

LED 반사영상을 이용한 마이크로 BGA 3차원형상검사

김지홍[†]

부경대학교 융합디스플레이공학과

3-Dimensional Shape Inspection for Micro BGA by LED Reflection Image

Jee Hong Kim[†]

Department of Display Engineering, Pukyong National University 45 Yongso-Ro, Busan 48513, Korea

(Received April 12, 2017; Corrected June 15, 2017; Accepted June 26, 2017)

초 록: 본 논문은 마이크로 BGA(Ball Grid Array)의 3차원 형상 검사를 위한 광학적 방법에 관한 것으로, 특히, LED를 공간적으로 배치한 광원과 경면반사특성을 이용하였다. 이를 위해 비전시스템을 구성하여 BGA의 반사영상을 취득한 후, 영상처리를 통하여 반사된 LED 점광원의 위치를 추출하여 형상검사에 이용하였다. 또한, 영상에 포함된 복수개의 BGA에 대한 상대적 위치의 통계치를 이용하여 BGA 3차원 형상의 결함을 판단하는 방법을 제안하였고, 실험을 통하여 제안된 방법의 효용성을 보였다.

Abstract: An optical method to inspect the 3-D shape of surface of Micro BGA is proposed, where spatially arranged LED light sources and specular reflection are considered. The reflected image captured by a vision system was analyzed to calculate the relative displacements of LED's in the image. Also, the statistics for all BGA's contained in a captured image are used together to find out the criteria for the detection of existing defects, and the usefulness of the proposed method is shown via experiments.

Keywords: BGA, LED, 3-D Shape Inspection

1. 서 론

최근 반도체부품의 소형화와 집적화가 이루어지고 BGA(Ball Grid Array)를 이용한 패키지공정이 복잡해짐에 따라 BGA의 품질관리가 더욱 중요하게 되었으며, 이에 따라 BGA의 3차원 형상에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.¹⁻⁵⁾ 나아가서, BGA의 크기가 60미크론 수준까지 소형화됨에 따라 더욱 정밀하고 효과적인 BGA 결함검사의 필요성이 대두되고 있다. BGA의 검사는 비접촉 방법이 일반적이며, 패키징공정의 단계에 따라 다양한 형태의 검사항목이 존재한다. 특히, 접합 후의 균열이나 단락과 같이 외관상의 검사가 어려운 경우에는 X선과 같은 특수한 조명을 투사하는 방법이 주로 사용되나,⁶⁾ BGA 자체의 형상검사에는 가시광을 이용한 광학적 방법이 주로 이용되고 있다. BGA는 금속과 같은 경면반사특성을 보이므로 그에 따른 효과적인 방법을 적용하여야 한다. 대부분의 경면반사체 검사는 간섭무늬와 같은 특정 패턴을 투사하여 반사영상에서의 왜곡을 분석하거나,⁷⁾ 링 형태의

조명을 사용하여 기하광학적 분석을 적용되고 있다.^{1), 7)} Nayer 등⁸⁾은 127개의 점광원을 순차적으로 점등하여 납의 접합부위의 형상을 추정하는 연구가 보고되었으나 제한적인 구조에 한정되었다. 또한, BGA의 크기가 점점 소형화됨에 따라 검사공정에서 생산성도 고려해야 할 것이다. 많은 수의 BGA를 개별적으로 검사하려면 검사속도가 늦어지고 검사의 전후단계에서 작은 크기의 BGA의 취급에 필요한 정밀장치가 요구되는 등 생산성 저하를 유발하는 문제점이 발생되므로,⁹⁾ 이에 대한 효과적인 대응도 필요할 것이다. 복수개의 BGA를 동시에 검사하는 연구로서 기관위에 정렬된 BGA에 대해서는 이를 동시에 촬영하여 BGA의 유무나 간격을 검사하는 수준의 연구가 보고되었다.¹⁰⁾

본 논문에서 LED를 공간적으로 배치한 조명장치와 카메라로 머신비전장치를 구성하고, BGA에 반사된 LED를 카메라로 취득한 후, 영상처리를 통해 LED의 위치를 구하고, 이를 이용하여 3차원 형상의 정보를 추출하여 검사를 수행하는 방법을 제안한다. 특히, 복수개의 BGA를 트

[†]Corresponding author
E-mail: jeehongk@pknu.ac.kr

© 2017, The Korean Microelectronics and Packaging Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

레이에 임의로 배치한 상태에서 이를 동시에 촬영하고, 통계적 특성을 이용하여 검사를 수행하는 방법이 제안되어 생산성 저하의 문제를 해결한다.

2. BGA 검사용 머신비전시스템의 구성

본 연구에서 제안된 BGA 3차원형상 검사방법은 공간에 분포된 점광원을 조명으로 사용하여 반사된 BGA를 촬영한 후, 반사된 점광원들의 영상 내의 위치변화에 의해 3차원형상 정보를 추정하는 광로분석을 이용한다. 이는 밤하늘의 별이 수면에 반사될 때, 반사된 별빛의 위치의 이동에 의해 수면의 형상을 추정하는 원리와 같다. 점광원으로서 공간에 분포된 LED를 사용하였고, 복수개의 BGA를 동시에 촬영할 수 있는 화각을 가진 렌즈와 카메라로 비전장치를 구성할 수 있다. 실험에 사용된 머신비전장치는 카메라 및 렌즈, LED를 사용한 반구형 조명장치, BGA를 올려놓기 위한 오목한 유리접시 등이 암실 내에 구성되어 있으며, 실험 장치를 Fig. 1에 나타내었다.

점광원이 분포된 조명장치로서 Fig. 2와 같이 반구형의 투명아크릴에 4개의 원의 형태로 LED를 배치하였다. 반구형아크릴의 중앙부에는 카메라의 렌즈가 위치하도록 빈 공간이 있으며, BGA의 중심을 구하는 용도로 가장 높은 부분에 위치한 중앙부 주위의 4개의 red LED를 원형으로 90도 간격으로 배치하였다. 아래 부분의 3개의 원에는 60도 간격으로 6개씩 총 18개의 white LED를 배치하였다. 반구형 투명아크릴의 내부에 위치한 오목한 유리접시에 120마이크론 크기의 BGA를 300개 이상 올려놓았다. 이 때, 제조된 지 2일 이내의 마이크로 BGA용 솔더볼을 유리접시 위에 직접 투하하여 오목한 유리접시 하단에 임의로 모이도록 하였으며, 하단 중심에 위치한 BGA를 기준으로 white LED가 배치된 원의 크기와 높이는

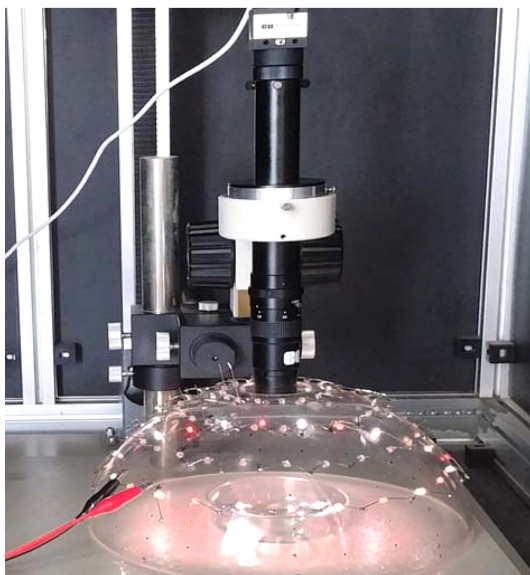


Fig. 1. Experimental vision system.

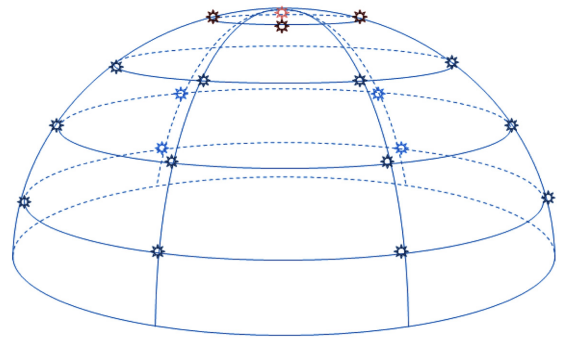


Fig. 2. Diagram of LED illumination.

각각 200 Φ 36 mm, 180 Φ 68 mm, 120 Φ 88 mm로 하였다. 결과적으로 BGA마다 중앙에 4개의 red LED가 반사되어 나타나고, 6방향으로 각 방위별 3개씩 총 18개의 white LED가 반사되어 나타난다. 고배율렌즈로서 Edmund Optics사의 VZM-100i Zoom 렌즈를 장착한 1280 \times 1024 해상도의 산업용 CCD 칼라카메라를 이용하여 암실에서 촬영실험을 수행하였다. 실험 장치를 사용하여, 화상을 취득한 촬영화상의 예를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3의 취득화상을 관찰하면, 각 BGA별로 중심부의 red LED의 반사광이 4개, 주변부의 white LED의 반사광이 6개 방위로 총 18개가 관찰되며, 전체 BGA중에서 22개의 모든 LED가 완전하게 관찰되는 BGA가 35개임을 알 수 있었다. 이 35개의 BGA를 대상으로 white LED의 상대적 위치정보와 그 통계적 특성에 의한 3차원형상의 결합검출방법을 다음 장에 기술하였다.

3. 통계적 특성을 이용한 결합검출

BGA의 결합을 검출하기 위하여 취득 영상으로부터 LED의 상대적 위치정보를 구한 후 통계적 특성치를 이용하는 검사방법을 제시한다. 이를 위해, 취득영상에서 red LED의 영역과 white LED의 영역을 구분한 후, red

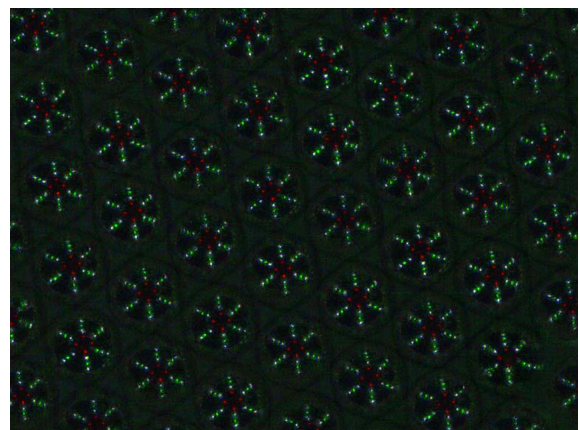


Fig. 3. Captured image of BGA's.

LED의 위치를 이용하여 각각의 BGA의 중심의 위치를 구하고, 이 중심에 대한 white LED의 상대적 위치정보를 구한다. 우선, red LED의 위치를 구하기 위하여, 취득 영상에서 red 성분이 큰 부분을 추출한 후, 클러스터링을 통해 red LED에 해당하는 object를 만든다. 이 object별로 무게중심에 해당하는 점을 구하여 red LED의 위치로 한다. 모든 red LED의 위치를 나타내는 점 중에서 임의의 점을 선정하여 가장 가까운 3개의 점을 추가하면 각각의 BGA마다 4개의 점들이 선정되며, 이 4개의 점들의 중앙을 해당 BGA의 중심으로 정한다. 다음으로, white LED의 상대적 위치를 구하기 위해 취득영상을 그레이영상으로 변환하고 이진화법과 클러스터링을 통해 모든 LED에 해당하는 object를 추출한다. 이 object 중에서 앞에서 구한 red LED에 해당하는 object를 제외하고, 또한 불완전한 정보를 제공하는 BGA, 즉, 22개의 LED가 취득화상에 모두 포함되지 않은 BGA에 속한 주변부의 object를 제외한다. White LED에 해당하는 나머지 object를 대상으로 red LED와 같은 방법으로 그 위치를 구한다. 이후, 앞에서 구한 각각의 BGA의 중심을 기준으로 가까운 거리에 존재하는 18개의 점을 찾아서 해당되는 BGA에 속한 18개의 LED의 위치정보로 이용한다. 편의상, 분류된 각 BGA의 white LED마다 번호를 지정하였으며, 18개의 LED를 중심에서 반경이 작은 범위부터 6개씩, 3개의 그룹으로 먼저 구분하여 앞의 번호를 붙이고, 다시 수평축을 기준으로 각도 순으로 번호를 부여하였다. 예를 들어, 가장 작은 반경을 이루는 6개의 LED 중에서 우측 3시 방향에서 반시계 방향으로 3번째 LED를 1-3번 LED로 번호를 부여하였다. 이 방법에 의한 결과로서, 각 BGA별로 18개의 LED들을 1-1번부터 3-6번까지 지정하였고, LED별로 해당된 BGA의 중심에 대한 상대적 위치를 구할 수 있다. Fig. 4에는 분류된 18개의 모든 LED별로 35개의 상대적 위치를 동시에 표시하였다.

많은 수의 마이크로 BGA의 검사에서는 복잡한 3차원형상검사를 개별적으로 수행할 경우, BGA별로 정해진 위치에 고정하기 용이하지 않고 결함이 검출된 BGA만을 선별하여 추출하는 장치가 필요하게 되며, 또한 검사시간이 많이 소요되는 등 생산성 저하문제가 발생한다. 이 같은 문제를 해결하기 위한 방법으로서, 본 논문에서는 영상에 포함된 모든 BGA의 LED별 상대적 위치를 동시에 계산한 통계적 특성치를 이용한 방법을 제안한다. 즉, BGA의 크기에 비해 조명 및 렌즈까지의 광로가 충분히 크고, 잡음 등에 의한 오차를 고려하더라도 Fig. 4와 같이 반사된 LED의 상대적인 위치가 어느 정도 밀집되는 경향을 보인다. 따라서 상대적 위치의 큰 편차를 보이는 BGA가 존재할 경우, 3차원형상이 다른 BGA들과 큰 차이를 보이거나 균일하지 않은 것으로 간주한다. 제안된 통계적 방법에서는 지정된 번호의 LED별 상대적 위치의 평균과 표준편차를 구한 후, 이를 이용한 기준치를 설정하고, 상대위치의 편차가 기준치를 초과한 BGA가

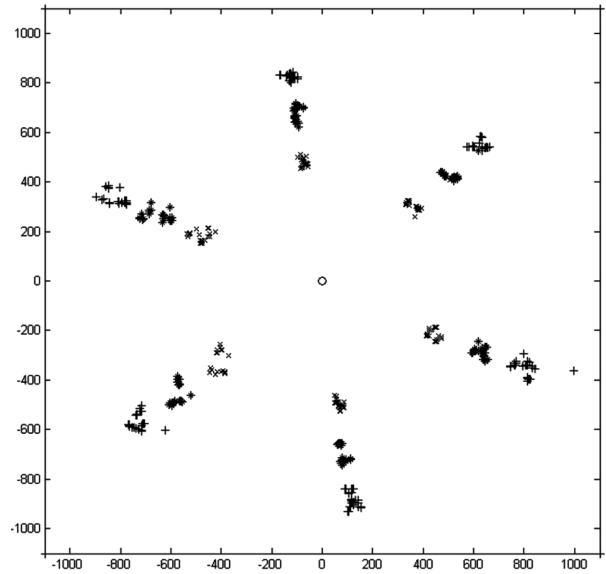


Fig. 4. Relative displacements of all LED's.

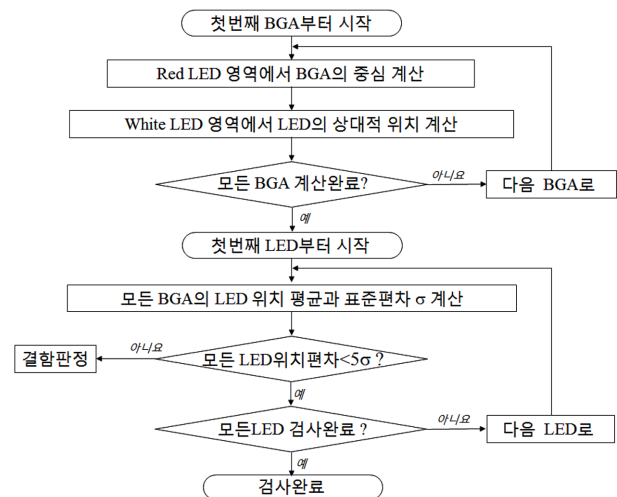


Fig. 5. Flow diagram of inspection method.

발견될 경우 적어도 하나 이상의 BGA에 결함이 발생한 것으로 간주하고, 영상에 포함된 모든 BGA를 일괄 폐기하거나 필요한 조치를 수행하도록 한다. 실험에서는 상대적 위치의 평균과 표준편차 추출 시, x축과 y축을 독립해서 계산하였으며, 기준치로서 표준편차의 5배인 5σ 를 선정하여 1-1부터 3-6까지 18개의 모든 LED별로 적용하여 전체적인 BGA 형상검사를 수행하였다. 제안된 결함 검출방법을 흐름도를 Fig. 5에 나타내었고, 제안된 검출방법을 MATLAB을 이용하여 프로그래밍하여 실험을 수행하였다.

4. 실험결과 및 분석

앞 절에서 기술한 실험장치와 120미크론의 BGA를 대

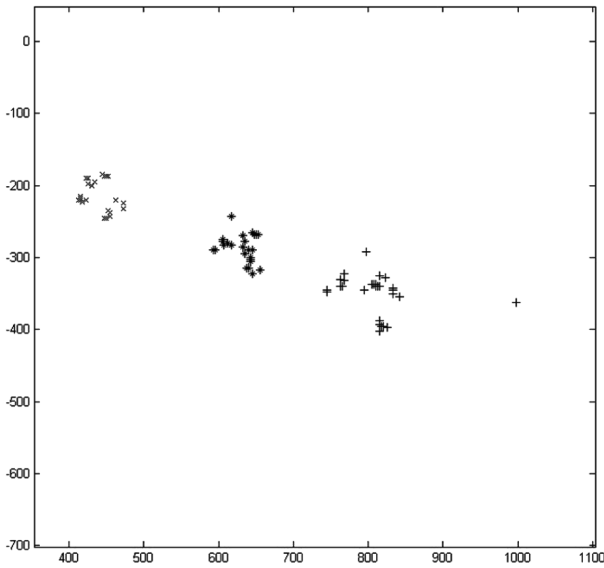


Fig. 6. Relative displacements for LED #3-6.

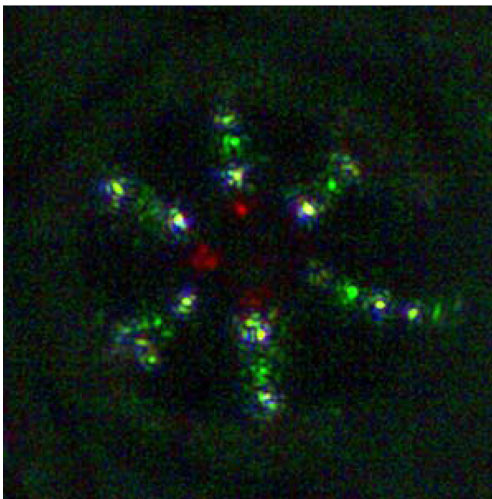


Fig. 7. Enlarged image for BGA #33.

상으로 Fig. 3과 같은 영상을 취득하였고, 취득한 영상을 대상으로 영상처리를 수행하여 Fig. 4와 같이 LED별 상대적 위치를 구하였다. 이로부터 LED별로 영상에 포함된 35개의 모든 BGA에 대한 상대적 위치의 평균과 표준편차를 구하였다. 결함 판단을 위한 기준치로 5σ 를 선정하였을 경우, 상단 좌측에 위치한 BGA부터 아래로 이동하며 순서를 부여할 때 33번 BGA의 3-6 LED의 위치가 기준치를 초과하여 결함으로 검출되었다. 이때의 표준편차는 x축 33.4, y축 14.3이며, 33번 BGA의 3-6 LED의 상대적 위치는 평균에서 x축 186.3, y축 10.3 크기로 벗어남을 보였다. Fig. 6은 3-6 LED의 위치 분포를 확대한 것으로, 한 점이 크게 떨어져 있음을 쉽게 관찰할 수 있으며,

취득화상에서 33번 BGA를 확대한 사진을 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7의 취득화상에서 3-6 LED의 반사된 모습을 보면 반사표면에 찍힘과 같은 변형이 존재함을 관찰할 수 있다. 또한, 결함을 판단하는 기준치를 4σ 로 설정하면 33번 BGA 뿐 아니라 2번, 11번, 12번, 16번, 21번, 25번, 29번, 34번의 BGA에 대해서도 기준치를 벗어난 LED가 검출이 되었다. 이것은 결함을 판단하기 위한 기준치의 선정 시, 반사표면의 산란과 같은 잡음이나 미세한 변형 등을 고려하여 적절하게 선정할 필요가 있음을 알 수 있었다.

제안된 검사방법은 복수개의 BGA를 동시에 검사할 수 있으며, 렌즈의 화각과 카메라의 해상도에 의해 동시에 검사 가능한 BGA의 수를 증가시킬 수 있을 것이다. 특히, BGA의 정확한 위치를 제어할 필요가 없이 유리접시위에 임의로 올려놓은 상태로 검사가 가능하다. 제안된 방법은 한 번의 수행으로 BGA의 전체 형상 중 카메라로 관찰 가능한 일부분의 형상만 검사만 가능하므로, 약간의 진동을 인가하여 BGA의 위치와 방향을 변화시킨 후 신속히 검사를 반복함으로써, 어느 정도까지는 복수의 BGA의 많은 부분의 형상을 검사하도록 할 수 있다. 물론 이렇게 함으로써 모든 BGA의 전체 형상을 검사하는 것은 불가능하나, 빠른 검사시간과 충분한 반복검사를 통해 산업적으로 수용할 수 있는 검사가 가능할 수 있다. 이와 같은 기술은 현재 현장의 BGA검사에 사용되고 있는 시각적 검사방법에서도 유사하게 적용되고 있음을 고려할 때 그 효용성이 충분함을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 효과적인 BGA 3차원형상검사방법으로서 LED반사영상을 이용한 광학적 방법을 제안하였다. 특히, 복수개의 BGA를 동시에 촬영하고, 촬영된 모든 BGA의 결함을 동시에 검사함으로써 검사속도와 생산성을 획기적으로 향상시켰다. 제안된 방법에서는 LED를 공간적으로 배치한 조명장치와 카메라로 머신비전장치를 구성하였고, 취득한 영상으로부터 각각의 BGA의 중심을 구하고, 반사된 LED의 상대적 위치를 구하였다. 다음 단계로, LED별로 복수개의 BGA가 갖는 위치정보의 통계적 특성치인 표준편차를 기준치를 설정하고, 기준치를 벗어난 LED에 해당되는 BGA를 결함이 있는 것으로 판단하였다. 실험에서는 35개의 BGA를 촬영한 후 결함이 있는 BGA를 정확히 검출함을 알 수 있었다. 결과적으로, 본 논문에서 제시된 BGA 3차원 형상 검사방법에 의해 BGA 반도체 패키지 생산 공정에서 정밀한 위치제어를 위한 추가적 장치가 없이 검사시간을 줄임으로써 생산성 향상이 기대된다. 앞으로 현장실험을 통한 효과적인 불량률의 기준 등 다양한 설계치의 선정과 적용에 대한 개선을 구현하고, 다양한 크기의 BGA를 대상으로 더욱 정확하고 속도가 빠른 3차원 형상 검사방법에 대한 연구를 진행할 것이다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의 학술연구비(2016년)에 의하여 연구되었음.

References

1. J. H. Kim, and C. D. Tr. Nguyen, "Shape Recognition of a BGA Ball using Ring Illumination", *Journal of Institute of Control Robotics and Systems*, 19, 960 (2013).
2. Y.-S. Park, and J.-S. Kim, "A Study on the Vision Inspection System for the Defects Detection of Micro-BGA Device"(in Korean), *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 24(4), 44 (2007).
3. G. Caswell, and J. Partridge, "BGA to CSP to Flip Chip-Manufacturing Issues", *J. Microelectron. Packag. Soc.*, 8(2), 37 (2001).
4. E. G. Chang, N. H. Kim, C. H. Yu, and K. S. Kim, "A Study on the Improvement of Solder Joint Reliability for 153 FC-BGA", *J. Microelectron. Packag. Soc.*, 9(3), 31 (2002).
5. M. Y. Kim, "Three-dimensional Machine Vision System based on moire Interferometry for the Ball Shape Inspection of Micro BGA Packages", *J. Microelectron. Packag. Soc.*, 19(1), 81 (2012).
6. Z. Feng, J. C. Gonzalez, S. Tang, M. Kurwa, and E. Krastev, "Non-destructive Techniques for Identifying Defect in BGA Joints: TDR, 2DX, and Cross-section/SEM Comparison", *Proc. SMTA International Conference, Orlando, USA* (2008).
7. K. W. Ko, and H. S. Cho, "Solder Joint Inspection Using a Neural Network and Fuzzy Rule-Based Classification Method", *IEEE Tr. Electronic Packaging Manufacturing*, 23(2), 93 (2000).
8. S. K. Nayer, A. C. Sanderson, L. E. Weiss, and D. D. Simon, "Specular surface inspection using structured highlight and Gaussian image", *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, 6(2), 208 (1990).
9. H. Saito, K. Omata, and S. Ozawa, "Recovery of Shape and Surface Reflectance of Specular Object from Relative Rotation of Light Source", *Image and Vision Computing*, 21(9), 777 (2003).
10. K.-S. Kim, J.-S. Kim, and H.-N. Joo, "A Study on the 2-Dimensional Vision Inspection Algorithm for the Defects Detection of BGA Device", *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 19(7), 53 (2005).