렌즈단품의 판정에 영향을 미치는 것을 방지하기 위해 각각의 이물에 대한 초점면을 변조전이함수(MTF, Modulation Transfer Function) 방식을 사용하여 알고리즘을 구현하였다.

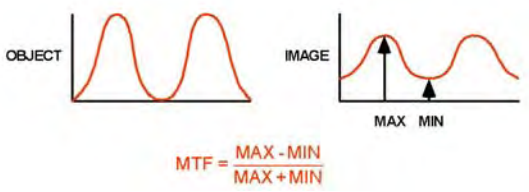

Fig. 8 MTF(Modulation Transfer Function) Formality

3. 제작 및 성능검증

본 장에서는 현 제작중인 휴대폰 카메라용 이물 자동검사장비의 설계된 3D 모델링과 이물검사 판정기준, 그로 인한 판정결과에 대하여 기술하겠다.

3.1 제작

현 제작중인 이물 자동검사장비의 기능과 작업순서(Working Process)는 아래와 같다

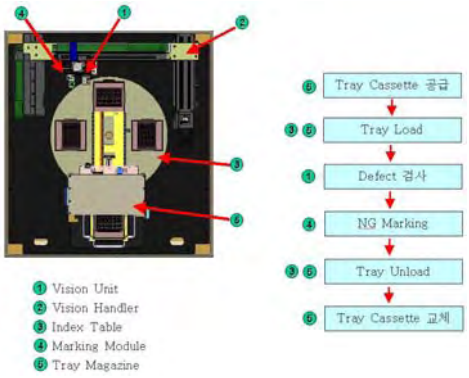

Fig. 9 Working Process

설계 완료된 이물 자동검사장비의 3D 모델링은 아래와 같다.(상부 Cover 생략)

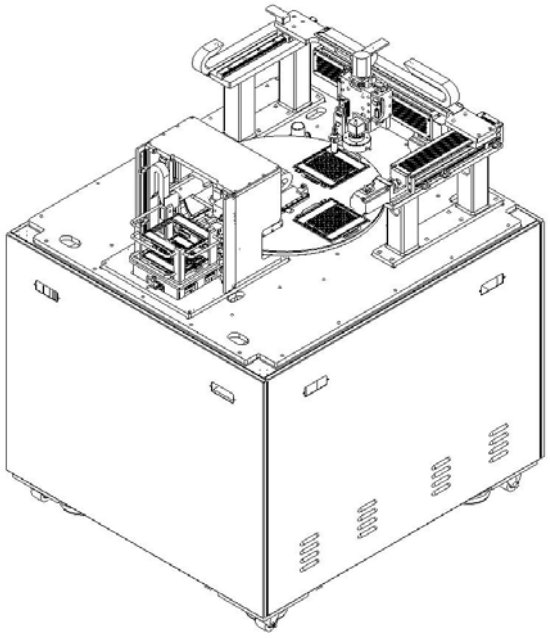

Fig. 9 M/C Appearance

3.2 성능검증

이물검사 판정기준은 다음과 같다.

첫째, 이물로 인한 렌즈단품의 양불 판정은 렌즈의 성능에 영향을 주는 렌즈유효경 내의 이물에 대하여 판정한다.

둘째, 이물의 크기는 50um 을 기준으로 하며, 그 이하는 렌즈 성능에 영향을 미치지 않는 것으로 양품처리한다.

셋째, 이물의 크기가 50um 이하일 경우에도 그 이물의 개수가 2 개 이상일 경우 불량품 처리한다.

위의 판정기준에 의한 대표적 렌즈단품 평가 예시이다.

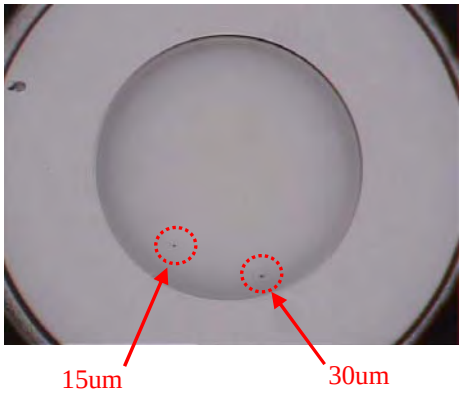

Fig. 9 이물 판정 예시

위는 30um 과 15um 의 이물 2 개가 검출된 렌즈단품으로 각각은 판정기준 첫째와 둘째의 렌즈 유효경 내의 50um 보다 작은 이물로 양품판정이 가능하나, 판정기준 셋째의 이물의 개수 제한에 의해 이물 검출 알고리즘(Defect Detecting Algorithm)에 의해 불량품 판정된 렌즈단품이다.

4. 결론

현재 본 장비의 부분적 조립이 진행되고 있는 시점으로 국내 카메라폰 모듈 생산업체에 수주된 장비이며, 조립 완료 시 성능검증만이 남아있는 단계이기는 하나, 핵심모듈인 광학계와 이물검출 알고리듬의 검증은 완료되었다.

후 기

본 장비는 현재 생산되고 있는 대부분의 렌즈단품에 적용 가능하며, 이는 렌즈단품 이물 검사의 효율증대뿐만이 아닌 국내 카메라폰 시장의 품질적 향상에도 지대한 영향을 미칠 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 송준엽 외, "PDP ITO 패턴유리의 결함 검사시스템 개발" 한국 정밀공학회지, 제 21 권, 제 12 호, pp. 92-99, 2004.
2. 조재흥, 장 수 외, "전이함수" HECHT OPTICS, pp. 733-742, 1996.