

머신비전에 의한 LED Chip Package 형광물질 토출형상 측정

하석재¹, 김종수¹, 조명우^{2*}, 최종명³

¹인하대학교 기계공학과, ²인하대학교 기계공학부, ³(주)프로텍

Measurement System for Phosphor Dispensing Shape of LED Chip Package Using Machine Vision

Seok-Jae Ha¹, Jong-Su Kim¹, Myeong-Woo Cho^{2*} and Jong-Myung Choi³

¹Department of Mechanical Engineering, Inha University

²Division of Mechanical Engineering, Inha University

³PROTEC

요약 본 연구는, LED 칩 패키지에 있는 토출된 형광체 수지의 모양을 인라인 측정을 통해 개발된 검사 시스템을 기초로 한 효율적인 머신 비전에 관한 연구이다. 형광체의 반투명 특성 때문에 조사된 빛이 칩의 표면뿐만 아니라 하단 부에서도 반사된다. 이러한 현상이 LED 칩 검사의 신뢰성을 저하시키기 때문에 적절한 조명 광학계를 결정하기 위해 백색광 LED 와 635nm의 레이저 슬릿 빛을 이용하여 검사하였다. 또한, 광 삼각측정법을 이용해 정반사와 분산 반사법으로 검사를 수행하였다. 실험 결과 백색 슬릿 광과 정반사 반사법의 조합이 가장 좋은 검사 결과를 낸다는 것을 확인할 수 있었다. Catmull-Rom 스플라인 보간법을 이용하여 측정된 데이터를 부드러운 표면 형상으로 나타내었다. 측정 결과를 통해 개발된 시스템이 LED 칩 패키징 공정에 인라인 검사에 성공적으로 적용될 수 있다는 결론을 내릴 수 있다.

Abstract In this study, an efficient machine vision based inspection system is developed for the in-line measurement of phosphor resin dispensing shapes on LED chip package. Since the phosphor resin (target material) has semitransparent characteristics, illuminated light beam is reflected from the bottom of the chip as well as from the surface. Since such phenomenon can deteriorate inspection reliability, a white LED and a 635nm laser slit beams are experimentally tested to decide suitable illumination optics. Also, specular and diffuse reflection methods are tested to decide suitable optical triangulation. As a result, it can be known that the combination of a white slit beam source and specular reflection method show the best inspection results. The Catmull-Rom spline interpolation is applied to the obtained data to form smoother surface. From the results, it can be conclude that the developed system can be successfully applied to the in-line inspection of LED chip packaging process.

Key Words : Dispensing, In-line inspection, Machine vision, LED chip package

1. 서론

LED(Light Emitting Diode)는 반영구적 수명과 더불어 낮은 소비전력, 제품의 소형 경량화 가능이라는 다양한

장점으로 최근 많은 관심을 받고 있으며, 그 수요와 응용 분야는 급속히 증가하고 있다[1]. 특히 LED의 적용분야가 기존의 조명분야에서 FPD(Flat Panel Display)에 적용되는 BLU(Back Light Unit)등으로 확대되고 있으며,

본 논문은 지식경제 기술혁신사업(신성장동력장비경쟁력강화사업)의 일환으로 수행중인 'LED Encapsulation 장비 및 통합 공정 개발' 과제 연구비 지원으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Myeong-Woo Cho(Inha Univ.)

Tel: +82-32-860-7306 email: chomwnet@inha.ac.kr

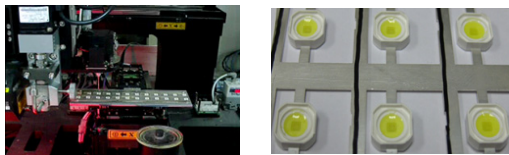
Received March 29, 2013

Revised May 8, 2013

Accepted May 9, 2013

LED TV에 대한 시장수요의 증가에 따라 요구되는 기술 또한 단위소자의 성능향상뿐만 아니라 대량생산과 고성능 및 고효율화 추세로 이행하고 있다[2]. 따라서 LED의 제품원가 절감과 대량 생산을 가능하게 하기 위해서는 LED 제품검사 기술이 중요하게 될 수밖에 없으며, 빠르고 정확하게 검사를 얼마나 효율적으로 진행하느냐가 관련 산업체의 경쟁력 확보에 매우 중요한 관건이 되고 있다. 즉, LED의 성능 불량원인을 정확하고 신속하게 파악하여 이를 제조 공정에 피드백 할 수 있어야 한다[3].

LED 칩에 사용되는 형광체(Phosphor)는 일반적으로 외부에서부터 빛, 전기 등의 형태로 에너지를 흡수하여 고유한 파장의 빛을 내는 발광물질이며 LED chip packaging에 있어서 이러한 형광물질을 정밀하게 토출시키는 공정은 중요한 핵심 공정중의 하나이다[4]. LED 패키지의 토출(Dispensing)공정은 일반적으로 리드 프레임에 LED 칩을 실장하고, 흡형의 반사 홈을 갖는 패키지 몸체가 다수로 이루어진 배열(Array)구조를 갖는다. 이 반사 홈에 형광체가 혼합된 액상수지를 정밀하게 토출한 후에 몰딩(Molding)과 경화(Curing)공정을 거쳐서 형광층을 성형한다. 이러한 종래의 LED chip package의 토출 공정에 있어 형광층은 점도가 있는 수지(Resin)에 분말형태의 형광물질을 혼합하여 제조한다. 이 때 분말인 형광물질이 균일하게 분포되지 않으면 LED 칩으로부터 방출되는 백색 광원이 균일한 색감이 표출되지 못할 수 있다. 점성이 있는 수지에 분말의 형광체를 혼합한 후 반사 홈에 충전하게 되면 패키지의 형상 및 토출 위치, 토출량 조절 등에 영향을 받아서 LED chip package 표면형상에 결함이 발생할 수 있으며, 이는 LED 불량률의 원인이 된다. 즉, 이 과정에서 정확한 토출량을 검출하기 위하여 LED 형상에 대한 측정과 검사 시스템이 적절하게 적용되지 않는다면 나중에 별도의 공정 단계를 다시 거쳐야 하므로 LED chip package 제조비용의 상승을 초래하게 된다. 이와 관련하여 국내 외 일부 FPD 및 LED관련 업체에서 검사 시스템을 개발하였지만 아직 그 효율성이 미흡한 상태이다.



[Fig. 1] Phosphor dispensing process for LED chip packaging

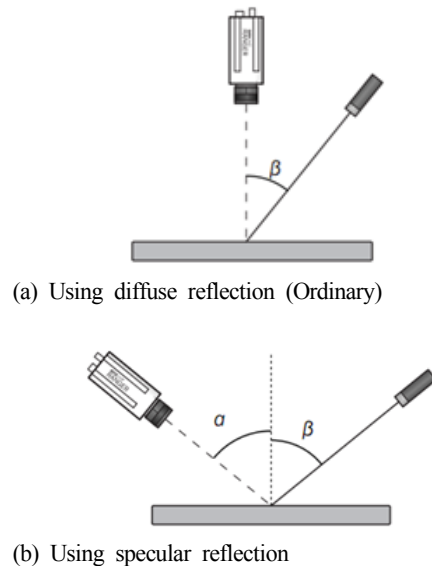
따라서 본 논문에서는 백색광 슬릿 빔을 이용하여 측정 및 검사를 위한 머신비전 시스템(Machine Vision

System)을 개발하였으며, 카메라로 LED chip의 영상을 획득한 후 이로부터 LED chip package에 토출된 형광체 수지의 양과 형상을 측정하는 실험을 수행하여 그 효율성을 분석하였다.

2. 머신비전 시스템의 구성

LED chip package의 cavity에 토출된 형광체는 반투명체 특성을 가지고 있어 용액 표면에서의 반사와 더불어 용액하부에서도 반사 및 굴절이 발생하여 적합한 측정 및 검사 시스템의 구성이 용이하지 않다. 따라서 본 논문에서 사용된 광원은 백색광과 635nm 레이저 슬릿 빔 2가지로, 측정 이미지를 획득하기 위한 카메라와 광원의 위치를 정반사와 확산반사 구조의 2가지로 하여 실험을 통해 그 결과를 비교하여 최적의 LED chip package 검사 시스템을 개발하였다.

2.1 광원 및 광삼각법



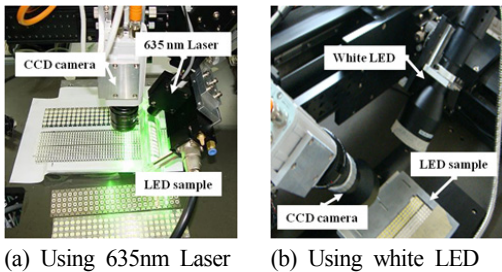
[Fig. 2] Optical triangulation methods for vision inspection

본 논문에서 사용된 3차원 LED chip package 검사 시스템은 크게 3D 카메라 및 광 센서부와 X-Y 정밀 이송 스테이지, 그리고 제어용 컴퓨터로 구성되었다. 기본적인 측정 순서는 광원에서 슬릿 빔을 발생시켜 검사용 스테이지 위에 놓여있는 LED chip package에 주사하고, 이송시키면서 3D 카메라로 획득된 영상을 컴퓨터에서 이미지 처리하여 3차원 데이터를 구한 후 측정 및 검사 결과를

화면에 표시하도록 개발하였다. 머신비전을 이용한 측정 및 검사시스템은 필요한 특성의 빛을 대상물에 조사하는 광원과 반사되는 빛을 받아들이는 카메라로 구성되어 있으며, 이를 광삼각법에(Optical Triangulation)의해 형상 정보를 계산하는 방법을 적용하였다. 물체에서 빛이 반사되는 형식은 크게 정반사와 확산반사로 구분되며, Fig. 2(a)에서와 같이 머신비전을 이용한 검사 시스템의 경우 보정의 용이성 및 정확한 영상정보의 획득이 가능한 확산반사 방식(Diffuse reflection method, Ordinary method)을 사용하는 것이 일반적이다. 확산반사에서는 샘플의 모든 면에서 반사가 이루어지기 때문에 측정 대상 샘플의 전체적인 복원이 용이하나, Fig.2(b)와 같이 정반사(Specular reflection method)에서는 실제 입사각과 동일한 각도로 반사되는 빛만을 취하므로 대상물에서 일부 복원되지 않는 부분이 발생한다.

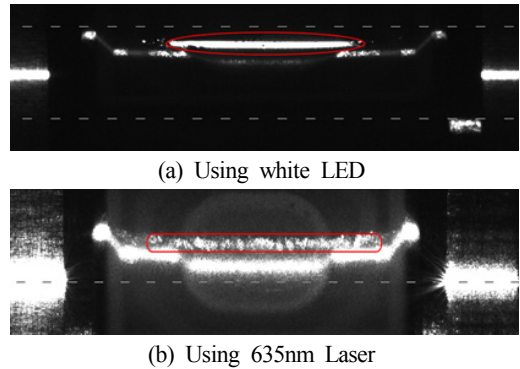
그러나 대상 물체가 투명체인 경우, 확산반사 방식에서는 조사된 빛이 투명체 아래로 투과 및 굴절되어 내부 영역의 반사가 함께 발생하는 문제로 측정 데이터에 오류가 발생할 수 있다. 이러한 경우 정반사 방식을 사용하는 것이 대상물 표면에 대한 측정정확도를 향상시키는 방법이 될 수 있다. 입사되는 매질의 면이 고른 부분에서 정반사가 많이 일어나며 입사각과 반사각은 서로 동일하다. 정반사 방식에서는 입사각이 $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 부근까지는 반사율이 5% 정도이나 입사각이 70° 를 넘으면 반사율은 급격히 상승하며, 투명체는 특별한 결정을 제외하면 굴절률은 1.5~1.6 정도를 나타낸다. 대상물체의 측정을 위해 조사되는 광원은 레이저 같은 단일 파장 빛이나 백색광이 사용된다. 단일 파장 레이저는 외부 환경에 의한 영향이 적어 확산반사 방식에서 측정 정확도가 높으나 대상물이 투명체인 경우에는 빛의 투과 및 굴절에 의한 오류 발생 가능성이 있다. 백색광은 다양한 파장대가 고루 분포되어 있어 표면반사 응집력이 단일 파장 레이저에 비해 높아 투명체의 정반사 방식에 의한 측정에 보다 적합하다.

2.2 기초실험을 통한 프로파일 분석



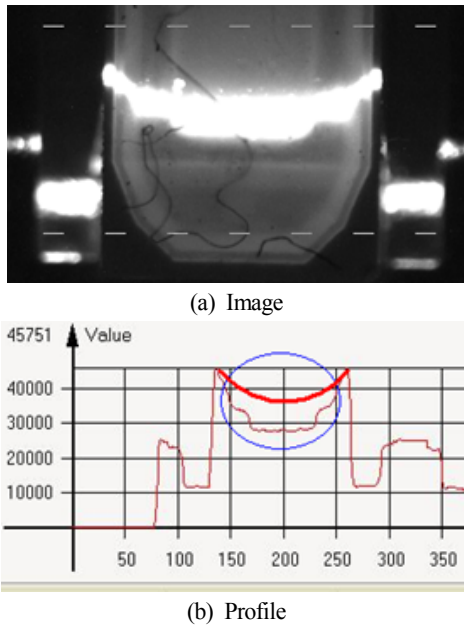
[Fig. 3] Implemented machine vision systems for LED chip package inspection

Fig. 3은 본 논문의 기초실험을 위해 사용된 LED chip package 검사용 머신비전 시스템이며, Fig. 4의 (a)와 (b)에 형광체가 도포된 LED chip package 샘플에 정반사 방식으로 백색광과 635nm 레이저 슬릿 빔을 조사하여 획득된 영상을 나타내었다. Fig. 4에서 영상 안의 붉은색 부분이 도포된 용액 표면에서 정반사 되는 빛을 나타낸 것이며, 조사된 슬릿 빔의 광원에 따라 반사 품질에 큰 차이가 있는 것을 확인할 수 있다.



[Fig. 4] Profile images of LED chips obtained by specular method

Fig. 4(a)백색광의 경우 용액 표면에서 반사되는 빛의 균일성이 우수한 반면 Fig. 4(b)레이저 슬릿 빔의 경우에는 정반사와 난반사가 동시에 발생한 영상을 확인할 수 있다. 그림에서 붉은색 부분 아래에서 반사된 빛은 조사된 빛이 투과 및 굴절되어 샘플의 바닥 면에서 반사되는 빛이다. 정확한 LED chip package에 토출된 형광체의 높이를 측정하기 위해서는 정반사되는 윗면의 프로파일을 취득하여 높이로 환산하여야 한다. 하지만 Fig. 4(b)에서 보는 바와 같이 레이저를 사용하는 경우는 특징 면에서의 난반사가 매우 커져 측정이 불가능한 상황까지 도달하였다. 기초실험 결과 투명체의 측정을 위하여 표면반사를 위한 정반사 방식의 측정방법에서는 레이저 대신 백색광 슬릿 빔을 선택하는 것이 적절하다고 판단되었다. 그러나 정반사 방식은 입사각과 반사각이 동일하여 대상물의 표면 일부에서 반사가 되지 않는 영역이 발생할 수 있는 단점이 있으며, 이는 샘플의 형상에 따라 매우 많은 면적일 수도, 적은 면적일 수도 있다. 본 연구의 기초실험에서 용액의 표면이 매우 깊은 U자 형태로 토출된 경우에는 정반사 되는 빛의 양이 극히 적어지는 경우도 발생하였다.

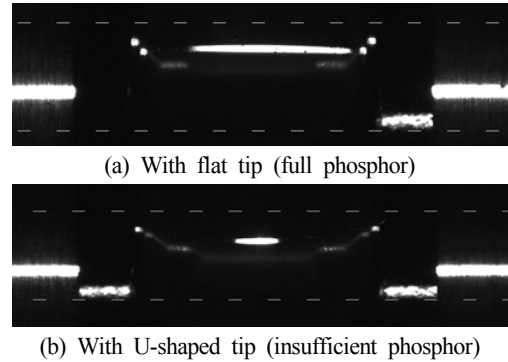


[Fig. 5] Results using diffuse reflection method and white LED

Fig. 5(a)는 확산반사 방식으로 빛을 조사 했을 때의 측정 영상을 나타낸 것으로 굴절 및 투과된 빛이 LED chip package 시편의 바닥 면에서 반사되는 것을 확인할 수 있다. 물론 확산반사의 장점은 정반사 방식과는 다르게 반사가 되지 않는 영역을 최소화하여 볼 수 있다는 장점이 있지만, 반면에 투명체의 높이 측정에 굴절, 투과된 변수가 함께 포함되기 때문에 정확한 높이의 계산이 힘들다는 단점을 내포하고 있다. Fig. 5(b)는 획득된 영상 프로파일을 나타내고 있으며, 그림의 굵은 붉은 선 형태로 표면이 측정되어야 바람직하지만, 실제로는 LED chip 하부의 바닥 면 프로파일이 획득된 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 이러한 사유로 635nm 레이저 보다는 백색광을 슬릿 빔으로 확산반사 방식보다는 정반사 방식을 이용하여 형광체 용액 중심의 평균 높이를 측정하는 방법을 사용하여 시스템을 구성하였다.

또한 정반사 방식에서 LED chip에 형광체 수지를 가득 주입한 시편(full phosphor, flat top)과 부족하게 주입한 시편(insufficient phosphor, U-shaped top) 2개에 대하여 백색광 슬릿 빔을 사용하여 획득한 이미지를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6(a)의 LED chip 영상은 형광체 수지가 편평한 형태로 도포된 경우의 영상으로 대체로 많은 정반사 광을 취할 수 있으나, Fig. 6(b)와 같이 형광체 수지가 적게 주입된 형태의 샘플에서는 상대적으로 적은 정반사 광을 얻을 수 있었다. 결과적으로 사용된 정반사 방

식의 측정방법은 샘플 중심의 평균 높이를 얻을 수는 있으나, 형광체 수지 전체의 프로파일을 획득하는데 한계가 있는 방법으로 추정된다.



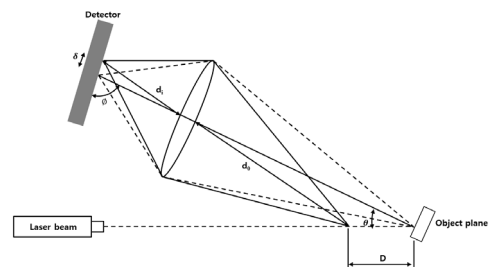
[Fig. 6] Results using specular reflection method and white LED

3. LED Chip Package 높이 추출 및 형상획득

3.1 광삼각법에 의한 높이 추출

모든 측정 값은 3D 카메라에서 획득된 영상 데이터로부터 추출되며, 광삼각 측정 방식을 기초로 라인 스캔 카메라 사용과 동일한 방법으로 LED chip package 전체를 스캔하여 데이터를 획득한다. 삼각 측정원리를 통한 카메라와 라인 빔의 위치와 CCD에 맺힌 물체의 높이의 변화에 대한 관계식은 Fig. 7에 나타난 것처럼 식(1)에 의해 표현된다[5].

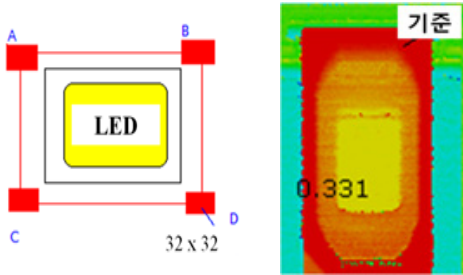
$$\sigma = \frac{Dd_s \sin\theta}{D \sin(\theta + \Phi) + d_0 \sin\Phi} \quad (1)$$



[Fig. 7] Optical triangulation method

그러나 실제 높이를 정확하게 계산하기 위해서는 실제 카메라와 광원의 각도와 좌표가 이론적인 값과 정확히 일치하여야 하나, 이는 실제 상황에서는 매우 어려운 일이며, 본 연구에서는 블록 게이지를 이용하여 단차의 편차와 픽셀간의 편차를 구하고 이로부터 정확한 분해능을 구하여 계산에 적용하였다.

3.2 측정 기준점 설정



[Fig. 8] Reference points setup for height measurement

LED chip package 측정대상 항목에 있어 가장 중요한 형광체의 높이 및 체적의 정확한 측정을 위하여 특정 기준점을 정하여야 하며, 리드 프레임 상에 존재하는 복잡한 패턴들이 포함되지 않은 지점들에 기준점이 존재하도록 설정하여야 한다. 본 연구에서는 측정 기준점을 Fig. 8에 나타낸 것처럼 LED chip package 상부의 평평한 면을 기준으로 각 LED unit 주변 4점의 높이의 평균값을 기준점으로 설정하였다. 이 4점은 1~32 Pixel까지 지정이 가능하도록 하였으며, 이로부터 32x32 면적의 높이 평균값을 갖는 4점에 대한 데이터를 이용하여 3차원 기울기를 구할 수 있었다. 이렇게 계산된 기울기는 실제 LED chip이 장착된 리드 프레임의 특정 방향으로의 슬라이드에 따른 용액 측정 데이터의 오차를 보정하기 위하여 적용하였다. 또한 이 지점의 데이터로부터 스플라인 곡선들로 구성되는 부드러운 곡면을 구하여 이를 기준으로 토출된 형광체의 높이와 체적값을 계산하도록 하였다. 다음의 수식은 LED chip package의 기준 점을 계산하기 위한 수식이다.

$$X_{\angle} = \text{atan}\left(\frac{y_1}{x}\right) \quad (2)$$

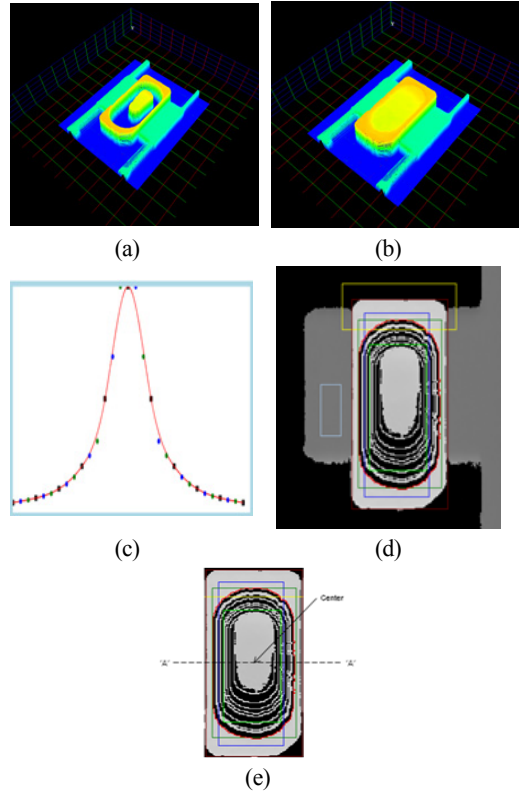
$$Y_{\angle} = \text{atan}\left(\frac{x_1}{y}\right) \quad (3)$$

$$X_{\text{height}} = X_{\text{length}} \times \tan(X_{\angle}) \quad (4)$$

$$Y_{\text{height}} = Y_{\text{length}} \times \tan(Y_{\angle}) \quad (5)$$

$$P = X_{\text{height}} + Y_{\text{height}} \quad (6)$$

3.3 표면 프로파일 추출 및 계산



[Fig. 9] Surface profile generation of LED chip package using obtained image data

(a)Surface profile using raw data without spline interpolation (b)Generated surface profile using partially obtained profile data (c)2D Curve for Catmull-Rom Spline interpolation (d)2D Contour Diagram for Catmull-Rom spline coordinate generation (e)Centroid of the recovered global profile of a LED chip package

투명체의 제한적인 표면반사로 인한 전 영역에서 프로파일이 획득되지 않던 문제를 용액의 중심과 cavity 면의 기울기를 이용하여 2차원으로 등고선화 시킨 후, Catmull-Rom Spline 보간법을 적용하였다[6]. 그 다음 단계에서 각 벡터별 표면을 근사화하여 전체적인 높이와 체적 형상을 구하였으며 그 결과를 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 9(a)는 표면이 근사화되지 않은 상태로 부분적으로 형광체 수지의 중심만 프로파일로 획득되어 전체적인 체적을 구할 수 없는 경우이다. Fig. 9(b)의 경우는 Catmull-Rom Spline 보간법을 적용하여 전 영역에 대한 프로파일 복원을 구현한 것이다. 이와 같이 Fig. 9(c)에 나타낸 특정한 몇 개의 조정점(control points)으로 스플라

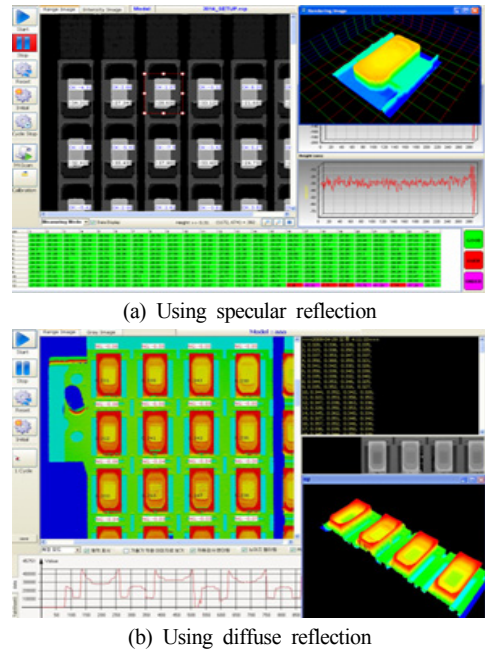
인 곡선을 구성하여 표면 근사화를 수행하였다. 이러한 절차에 따라서 LED chip package의 cavity 상면을 기준으로 하여 cavity 내부의 체적을 구하는 것이 가능하였다. Catmull-Rom Spline 보간법을 이용하여 global profile을 획득하는 방식은 전체 영역에 대하여 투명체의 중심점에서 구간별 픽셀로 세분화를 하여 계산한 후 비교하여도 오차가 매우 적으며 데이터 처리량 및 처리속도 측면에서도 효과적이다[7]. Fig. 9(d)는 (b)의 복원된 global profile을 2차원 등고선으로 도시한 것이다. 표면 프로파일을 복원하기 위한 순서는 1) LED 형광체 용액이 채워진 cavity의 중심에서 외곽의 엣지 부분 좌표를 찾는다. 2) Fig. 9(e)에 도시한 복원된 프로파일의 무게 중심 (centroid)을 찾는다. 3) 표시한 중심점을 기준으로 등고선의 높이 편차를 고려하여 스플라인 좌표를 계산한다. 본 연구에서 중심점에서 외곽 엣지까지를 2차원으로 등고선화 하는데 사용한 샘플링 개수는 10개이며, 형상 프로파일을 복원하는데 사용되는 샘플링 개수는 LED 형광체의 특성과 토출 형상 등에 따라 조정이 가능하다.

4. 측정실험 및 결과고찰

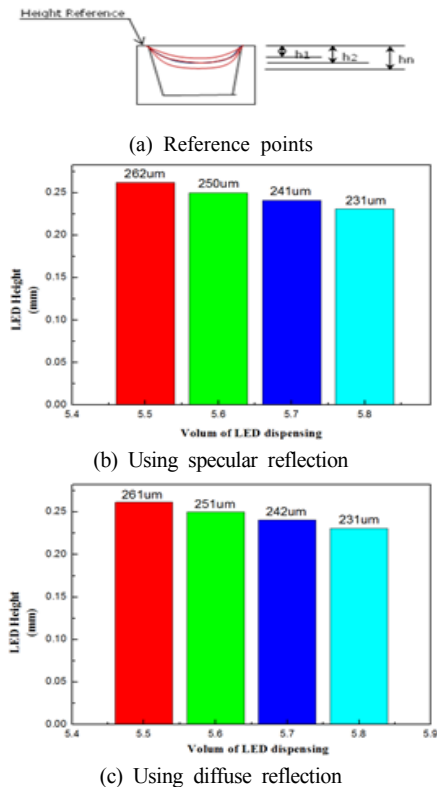
4.1 형광체 도포 높이 측정 실험

본 연구에서는 2가지 모델의 LED chip package 샘플에 대하여 각각 정밀하게 측정된 형광체 수치를 5.5mg부터 5.8mg까지 변화시켜 토출한 후, 개발된 머신비전 시스템을 이용하여 LED 칩 높이를 측정하였다. 각 모델 당 20개의 LED 칩에 대해 정밀하게 측정된 형광체 수치를 토출시킨 후 각 시편에 대해 측정 실험을 수행하고 평균값을 계산하여 그 결과를 비교하였으며, 이를 Fig. 10에 나타내었다. 또한 토출량에 대한 형광체의 측정 높이의 변화를 Fig. 11에 그래프로 나타내었다.

Fig. 10(a)는 정반사 방식을 이용하여 측정한 형광체 수치 높이의 결과를 나타낸 것이다. 일반적인 LED 형광체 수치는 반투명체로 광원에서 표면에 조사된 빛이 수지의 표면에서 모두 반사되지 않고 일부 빛이 내부로 흡수된 후 반사되는 특성을 가지고 있어 획득되는 프로파일 데이터의 신뢰성이 떨어진다. 이러한 특성을 고려하여 LED 형광체 수치의 토출 후 형상 측정에는 확산반사 방식보다는 정반사 방식을 사용하는 것이 일반적이다. Fig. 10(b)은 레이저를 이용한 확산반사 방식을 적용하여 측정한 LED 형광체 수치의 높이 변화를 나타낸 것이다.



[Fig. 10] Results using diffuse reflection method and white LED

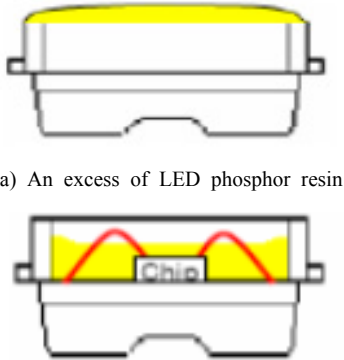


[Fig. 11] Height variation of phosphor resin according to dispensing weight

Fig. 11(a)에 나타난 것처럼 그 측정 기준은 Fig. 8에서 나타난 A, B, C, D의 4점으로 LED 패키지 상부 면에 위치하며 칩 위치의 틀어짐을 보정하여 그 평균값이 '0'이 된다. 또한, 도시한 바와 같이 LED 형광체 수지의 토출량이 적을수록 그 높이 단차(h_1, h_2, \dots, h_n)는 점점 커진다는 것을 알 수 있었다. ($h_1 < h_2 < \dots < h_n$) Fig. 11(b)와(c)의 결과와 같이 LED 형광체 수지의 총 토출량이 증가할수록 높이를 측정할 단차는 줄어들게 된다. 이때 측정 평균 값에 대한 편차는 $3\mu\text{m}$ 이하이며, 본 결과를 통해 얻은 데이터 값과 같이 LED chip package에 토출된 형광체 수지량과 확실한 연관성이 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 머신비전 시스템에 의한 측정 및 검사 방식을 적용하면 LED chip package에 토출된 형광체 수지 양의 검출이 가능함을 알 수 있다.

4.2 실험결과 고찰

LED 칩 패키지 높이 측정 시험을 수행할 경우, 비정상 형광체 수지 토출의 판단 기준은 Fig. 12에 나타난 형태로 구분된다. Fig. 12(a)는 LED 형광체 수지가 과다하게 토출된 것이며, 상측으로 0.05mm 이상 cavity 표면을 초과하면 불량으로 판정된다. Fig. 12(b)는 형광체 수지가 적게 토출된 경우이며, cavity 높이 대비 3/4미만이면 불량 상태로 간주된다.



(a) An excess of LED phosphor resin

(b) Too small state of LED phosphor resin

[Fig. 12] LED chip package inspection standard

개발된 머신비전 시스템을 이용하여 실험한 결과, 0.74X 렌즈로 적용 시의 성능은 FOV 20mm, 반복성 $\pm 3\mu\text{m}$ 의 수준으로 파악되었다. 실제 FPD 및 LED 산업계에서 적용되는 기준에 따르면 일반적인 게이지 R&R 기준으로 반복성은 30%이하, 구별되는 범주의 수는 4 이상이면 제조공정에 사용이 가능하다.[7] 개발한 머신비전 시

스템으로 토출된 형광체 수지의 높이를 측정하고 그 데이터에 대하여 MiniTab 해석을 통한 게이지 R&R 측정 결과는 반복성 7.41%, 구별되는 범주의 수 18로 나타났다. 산출한 게이지 R&R 결과는 Moritex 1.0X 렌즈를 적용하여 검사한 것이다. 향후 머신비전 시스템에 설치한 카메라 측에 발생하는 미 진동 억제, 적용 자재의 수평도 개선, 카메라 각도 및 광원 각도의 정확한 고정 및 동일 각 설정 등을 적용하면 보다 개선된 결과를 얻을 수 있으리라 추정된다.

5. 결론

본 연구에서는 LED 칩 패키지의 cavity에 토출된 형광체 수지 용액으로 형성된 표면의 3차원 데이터를 추출하여 LED 칩 검사의 중요 부분인 표면 프로파일의 높이와 연관된 체적을 측정하기 위하여 머신비전에 의한 검사 시스템을 개발하였다. 반투명체인 형광체 수지의 특성에 적합한 검사방식을 결정하기 위하여 슬릿 빔 광원으로 백색광과 635nm 레이저와 백색광이 검토되었으며, 정반사 방식과 확산반사 방식이 함께 검토되었다. 일련의 기초실험을 통하여 최적의 시스템이 결정되었다. 특히 측정 데이터에 Catmull-Rom Spline 보간법을 적용하여 LED 칩 패키지의 cavity에 토출된 형광체의 표면형상 프로파일을 생성하였고, 이를 기반으로 형광체 수지 토출 후의 높이와 토출량을 근사적으로 계산하는 방법을 제시하였다. 본 연구에서 개발한 시스템은 LED 칩 패키지의 형광체 수지 토출 공정에서 가장 중요한 토출량의 변화에 대한 측정과 검사에 효율적으로 적용될 수 있으며, 형광체 특성에 따른 난반사 현상이 상대적으로 적은 LCD 및 OLED의 결합 검사에 보다 효율성이 높을 것으로 기대된다.

References

- [1] M. Fan, M. Liang, D. Guo, F. Yang, L. Wang, G. Wang, and J. Li, "Color Filter-less Technology of LED Back Light for LCD-TV," Proc. SPIE, Vol. 6841, pp. 68410G1-68410G6, 2007
DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/12.760045>
- [2] J. R. Ryu, "The Improvement for Performance of White LED chip using Improved Fabrication Process", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 13, No. 1, pp. 329-332, 2012

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.1.329>

- [3] S. W. Lee, D. J. Choi, C. K. Song, and M. G. Chun, "LED Inspection System of Post-Molding Process using Image Processing", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 10, No. 5, pp.17-27, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.7472/jksii.2012.13.6.17>
- [4] D. H. Cho, and J. Y. Lee, "The Enhanced LED Dispensing Processing System", The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 45, No. 4, pp.42-46, 2008
- [5] K. Kooijman, and J. Horijon, "Video rate laser scanner: Considerations on triangulation optics, detector and processing circuits", Proceedings of SPIE, Vol. 2065, pp.251-263, 1994
DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/12.169370>
- [6] E. Catmull, and R. Rom, "A class of local interoilating splines", Computer Aided Geometric Design, Academic Press, San Francisco, 1974
- [7] S. J. Ha, Y. K. Cho, M. W. Cho, K. C. Lee, and W. H. Choi, "Process Capability Optimization of a LED Die Bonding Using Response Surface Analysis", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 10, pp.4378-4384, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.10.4378>

하 석 재(Seok-Jae Ha)

[정회원]



- 2010년 2월 : 인하대학교 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정

<관심분야>

마이크로 절삭 모니터링, 마이크로 생산 시스템

김 종 수(Jong-Su Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2010년 2월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정, (주)QMC 연구소장

<관심분야>

Maskless Lithography, 마이크로 생산 시스템

조 명 우(Myeong-Woo Cho)

[정회원]



- 1985년 2월 : 서울대학교 기계설계과 대학원 (공학석사)
- 1985년 9월 ~ 1989년 8월 : 한국생산성본부 자동차 사업부 전문위원
- 1992년 2월 : University of Illinois (공학박사)

- 1997년 2월 ~ 현재 : 인하대학교기계공학과 교수

<관심분야>

CAD/CAM/CAI, 마이크로 생산 시스템, 머신 비전

최 종 명(Jong-Myung Choi)

[정회원]



- 2006년 2월 : 인하대학교 컴퓨터공학과 대학원 (공학석사)
- 1988년 7월 ~ 1993년 2월 : 하이닉스 반도체 반도체 사업부
- 1993년 3월 ~ 현재 : (주)프로텍 연구소장, 인하대학교 전자공학과 박사과정

<관심분야>

LED packaging, 머신 비전, 마이크로 펌프