

초미세 범프 측정 시스템 개발을 위한 사전 기술 분석

*유성근 *송민정 *박상일 *조성만 *전소연 *전지혜 **김희태 **명찬규 *박구만
*서울과학기술대학교, **주식회사 테크윙

*orcogre@gmail.com, *mi0_0ng@naver.com, *sangilparkmail@gmail.com, *pccho9108@gmail.com,
*tissuehanger@naver.com, *jhjeon@seoultech.ac.kr, **{heetae.kim, chris.myung}@techwing.co.kr,
*gmpark@seoultech.ac.kr

An Preliminary Technical Analysis of Developing Micro Bump Inspection System

*Yoo, Sunggeun *Song, Min-jeong *Park, Sangil *Cho, Sung-man *Jeon, So-yeon
*Jeon, Ji-hye **Kim, Hee-tae **Myung, Chan-gyu *Park, Goo-man
*Seoul National University of Science and Technology, **TechWing

요약

최근 전자 기기의 크기가 줄어들고 PCB의 사이즈와 반도체 패키지의 크기가 소형화되어 플립 칩 본딩(Flip chip bonding) 기술을 적용한 반도체 패키지 방식이 점점 늘어나고 있다. 이에 따라 PCB와 반도체 칩 사이를 연결하기 위해 응용되던 BGA(Ball Grid Array)에 핀 배열 대신 사용되는 범프(Bump)를 50um 이내의 초미세 범프로 만들어 일정한 배열을 유지하는 것이 중요하다. 또한 초미세 범프의 모양과 품질이 패키지 수율과 밀접하게 연관되기 때문에 이를 검사할 수 있는 기술이 필수적이다.

이에 본 논문은 초미세 범프측정을 할 수 있는 시스템 개발을 위한 측정 대상의 특징과 사용할 수 있는 광학계를 분석하였고, 획득된 영상을 가지고 딥러닝을 적용하여 정확하게 불량여부를 판별할 수 있는 초미세 범프 측정 시스템을 고안하였다.

1. 서론

플립 칩 본딩 기술은 칩을 뒤집어 기판이나 다른칩에 붙이는 기술로 1964년 IBM에서 C4(controlled collapse chip connection)이라는 이름하에 처음 도입되어 2009년 이후 200에서 700개 정도의 I/O(Input/Output)를 가지는 칩에는 대부분 적용되는 범용화된 기술이다.[1]. 이 기술은 기존의 와이어 본딩(wire bonding)과 같은 기술이 1차원적인 배열인데 반해 2차원적인 배열을 이용하여 수많은 I/O를 가지는 칩을 전기적으로 외부의 기판과 연결할 수 있는 인터커넥션 기술이다[2]. 또한 와이어 본딩에 비하여 전기적으로 연결되는 도선의 길이가 수십um 이내로 짧아 접합부의 기생성분이 적어 고주파를 송수신하는 RF칩에도 이용가능하며 접합에 들어가는 귀금속의 양을 줄일 수 있어 비용적으로 저렴하다[2].

또한 최근에는 여러 칩을 플립 칩 본딩 공정으로 TSV(Through Silicon Via)를 활용하여 적층하여 칩의 밀적도를 높이는 기술이 도입되어 3차원 혹은 2.5차원 IC집적기술로 불리고 있다. 이 기술은 특히 메모리에 적용되어 면적당 기억용량을 늘리는데 큰 도움을 주어 SSD(Solid State Drive)나 DRAM(Dynamic Random Access Memory)의 용량이 비약적으로 늘어나게 되었다. 이와같은 기술에 사용되는 범프의 크기는 매우 작아야 하며 이미 2013년도에 40um대의 미세피치를 적용한 초미세 범프(Micro Bump)가 상용화 되고 있는 실정이다[2].

본 논문은 사용 용도가 증가하고 있는 초미세 범프의 불량을 검사

하기 위하여 초미세 범프의 특징을 분석하고, 사용가능한 광학계를 조사하였다. 또한 광학계로 획득한 영상을 재구성하고 재구성 된 영상에서 빠르고 정확하게 불량 여부를 찾아 낼 수 있는 측정 시스템을 제안한다.

2. 초미세 범프의 2차원 측정을 위한 특징

초미세 범프의 2차원 측정을 위하여 그림 1.과 같은 특징들을 측정값으로 지정할 수 있다. 그림 1.의 가.는 정상적인 범프의 기본 넓이다. 나.는 이상적인 중심축을 벗어난 범프의 폭대기 값이다. 다.는 범프에 부착된 이물질의 크기이다. 라.는 범프의 옆면 경사도의 기울어짐 값이다. 마.는 모양의 변형을 나타내는 값이다. 바.는 범프 겉면을 기준으로 한 높이이다. 사.는 옆면 경사도의 높이값이다.

이와 같은 측정값을 가지고 정상적인 크기와 모양을 가진 범프를 기준으로 하여 측정값이 일정한 범위를 넘어서는 범프를 불량으로 판정하는 2차원 초미세 범프 측정 시스템을 구성할 수 있다. 하지만 한 방향을 바라보게 설치된 단일 카메라로 범프를 측정하게 되면, 특정 방향의 정보만을 얻게 되기 때문에 측정의 정확도가 떨어지는 단점이 생기게 된다. 따라서 여러 방향에서 범프의 영상을 획득하고 2차원 기반으로 측정하는 시스템이 존재하지만, 측정 속도와 정확도 면에서 여러 모로 어려운 점이 존재한다.

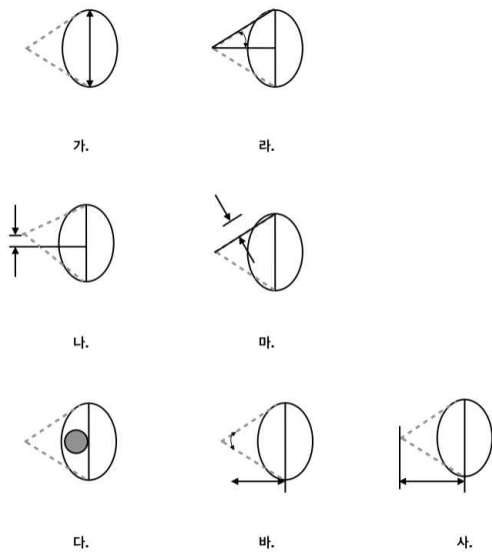


그림 1. 초미세 범프의 2차원 측정을 위한 측정값

3. 제안하는 3차원 초미세 범프 측정을 위한 광학계

초미세 범프는 그 크기가 50um이내의 반구 형태의 금속 구조물이기 때문에 미세한 구조를 3차원으로 재구성할 수 있는 3D Microscopy 기술이 필요하다. 따라서 현실적으로 사용 가능한 방식중 Confocal Microscopy(이하 공초점 방식)와 Digital Holographic Microscopy(이하 DHM), White-light Scanning Interferometry(이하 WSI) 세가지 방식의 특징을 표 1. 과 같이 정리하였다.

기준	공초점	DHM	WSI
해 상 도 (X,Y,Z)	X, Y: 0.5nm; Z: 1 - 20 nm	X, Y: 0.15nm; Z: 0.3nm	X, Y: 0.5nm Z: 0.3 nm
속도	1000FPS ~	25FPS~	30FPS~
FOV	100 ~10mm	66μm~5mm	100mm~ 10X10mm
광학계 정 밀도	높아야 함	비교적 낮아도 됨	적당함
스캔 여 부 (X,Y,Z)	픽셀단위	프레임 단위	프레임 단위
표면처리여 부	필요	필요없음	필요
크기, 무게	작음	적당함	작음
소음 및 진 동에 강한 가	좋음	가장 좋음	좋음
복원복잡도	적당함	높음	적당함

표 1. 초미세 범프의 3차원 측정을 위한 광학계 특징

4. 제안하는 전체 초미세 범프 측정 시스템

제안하는 전체 시스템의 모습은 그림 2와 같다. 영상을 획득하는 광학계로 WSI를 적용하였고, 범프의 특성을 고려하여 투과식 간섭계 대신에 반사식 간섭 광학계를 적용하였다. 또한 획득된 영상을 처리하여 범프의 3차원 형상을 재구성하는 부분과 구성된 3차원 형상에서 광학계에 의해 발생하는 노이즈를 제거하는 부분을 전처리 단계로 설계하였고, 재구성 방법으로는 Rochi Pattern Projection을 채택하였다. 노이즈 제거방법으로는 Subpixel을 이용하여 간섭계에서 일어나는 재구성 에러를 줄여 노이즈를 제거한다. 마지막으로 초미세 범프의 모양을 측정하여 불량인지 아닌지를 판단하는 측정단은 특징 추출과 딥러닝을 이용한 불량 판정을 하는 구조로 되어 있다. 특징 추출을 위하여 SVM(Support Vector Machine)을 적용하였고, 딥러닝 단계에서는 DeCAF(Deep Convolutional Activation Feature)를 적용하여 측정 정확도를 향상시켰다[3].

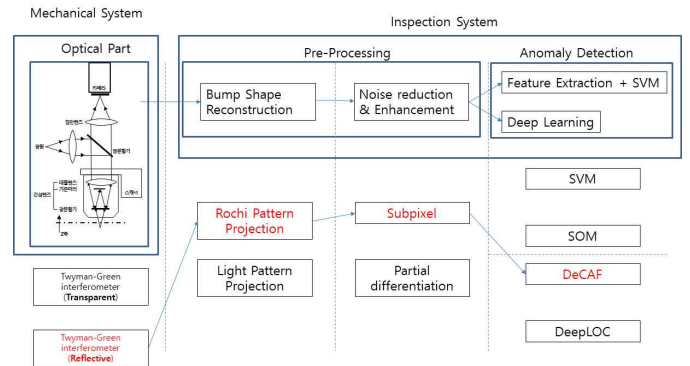


그림 2. 제안하는 시스템의 전체 구조도

4. 결론

본 논문은 초미세 범프측정을 할 수 있는 시스템 개발을 위한 측정 대상의 특징과 사용할 수 있는 광학계를 분석하였고, 획득된 영상을 가지고 딥러닝을 적용하여 정확하게 불량여부를 판별할 수 있는 초미세 범프 측정 시스템을 고안하였다. 현재 제안한 시스템을 가지고 실제로 동작하는 측정 프로토타입을 개발하는 중이다. 본 시스템이 개발된다면 빠른 불량판별로 인하여 수율 개선이 가능할 것으로 전망되며, 대부분 외국에서 개발된 장비를 이용하였던 것을 개발된 기술로 대체하여 기술 국산화에 이바지 할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] S. C. Johnson, "Flip-Chip Package Becomes Competitive," Semiconductor International, May 2009.
 [2] 최광성, 이학선, 배현철, 엄용성 "플립 칩 본딩 기술의 최신 동향," ETRI 전자통신동향분석, 2013
 [3] Donahue, J., Jia, Y., Vinyals, O., Hoffman, J., Zhang, N., Tzeng, E. & Darrell, T.. (2014). DeCAF: A Deep Convolutional Activation Feature for Generic Visual Recognition. Proceedings of the 31st International Conference on Machine Learning, in PMLR 32(1):647-655, 2014