

컬러영상을 이용한 실시간 COF 필름 복합 검사시스템 개발

김용관*, 이인환**,#

* (주)강한이노시스, ** 충북대학교 기계공학부

Development of Real-Time COF Film Complex Inspection System using Color Image

Yong-Kwan Kim*, In Hwan Lee**,#

*GanghanInnosys, **School of Mechanical Engineering, Chungbuk Nat'l UNIV.,

(Received 01 July 2021; received in revised form 19 August 2021; accepted 06 September 2021)

ABSTRACT

In this study, an inspection method using a color image is proposed to conduct a real-time inspection of covalent organic framework (COF) films to detect defects, if any. The COF film consists of an upper pattern SR and a lower PI. The proposed system detects the defects of more than 20 μm on the SR surface owing to the characteristics of the pattern, whereas on the PI surface, it detects defects of more than 4 μm by utilizing a micro-optical system. In the existing system, it is difficult for the operator to conduct a full inspection through a high-performance microscope. The proposed inspection algorithm performs the inspection by separating each color component using the color contrast of the pattern on the SR side, and on the PI surface it inspects the bonding state of the mounted chip. As a result, it is possible to confirm the exact location of the defects through the SR and PI surface inspections in the implemented inspection.

Keywords : COF(칩 온 필름), Flatness(평탄도), Field of View(시야각), PI(폴리이미드), SR(솔더 레지스트)

1. 서 론

평판 디스플레이 산업의 발전과 더불어 디스플레이 패널은 경박 단소화, 고해상도가 요구되며 패널에 사용되는 부품들도 같은 추세이다. 이에 따라 부품의 크기가 작아지고 많은 기능들을 포함해야 하기 때문에 디스플레이 부품들은 점차 미세화 되는 경향이 있다. 이러한 수요에 부합하기 위하여

만들어진 제품 중 하나가 구동 칩 패키지 부품인 COF(Chip on Film)이다. COF 필름은 와이어 본딩의 대안으로서 TAB(Tape Automated Bonding)의 한 분야로 지속적으로 발전하고 있다. 제품의 구성은 폴리이미드 재질로 구성된 필름 형태로서 회로 기판을 인쇄한 형태의 SR(Solder Resist)와 회로 기판이 인쇄되지 않은PI(Polyimide)면의 형태로 구성되어 있다. 일반적인 COF 필름의 생산 공정은 칩을 SR면에 열압착하고 도포하여 칩과 고정 시킨 후 고온의 오븐을 통과시켜 경화 시킨다. 완성된 제품은 전기적 특성을 확인하기 위한 테스트 공정을 거쳐

Corresponding Author : anxanx@cbnu.ac.k

Tel: +82-43-261-3161, Fax: +82-43-263-2448

제품으로 출하 한다. 이때 여러 단계의 조립 공정을 진행하면서 제품 외관에 대한 결함(검출의 위치, 크기 등)이 발생할 수 있으며 각 공정에서 발생할 수 있는 결함이 서로 다르기 때문에 각각에 적합한 검사 기준을 적용해야 한다. 가장 심각한 결함은 칩을 패턴 상 리드의 정확한 위치에 실장하지 못하는 리드 부정합 결함으로 이는 제품 자체의 역할을 할 수 없다. 그 다음 패턴 상에 발생하는 불량 유형으로서 칩의 깨짐, 수지 미 충전, 과 충전, 리드 스크래치, 리드 사이 도전성 이물, 필름 훼손 등의 외관 결함이다. 가장 신뢰성이 높은 결함 검출의 방법은 작업자의 수작업을 통하여 검사를 하는 것이지만 많은 검사 시간과 비용이 소요되며 작업자의 작업 숙련도에 따라 검출력의 차이가 발생하기 때문에 일관성 있는 검사를 진행할 수 없다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 회색조(Gray Scale)카메라를 사용하여 자동검사를 하는 방식이 사용되고 있다. 즉 영상의 밝기를 0에서 255의 밝기 값으로 표현하며 정상 패턴을 불량 패턴과 비교하여 결함을 검출하는 방식으로 검사한다^[1]. 하지만 COF 필름은 패턴상의 영역 별로 여러 색상으로 표현되기 때문에 SR 이물 등의 특정 불량의 경우 검출이 불가능한 경우가 발생한다. 이를 보완하기 위하여 외관검사에 RGB 컬러 카메라를 사용하여 결함 검사를 진행하는 방법이 제시되고 있다. 외관 검사는 SR과 PI면이 서로 다른 검사 방식으로 진행된다. 즉 SR 패턴 상부에서 발생하는 결함의 검출과 PI면에서 실장된 칩과 리드 부정합 정도를 측정하여 검사한다. 두 검사는 서로 다른 검사 영역과 검사 분해능이 요구되어 독립적인 검사로 구성되지만 검사 장비로 제작하면 통합 시스템으로 구성할 수 있다. 본 연구에서는 COF SR면에 대하여 컬러영상의 특성을 활용하여 결함을 검사하여 분류하고 PI면 리드 부정합 정도를 측정하기 위한 복합측정 검사 시스템을 제안한다. 이때, PI면 검사는 광학계의 심도가 낮아 검사면의 작은 변화에도 측정 결과가 달라지게 된다. 따라서 제품의 평탄을 유지하기 위하여 진공 유닛을 이용하여 PI면에 장착함으로써 검사에 대한 신뢰성을 높이는 방식을 적용하였다.

2. 검사 장치

2.1 검사 장치 구성

검사 장치는 SR 검사를 위한 라인스캔 카메라와 PI면 검사를 위한 에어리어 카메라로 구성된다. SR 검사에 사용되는 컬러 라인스캔 카메라는 7.3K로 7296 픽셀의 해상도이며 렌즈는 광학이 배율 1배이고 조명은 백색 LED를 사용한 측면(Side) 조사 조명을 사용하며 영상의 가로 시야각 거리(Field Of View)가 가로 70mm, 세로 76mm이다. PI면 검사에는 5메가 픽셀 에어리어 카메라를 사용한다. 해상도는 2448 x 2048 픽셀이며 렌즈는 VMU x1.0 과 마이크로 광학렌즈5x/0.10 조합을 통하여 배율은 10배이며 조명은 적외선(IR)과장의 동축 조명이다. 시야각 거리(Field Of View)는 가로 8.445mm, 세로 7.06mm이다. Fig. 1은 검사장치의 구성도 이다.

분해능(Resolution)은 픽셀 당 거리 값을 확인하기 위하여 시야각 거리(Field of View)를 시야각 거리를 포함하고 있는 영상의 픽셀 값으로 나누는 것으로 식(1)과 같이 계산된다.

$$Resolution = \frac{L}{Px} \quad (1)$$

여기서 L 은 X방향 시야각거리이고 P_x 는 영상의 X방향 픽셀 값이다. 따라서 실제 시야각 거리가 70 mm x 76mm 일 때 영상을 카메라로 측정한다면 식 (1)에 대입하여 9.5 μ m/픽셀이며 8.445mm x 7.06mm

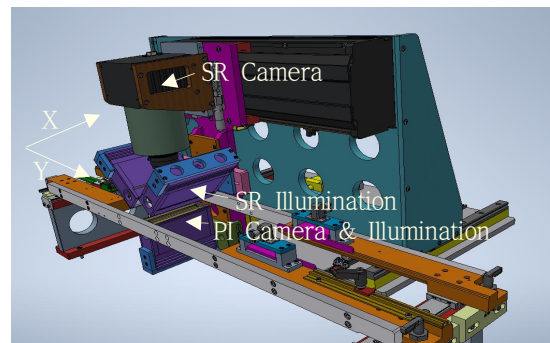


Fig. 1 Schematic drawing of COF film

시야각거리를 식(1)에 대입하면 $0.345\mu m$ 의 분해능을 가짐을 알 수 있다.

2.2 SR 검사

일반적인 회로 패턴 검사는 정상제품 기준 영상과 검사 대상 영상의 차 영상을 얻는 단계, 차 영상을 통하여 관심영역을 추출하는 단계, 관심영역에서 파라미터를 획득하는 단계, 파라미터를 적용하여 결함을 검출하는 단계로 구성된다²⁾. 참조 영상은 결함 제품과 이미지 비교를 위하여 정상제품 중에서 각종 불량이가 발생하지 않은 것을 선택한다. 이와 같이 여러 과정을 진행하면서 검사 속도 저하의 문제가 발생하거나, 패턴의 색상과 결함의 색상이 유사하여 검출이 되지 않는 문제점이 발생할 수 있다. 이를 개선하기 위하여 SR면의 컬러영상을 획득하여 참조 영상과 비교하여 결함을 검출하지 않고 Fig. 2와 같이 베이스 영역과 SR 영역으로 관심 영역을 분리하고 결함의 색상만을 검출한다. 베이스 영역은 기관과 접촉하기 위한 리드(Lead)부로 구성되어 있고 SR은 접촉되지 않는 리드부를 보호하기 위한 몰드로 구성되어 있다.

베이스는 백색이며 SR은 녹색으로서 일반적인 회색조 영상을 사용하는 경우에 SR과 같은 녹색의 경우 영상이 어두워져 그레이 값이 낮아지기 때문에 일부 결함 검출이 불가능하다. 이런 경우 컬러영상을 이용하여 SR면의 컬러를 G값으로 분리하면 영상이 밝아져 그레이 값이 높아지기 때문에 검출이 어려웠던 불량을 검출 할 수 있다. 컬러를 분리하는 방법은 식 (2)와 같으며 각각의 R,G,B의 가중치에 따라 색상을 분리하여 회색조(Grayscale)

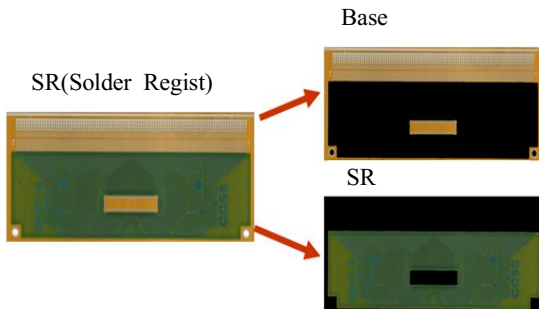


Fig. 2 Separate base and SR region

영상을 획득할 수 있다³⁾.

$$Grayscale = 0.2989 \times R + 0.5870 \times G + 0.114 \times B \quad (2)$$

베이스(Base)는 Fig.3와 같이 Red, Green, Blue 값을 추출하여 각각의 회색조 영상으로 분리한다. 관심 개체인 결함을 배경으로 분리하는 과정이 검사의 검출력을 높이는 방법으로 베이스의 경우 Red값을 분리하면 스크래치 이물의 결함에 대한 분리가 용이하지만 Green, Blue의 경우는 배경이 어두워 결함의 분리가 어려우며 결함 검출력의 저하가 발생한다. 따라서 Fig. 4와 같이 red 값만 추출하여 분리한 후 이진화를 하여 불량만 검출한다. 이진화는 픽셀의 임계 값을 설정하고 식(3)와 같이 임계 값 보다 작거나 같으면 0, 높으면 255로 표현하는 것이다. 식(2)에서 $f(x,y)$ 와 $g(x,y)$ 는 각각 입력 영상과 출력 영상 픽셀의 값이고, T는 임계 값이다.

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \\ 1 & \text{if } f(x,y) > T \end{cases} \quad (3)$$

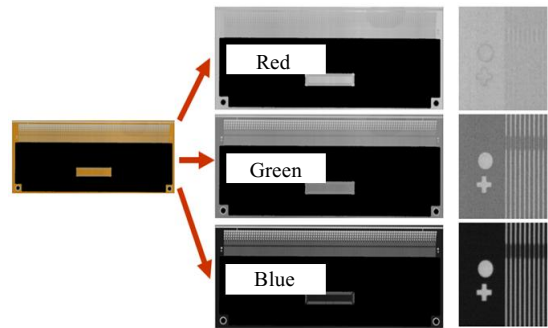


Fig. 3 Separate base into red, green and blue

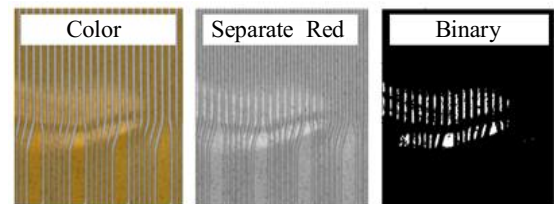


Fig. 4 Inspection using red component of color image

Entropic 등의 다양한 방법이 존재하지만 본 연구에 적합한 Otsu 방법을 적용한다. Otsu 방법은 분산 최대 이분할 방법으로 알려져 있고 두 정점을 갖는 히스토그램이 어떤 임계 치에 의해 두 부분으로 나누어 졌을 때 나누어진 영역사이 분산 값이 최대가 되도록 임계 치를 결정하여 히스토그램을 이분할하는 방법이다.

$$N = \sum_{i=1}^m n_i \quad (4)$$

$i = 1, \dots, m$ 명암레벨

각 레벨의 확률 $P_i = \frac{n_i}{N}$ 일 때, 레벨 k 로 이분할하고자 한다면 C_0, C_1 의 출현 확률과 평균값 식은 (5) 와 같이 표현된다.

$$C_0 \text{의 출현확률 } e_0 = \sum_{i=1}^k P_i$$

$$C_1 \text{의 출현확률 } e_1 = \sum_{i=k+1}^m P_i$$

$$C_0 \text{의 평균값 } \mu_0 = \frac{\sum_{i=1}^k iP_i}{e_0} = \frac{\mu(k)}{e(k)}$$

$$C_1 \text{의 평균값 } \mu_1 = \frac{\sum_{i=k+1}^m iP_i}{e_1} = \frac{\mu - \mu(k)}{1 - e(k)} \quad (5)$$

여기서 전체 평균은 식 (6)과 같으며 2개 영역 사이의 분산 식은 식(7)과 같다.

$$\mu = e_0\mu_0 + e_1\mu_1 \quad (6)$$

$$\sigma^2(k) = e_0(\mu_0 - \mu)^2 + e_1(\mu_1 - \mu)^2 = \frac{[\mu e(k) - \mu(k)]^2}{e(k)[1 - e(k)]} \quad (7)$$

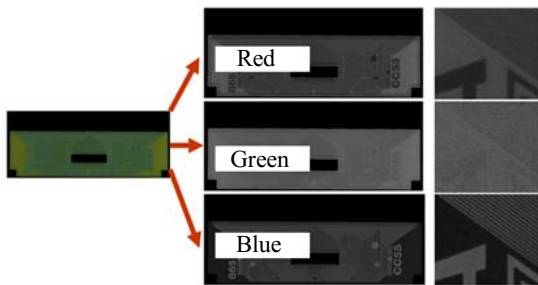


Fig. 5 Separate SR into red, green and blue

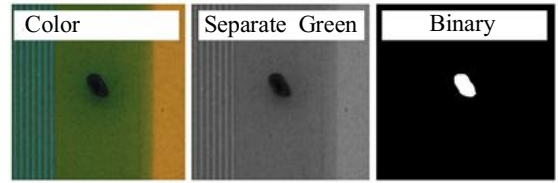


Fig. 6 Inspection using green component of color image

최종 임계값 T 는 식 (8)과 같이 표현한다.

$$T = \underset{k}{Max} \{ \sigma^2(k) \} \quad (8)$$

Fig. 5는 SR을 R,G,B로 분리한 영상으로 패턴의 전체적인 컬러가 녹색이기 때문에 Fig. 6과 같이 녹색 값을 분리해 주면 결함을 배경으로부터 분리할 수 있다.

2.3 PI 검사

PI면은 회로 패턴이 없지만 SR상의 패턴에 본딩(Bonding)된 칩과 패턴 리드를 카메라로 확인할 수 있어 부정합정도를 검사할 수 있다. SR 패턴에는 칩과 연결을 위하여 많은 수의 리드들이 있으며 칩과 리드가 정확한 위치에 본딩 되지 않으면 전기가 인가될 때 구동 칩이 전기적인 단락으로 문제가 발생하고 이때 칩과 COF 필름의 본딩 위치의 차이가 부정합 이며 $4\mu m$ 이상의 부정합을 결함으로 판단한다.

Fig. 7은 칩과 COF 패턴의 정렬(align) 마크를 동시에 PI면에서 획득한 영상으로 칩과 패턴의 정렬 마크를 일치시킨 후 본딩 한다. 정렬마크 끼리

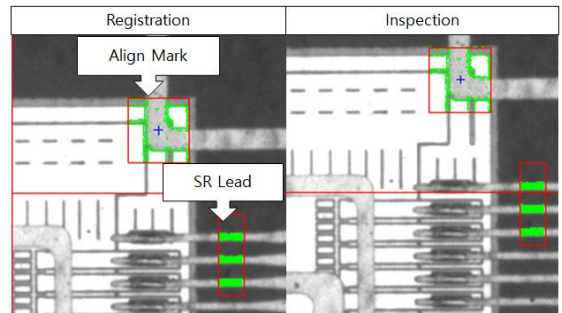


Fig. 7 PI shift detection processing step

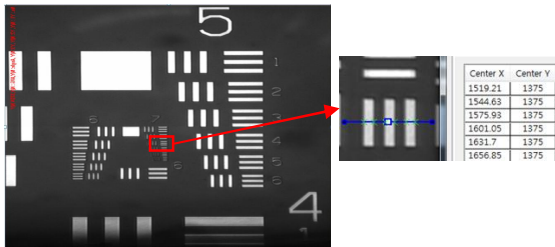


Fig. 8 USAF 1951 X1 calibration test chart

가장 근접해 있는 영상을 참조 영상으로 한 후 정렬 마크와 리드의 중심 값을 기록한 다음 검사를 위한 영상을 획득하여 패턴의 정렬 마크를 기준으로 칩의 정렬 마크를 이동하여 본딩 한 후 칩과 패턴 리드의 부정합 정도를 측정한다.

3. 카메라 분해능

SR 패턴과 PI면을 검사한 결과 발생한 결함에 대한 측정값의 신뢰성을 위하여 Fig. 8과 같은 USAF 1951 1X 차트를 사용하여 영상을 획득한 후 카메라 영상 픽셀 당 분해능(Resolution)을 측정한다^[4].

SR 검사 카메라는 라인단위 영상을 획득하고 검사하는 라인스캔방식을 사용^[5]하며 Fig. 9와 같이 렌즈의 초점거리 위치에 분해능 테스트 차트를 놓고 이동 시키면서 영상을 획득한다. PI면 리드 부정합 검사 카메라는 4 μ m 결함 검출을 위하여 마이크로 렌즈를 사용한다. 마이크로 렌즈는 수 μ m 정도의 검출이 가능하지만 렌즈의 심도가 낮기 때문에 Fig. 10과 같이 하부에 진공 유닛을 설치하고 테스트 차트의 영상을 획득한다.

4. 결함 검사 및 결과

4.1 검사 순서

COF 검사 순서는 아래 Fig. 11과 같이 구성된다. SR면은 컬러 영상을 획득한 후 베이스와 SR를 분리하고 RGB 색상을 분리한 그레이 영상을 사용하여 결함을 검출한다. PI면은 칩이 실장 후의 COF와 칩의 리드의 위치를 확인하여 부정합 정도를 측정

한다. 두 가지 검사는 동시에 진행되어 실시간으로 결과를 확인할 수 있도록 시스템이 구성되어 있다.

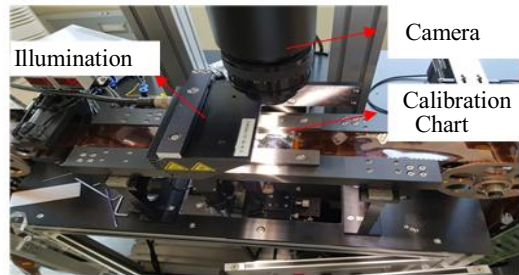


Fig. 9 Grab calibration test chart image from SR camera

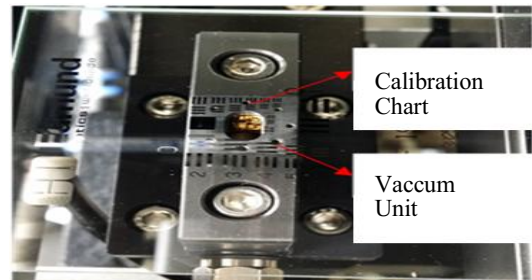


Fig. 10 Grab calibration test chart image from PI camera

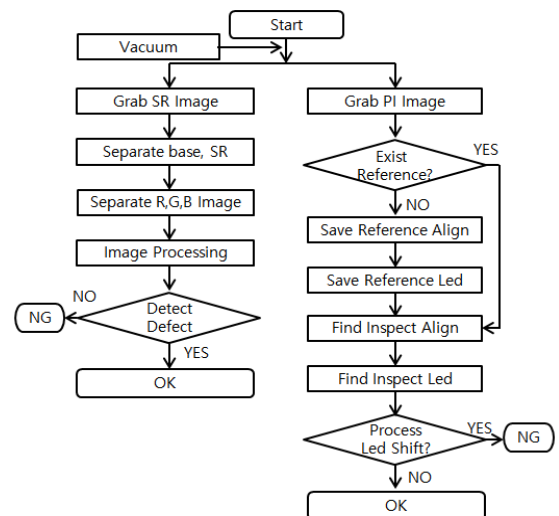
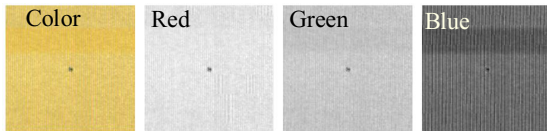


Fig. 11 Flowchart for operating the measurement system

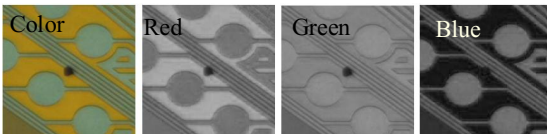
4.2 결과

SR 패턴은 컬러영상을 이용한 결함의 검출방법으로 이물의 불량이 어떤 색상에 대하여 가장 차이를 나타내는지 확인하였고 검출 크기는 Fig. 12 (a)는 SR Output 리드 측 결함을 크기가 $23\mu\text{m}$ 로 측정되었으며 결함의 크기는 테스트를 통하여 보정이된 픽셀 값을 사용하여 계산된 결과이다. Fig. 12 (b)의 SR 패턴의 결함으로서 크기는 $160\mu\text{m}$ 로 측정되었다.

PI면은 실장된 칩과 필름 리드의 정합 정도를 확인하기 때문에 칩과 리드의 본딩 정도를 100개의 제품을 측정하고 그 결과를 Fig. 14와 같이 정리하였다. Fig. 13은 진공유닛을 적용하지 않은 상태의 리드 부정합 값을 측정한 것으로 실제 크기에 비하여 리드 모서리 부분이 선명하지 못하고 높이가 편차가 발생하여 정합된 값 0을 기준으로 최소값은 $4.08\mu\text{m}$, 최대값은 $4.8\mu\text{m}$ 이고 $4\mu\text{m}$ 의 부정합 기준을 벗어난 결과가 발생하였다.



(a) Detect base defects using RGB component



(b) Detect SR defects using RGB component

Fig. 12 Detect COF defects using RGB component

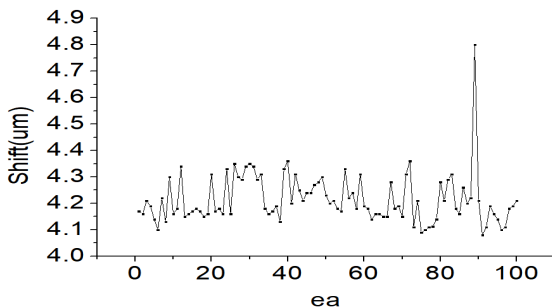


Fig. 13 Measurement of PI lead shift data not using Vacuum unit

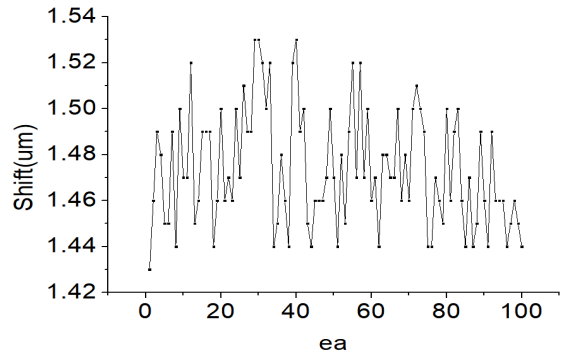


Fig. 14 Measurement of PI lead shift data using Vacuum unit

Fig. 14에서는 진공 유닛을 적용하고 측정결과 정합된 값 0을 기준으로 편차의 최소값은 $1.46\mu\text{m}$, 최대값은 $1.55\mu\text{m}$ 였다. 따라서 $4\mu\text{m}$ 의 기준에는 부합하여 불량을 발생하지 않았다. 진공유닛을 사용하지 않고 측정한 리드의 부정합 정도와 진공 유닛을 사용하고 측정한 리드의 정도 차이가 약 $3\mu\text{m}$ 이상의 차이가 발생하여 진공 유닛을 사용하지 않고 측정할 경우 측정에 대한 정밀도 및 부정합 정도에 영향을 주는 것을 확인할 수 있다.

5. 결론

SR 패턴의 외관 결함 및 PI면 리드의 부정합 정도를 검출하기 전 카메라에 대한 분해능과 평탄도 테스트를 진행하여 검사 조건에 만족하도록 하드웨어 설정하였다. 분해능 테스트는 정밀도 향상을 위하여 각 카메라당 테스트 차트를 사용하여 100회의 반복측정을 진행하였다. SR 카메라의 경우 $10\mu\text{m}$ 표준 위치를 측정된 결과 최소 $9.73\mu\text{m}$, 최대 $10.00\mu\text{m}$ 이며 PI 카메라의 경우 $10\mu\text{m}$ 표준 위치를 측정된 결과 최소 $9.96\mu\text{m}$, 최대 $10.05\mu\text{m}$ 로 측정되었다. SR 패턴 컬러 영상 검사의 경우 SR 불량량의 유형에 따라 검출이 가능한 컬러 값을 선택하여 불량을 검출하였다. PI면에서 칩과 패턴 리드의 부정합 정도 검출은 진공 유닛을 사용하지 않고 평탄하지 않은 상태에서 측정한 부정합 정도에 비하여 진공 유닛을 사용하여 평탄한 상태에서 측정한 부정합 정도가 더욱 정밀하고 신뢰성 있는 측정 결과를 얻을

수 있었다. SR 패턴 검사를 위하여 COF를 이동할 경우 진동의 영향으로 인하여 PI면 칩 부정합 검사를 동시에 수행할 수 없으며 평탄도를 유지하기 위한 진공 유닛을 사용하여 제품의 이동 후 검사를 진행하는 방법을 사용하는 것이 검사의 정밀도를 높이는 중요한 부분이 될 것이다.

REFERENCES

1. Lee, J. H., Rhim, S. H., "Study of optical vision measurement algorithm for micro hole array," Proceeding of the KSMPE Autumn Conference, p. 155, 2013.
2. Lee, S. W., Choi, H. Y., Lee, D. J., Chun, M. G., "Development of Real-Time TCP/COF Inspection System using Differential Image," Journal of The Korean Institute of Intelligent Systems. Vol. 22, No. 1, pp. 87-93, 2012.
3. Kim, H. J., Park, Y. B., "RGB Channel Selection Technique for Efficient Image Segmentation," Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 31, No.1, pp. 1332-1336, 2004.
4. Yang, S. C., Won J. H., "Development of the Ultra Precision Thermal Image Optical System," Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 27, No. 12, pp. 15-21, 2010.
5. Kim, Y. S., Moon H. J., Song C. K., Chun M. K., "Defects detection of TCP/COF using real-time line-scanner," CICS 2007 Oct 26, pp. 153-154, 2007.