

3차원 X-ray 영상 기법을 이용한 전자부품 검사 기술 연구

심혁훈*, 박기남⁺, 김종형⁺⁺, 박희재⁺⁺⁺
(논문접수일 2007. 6. 26, 심사완료일 2007. 8. 8)

Study for Inspection Method of Electronic Components Using 3-D X-ray Imaging Technology

Hyeok Hun Sim*, Gi Nam Park⁺, Jong Hyeong Kim⁺⁺, Hui Jae Park⁺⁺⁺

Abstract

There are technological changes to reduce the size and weight of electronic components and to accommodate multi-functions in them. To meet this trend, more complicated technological processes are required. To maintain the processes, more accurate inspection systems are also necessary. Therefore, new inspection methods are needed, which is differ from conventional inspection methods such as electrical test methods ICT(In-Circuit Test), FCT(Function Test) and visual test using optical equipments. One of the possible approaches is non-destructive test using X-ray. In this paper, an inspection method using X-ray is developed and applied to inspection of soldering state and internal defects of electronic components.

Key Words : Tomography(토모그래피), Wire roop(와이어 루프), Lead frame(리드 프레임), Wire bonding(와이어 본딩), Raminography(라미노그래피)

1. 서론

현재 전자제품의 생산은 많은 변수들로 인하여 더욱 복잡해지고 있다. 이동통신, 컴퓨터, 광 네트워크, 자동화 등을 위해 만들어진 전자제품은 BGA(Ball Grid Array), FC(Flip

Chip), CSP(Chip Scale Package)등과 같이 볼을 이용한 패키지를 이용하여 매우 복잡해졌다. 이처럼 반도체 부품 및 패키징 기술들이 고집적, 경량화, 소형화가 되어가고 이에 따른 다양한 검사방법 또한 요구 되고 있다.

다양한 검사방법중 비파괴 검사는 산업전반에 걸쳐 사용

* 서울산업대학교 메카트로닉스공학과 (koonam82@snut.ac.kr)

주소: 139-743 서울시 노원구 공릉2동 172

+ 서울산업대학교 에너지환경전문대학원

++ 서울산업대학교 기계설계자동화 공학부

+++ 서울산업대학교 메카트로닉스 공학과

되고 있는 방법 중의 하나로써 시료를 손상시키지 않고 반제품 및 완제품 상태로 내부불량 검사를 할 수 있다는 장점 때문에 날로 확대되고 있다.

그중에서도 단층 투영을 통한 X-ray 비파괴 검사 방법은 가장 좋은 방법 중의 하나라고 여겨지고 있다.

특히 최근에는 복잡한 부품들이 전자제품의 고급화와 다양성 때문에 그 응용 분야가 급속하게 늘어나고 있다.

또한 검사의 질적인 측면과 양적인 측면에서도 검사의 깊이가 달라지고 있다.

현재까지 BGA(Ball Grid Array) 나 CSP(Chip Scale Packages)를 검사하는 최고의 방법으로는 단층투영을 통한 3-D(Three Dimensional) x-ray 비파괴 검사 시스템이라고 여겨지고 있다. 그러나 이 부분에서 생산 및 품질 관리자들은 비용과 효과라는 측면에서 고민을 하게 된다. 즉 정밀하고 미묘한 불량 검사를 통해 고품질의 제품을 생산하기 위하여 3-D 시스템에 값비싼 투자를 하느냐, 아니면 적절한 품질의 제품에 만족하고 합리적인 비용으로 2-D(Two Dimensional) 시스템에 투자를 하느냐의 선택에 직면하게 되었다.

현재까지는 검사를 하기 위하여 시스템을 작동시키고 Software를 통해 검사결과를 얻기까지 소요되는 시간과 시스템의 구비에 따르는 비용에 대한 부담이 미세 전자부품의 효과적인 검사를 막는 장애 요인이 되어 오고 있다.

가장 좋은 방법은 2-D 시스템의 합리적인 비용을 들이면서 빠른 시간 내에 3차원 영상 정보를 얻을 수 있는 장비가 요구되어지는 이유를 알 수 있다.

Table1에서 보는 것처럼 3-D 시스템은 정밀분석검사에서 효과적이긴 하지만 많은 양의 검사에는 상당한 시간과 중소기업에서는 구비하기 힘든 비용부담이 크다는 것이 절대적인 문제점으로 대두되고 있다. 일부 대기업의 연구실에서 불량 분석용으로만 사용되고 있는 실정이다. 이러한 품질관리의 일환으로 요구되어지는 일련의 검사를 효율적으로 수행하여 신뢰할만한 결과를 얻을 수 있는 장비개발이 시급하다. 이에 본 연구는 현재 2-D 시스템에서 한계에 있던 검사를 3-D X-ray를 이용한 보다 정밀하고 다양한 검사방법을 찾

고자 한다.

2. 3차원 단층 촬영 기본원리(Computed Tomography)

2.1 Tomography 원리

Tomography 는 대상물체가 회전하고 x-ray beam을 이용하여 대상이 회전함에 따라 단층촬영을 하는 방식으로 단층 촬영된 plane을 software적으로 계산하여 이를 3차원적으로 보여주는 방식을 말한다.

Tomography는 대부분 의료분야에 기초하여 발전하였으며 얻기 위한 단면영상을 중심으로 360도 회전하여 얻는 투시영상들을 Back-projection하는 알고리즘 이다.

Back-projection 이라는 방법을 통해 영상을 재구성하므로 단면 영상의 매우 근접하는 값을 계산하는 수학적인 계산법을 필요로 한다. 그리고 재구성시 영상의 필터링을 통해 원 영상에 매우 근접한 값을 가지게 하므로 이미지가 Raminography방식에 비해 향상된 결과를 준다.

2.2 Raminography 원리

라미노그래피의 원리는 특정한 단면의 영상의 선예도를 높여주고 나머지 단면의 물체에 의한 상을 흐리게 만들어 상대적인 선예도를 증가시켜 주는 방법이다. 라미노그래피는 검사 하고자 하는 한 단면에 대하여 일장각도 기울인 채 회전하며 X선을 대상 물체를 투사하게 되면 그 면에서 기하학적인 초점 평면이 결정된다.

이때 X선원의 위치에 따라 검출기가 함께 이동하여 각 방향에서 투과한 X선 영상을 얻게 되면 초점 평면상의 형상은 투과 방향에 상관없이 항상 검출기의 일정한 위치에 상을 맺게 되는 반면 초점 평면 밖의 형상은 투과 방향에서 얻어진 영상들을 중첩시키게 되면 초점 평면상의 형상만이 선명

Table 1 System Table

	2D	3D(CT)
3D Three Dimensional Info	×	○
Fast Scan Time	○	×
Expenses	low cost	high cost

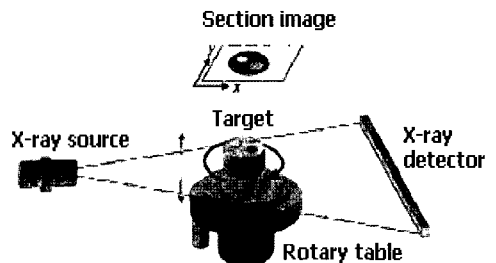


Fig. 1 Computed Tomograph

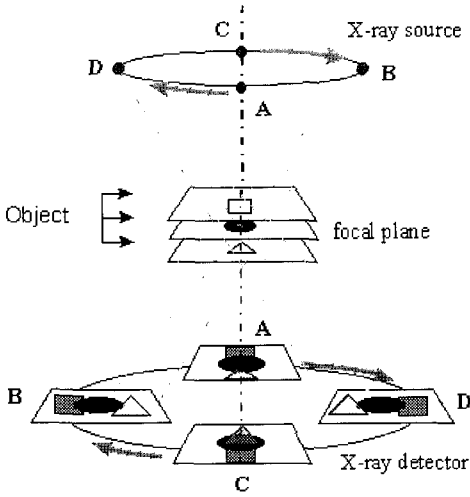


Fig. 2 Raminography

하게 부각되게 된다.

3. 디지털 X-ray 시스템

3.1 디지털 X선 전자부품 검사

X선 영상의 획득 출력 부분을 기존의 필름을 이용한 아날로그 방식과 달리 디지털 방식을 이용한 것이다.

기존의 필름을 이용한 방식은 필름을 이용한 단일 매체가 영상의 획득 출력을 모두 담당 했지만 디지털 방사선 영상기기에서는 디지털 출력이 가능한 계측기가 영상을 획득해서

전송하면 후단의 프로세스가 영상처리 과정을 수행 후 모니터를 통해 영상을 보여지게 된다. 디지털 방사선 영상기기는 영상획득 부분의 GAIN을 올림으로써 기존 필름 방식에 비해 더 적은 X선 조사량으로 같은 휘도의 영상을 획득 할 수 있다.

X선 조사량이 적다는 것은 방사선 안전 측면 뿐 만 아니라 앞에서 언급한 초점크기를 감소시키기 때문에 영상의 흐린 부분이 줄어들어 영상의 질을 향상시킨다.

그리고 영상획득 저장 전송 표시등을 디지털 신호를 이용해 일원적으로 관리하기 때문에 컴퓨터 또는 다른 도구를 이용한 데이터 베이스구축 및 관리가 용이할 뿐만 아니라, 필름보관 인화 이송과정에 들어가는 시간 장소 비용을 줄일 수 있어 경제적 이득을 가질 수 있고 필름인화 시간을 줄일 수 있으므로 산업용 응용에서 요구하는 영상획득 시간을 충족시킬 수 있으며 필름 현상에 필요한 화학 약품 사용을 줄이게 되므로 환경 친화적인 방법이다.

반면에 단점은 시스템 구성이 기존의 방법에 비해 복잡해진다는 것이다.

3.2 디지털 X선을 이용한 검사방법의 종류

Fig. 4에서와 같이 디지털 X-ray 2-D 시스템에서는 (a) ~ (d)와 같이 평면상의 이미지로 불량유무를 판별 가능한 방법이 있고 (e) ~ (f)와 같은 수직방향의 이미지정보가 필요한 검사는 디지털 X-ray 3-D 시스템이 필요하다.

즉, Open solder joint 나 Wire loop를 보기 위해서는 고 배율의 3D로 보는 영상이 필요한 것이다.

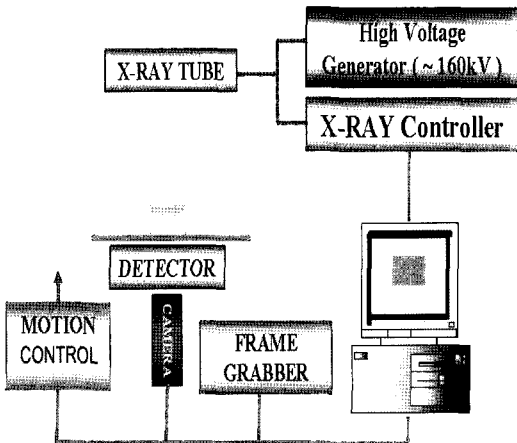


Fig. 3 Digital X-Ray System

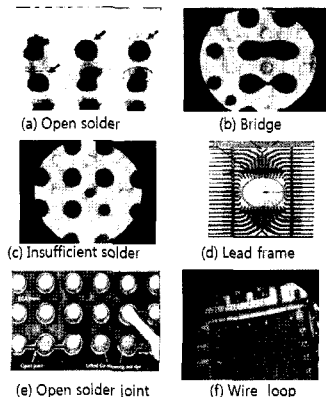


Fig. 4 Inspection Method Using X-ray

3.3 전자부품에 대한 실험 및 결과

가. Digital X-ray 2-D 시스템 실험

Digital X-ray 2-D 시스템을 이용한 영상은 깨끗하고 명암도가 선명한 이미지를 얻을 수 있었다.

Fig. 5-(a)와 같이 Chip의 Lead frame이나 (b)의 Ball 측정 및 (c) ~ (d)의 Wire와 Wire bonding 또한 비교적 선명한 영상을 얻을 수 있었다.

나. Digital X-ray 3-D 시스템 실험

X-ray 3-D 데이터를 이용한 이미지 영상(Fig. 6)은 2D 시스템을 이용했을 때와는 영상의 선명도가 약간의 setting 간 변화에도 많은 이미지차이를 볼 수 있었다.

단층영상(plane)의 수를 처음 120정도로 했을 때와 340으로 했을 때의 영상의 차이도 실험결과 나타났다.

Calibration 값 설정 시 약간의 Setting 오차에도 3차원 영상으로의 복원 시에 noise에 따라 차이가 있었다. 즉 정확한

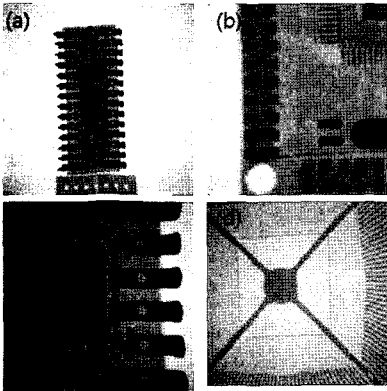


Fig. 5 Digital X-ray 2-D Image

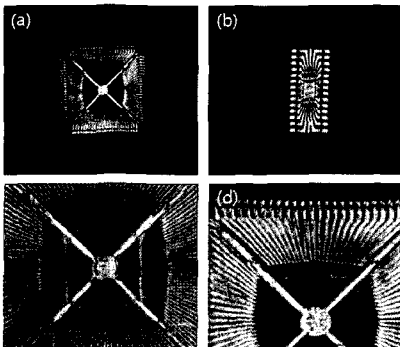


Fig. 6 Digital X-ray 3-D Image

Calibration 값으로 Setting해야만 가장 선명한 3차원 데이터 영상을 얻을 수 있었다.

Fig. 7은 3차원 영상으로 복원된 Chip의 Wire loop의 영상이다. Wire loop의 모양은 대부분 3차원 영상으로 표현이 되었다. 그러나 모델링의 이동이나 회전 시 Wire loop의 일부 부분이 사라지는 문제점도 발생하였다. 이는 굉장히 미세한 부분에서도 약간의 noise에 영상은 부분적으로 나타나지 않는 결과가 나왔다.

4. 연구 결과의 활용 계획

본 연구는 3차원 X선을 이용하여 전자부품에 관련된 자동 검사 장비를 개발하는데 그 목적이 있다. 2D를 이용한 단순 투과형 영상과 3-D를 이용한 3차원 영상데이터에 대한 실험을 하였다.

현재의 영상데이터의 결과를 이용하여 PCB기판의 Ball size 측정 및 불량 검출과 patten 검사를 IMAGE PROCESSING의 이진화를 통한 Corner detection 이용해 검사를 할 수 있다. 또한 향후 3-D 데이터를 CAD데이터로 변환하여 다양한 전자부품의 단락검사, 간격 측정 및 비교평가를 할 수 있는 알고리즘을 개발 하여 처리 가능하다.

5. 결론

지금까지의 본 실험결과 2-D를 이용한 영상데이터의 결

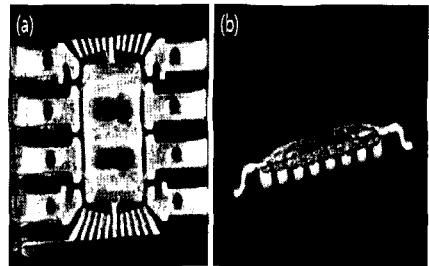


Fig. 7 DSP 2407CHIP IMAGE

Table 2 X-RAY 3-D SETTING

Variable	Variable Value
PLANE	320
IMG WIDTH	512
IMG HEIGHT	512

과는 BGA(Ball Grid Array)나 Lead frame, Wire의 영상데이터의 결과는 매우 깨끗한 영상 데이터를 볼 수 있었다.

3-D를 이용한 영상데이터의 결과는 단층 촬영 된 데이터의 미세한 부분(wire)도 대체적으로 영상데이터를 얻을 수 있었다. 그러나 2-D 시스템의 결과보다는 noise에 민감하고 Software적으로도 3차원영상 데이터를 구현하는 단계에서 구현되지 못한 부분이 있었다. 이는 향후 연구가 계속됨에 따라 점차 보완해 나가야 할 부분이다.

후 기

본 논문은 서울시 전락산업 혁신클러스터 육성 지원사업(3D Microsystem Packaging을 위한 접합공정 및 장비개발)의 지원으로 수행하였음.

참 고 문 헌

- (1) Richard, C., jaeger, 2002, Introduction To Micro electronic Fabrication, pp. 209~226.
- (2) Lim, S. H., vatec company, 2003, X-ray based PCB Inspection System developmentpp. 12~29.
- (3) Igoshev, V. I., Kleiman, J. I., Creep Phenomena in Lead-free Solders, *Journal of Electronic Materials*, Vol. 29, No. 2, 2000, pp. 46~65.
- (4) Park, W. S., Kang, S. T., Kim, H. C. and Kim, S. K., 1996, Shape reconstruction of solder joints on PCB using laminography, pp. 264~267.