

CSP용 시소타입 로딩장치의 개발

이준환* · 구홍모** · 우영환** · 이종원*** · 신영의***

Development of Seesaw-Type CSP Solder Ball Loader

J. H. Lee* · H. M. Koo** · Y. H. Woo** · C. W. Lee*** · Y. E. Shin***

Key Words: BGA(Ball Grid Array, 볼 그리드 정렬), Ball loader(볼 장착기)
 CSP(Chip Scale Package, 칩 크기 패키지), QFP(Quad Flat Package, 사각 평판 패키지)

Abstract

Semiconductor packaging technology is changed rapidly according to the trends of the micro miniaturization of multimedia and information equipment. For I/O limitation and fine pitch limitation, DIP and SOP/QFP are replaced by BGA/CSP. This is one of the surface mount technology(SMT). Solder ball is bumped on the die pad and connected onto mounting board.

In ball bump formation, vacuum suction type ball alignment process is widely used. However this type has some problems such as ionization, static electricity and difficulty of fifo(first-input first-out) of solder balls. Seesaw type is reducing these problems and has a structural simplicity and economic efficiency. Ball cartridge velocity and ball aligned plate angle are important variables to improve the ball alignment process. In this paper, seesaw-type CSP solder ball loader is developed and the optimal velocity and plate angle are proposed.

기호설명

- α : 플레이트 기울임각
- β : 임계점에 해당하는 각
- ϕ : 솔더볼의 지름
- ω_1, ω_2 : 솔더볼의 각속도
- v_0 : 카트리리지 속도
- v_x, v_y : 솔더볼의 속도성분
- I : 솔더볼의 관성모멘트
- r : 솔더볼의 반지름
- d_x, d_y : 솔더볼의 변위성분

1. 서론

최근 급속한 반도체 산업의 성장과 더불어 전자 기기는 고기능화, 집적화, 소형화를 추구하고 있다. 대표적인 예로, PC는 통신, 화상처리, internet 등 고기능을 소형 경량화 시킨 본체에 고밀도로 조립하고 있다. 또한 이동통신기기도 소형화, 다기능화 되고 있는 추세이다. 이러한 배경에는 반도체 패키지의 삽입실장형에서 표면 실장형으로 개발되어온 것을 들 수 있다. 또한 반도체는 웨이퍼 단계의 sub-micron화, 배선의 다층화에 의한 고집적화로, 반도체 패키지는 단자 피치의 축소, 표면 실장화, area 단자화에 의한 고기능, 고밀도화를 실현하고 있다[1].

반도체 실장 방법은 삽입실장형과 표면실장형으로 나눌 수 있다. 삽입실장형은 DIP(Dual In-line

* FESTECC 기술연구소
 ** 중앙대학교 대학원
 *** 중앙대학교 기계공학부

Package), SIP(Single Inline Package), PGA(Pin Grid Array) 등이며, 표면실장형은 QFP, SOP등의 방식이 있다. QFP는 고밀도 fine pitch(0.4-0.3mm)화된 실장방식에 한계를 가지고 있다. 최근 수년간 보다 다단자 고밀도 실장이 가능한 표면실장형 패키지인 BGA가 개발되어 실용화되고 있다. 보드실장의 관점에서는 BGA 1.0-0.8mm 피치 레벨(pitch level)의 area 단자 실장은 QFP의 0.4-0.3mm 피치 실장보다도 용이하다. 특히 BGA는 소수핀(pin) 및 다핀에 이르는 범위에서 제품화가 진행되고 있다. 특히 250핀 이상의 다핀 패키지에서는 QFP보다 확실한 우위를 가지고 있다. 소수핀에서는 CSP라고 불리는 영역에서 0.5-0.8mm 피치의 제품이 실현되고 있다. Fig. 1에서 반도체 기술개발 흐름을 나타내었다[2][3].

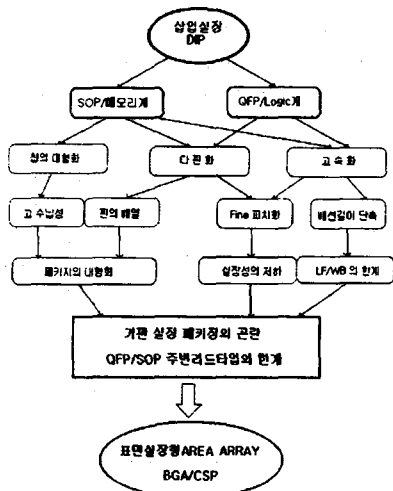


Fig. 1 The flow of packaging technology

BGA/CSP 방식에서 납볼(solder ball)을 범핑(bumping)하는 작업에 사용되는 볼 정렬 장치는 진공흡입형(vacuum suction type)이 많이 이용되고 있으나, 볼의 정전기발생과 선입선출이 곤란한 점이 있다. 시소타입의 볼 로더(ball loader)는 이런 점이 개선되는 장점이 있으며, 구조가 간단하며 경제적이다. 시소타입 로더의 사용시 볼의

정렬을 개선하기 위해서는 볼 카트리지의 속도와 볼 패턴 플레이트의 각도가 중요한 변수로 작용한다. 본 연구에서는 이에 대한 최적값을 구하고자 한다

2. BGA/CSP 공정 및 Ball Mounter

2.1 BGA/CSP

기존에 사용되었던 반도체 실장 기술은 리드 방식이었는데, 이는 각 리드와 집적회로(IC)의 각 입출력(I/O)를 금(gold)선으로 연결하고 외부 환경과 격리를 위해 실리콘 재질로 성형포장한 것이다. 가장 많은 입출력 핀의 수를 수용할 수 있는 것이 QFP 인데 일반적으로 0.5mm 정도의 핀간격이 사용되고 최소 0.3mm 까지 가능하다. 그러나 그 이하의 핀간격(400핀 이상의 수준이 요구될 때)은 생산 공정이나 조립과정, 운반 및 취급 도중에 핀의 손상이 가장 큰 문제로, 이 이상 간격을 줄인다는 것이 어렵게 되었다. 따라서 외부 충격에 대해 견고하고 많은 입출력 핀을 수용할 수 있는 실장이 필요한데 그것이 BGA/CSP 방식이다[4].

BGA 방식은 기존의 리드 프레임을 대신하여 PCB(Printed Circuit Board)를 사용함으로써 조립 공정에서 트림(trim), 폼(form) 공정 등을 없애고 PCB 기판 밑에 납볼을 장착시키는 실장 방법이다. BGA 방식에 사용하는 기판에는 보통 PCB가 사용되는데(PBGA), 세라믹(Ceramic BGA)이나 플렉시블 서킷(FBGA)등이 활용되기도 한다. 또한 최근에는 CSP(Chip Scale Package) 실장 기술이 등장하였다. CSP 반도체 칩은 웨이퍼상의 Bare Chip 크기 정도이다. Fig. 2에서 BGA 패키지의 모습을 나타내었다[5].

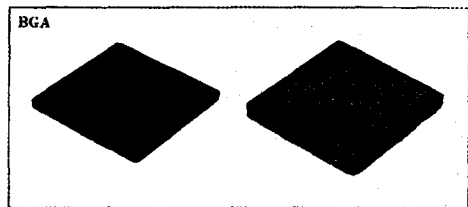


Fig. 2 BGA package

2.2 BGA/CSP Solder Ball

솔더 범핑에 사용되는 납볼은 크기와 성분이 다양하다. 일반적인 경우 주석(Sn)과 납(Pb)의 합금으로 되어있다. 표면에 흠집이나 오염이 있을 경우, 리플로우(reflow) 과정에서 신뢰성이 떨어지므로 주의를 요한다. Table 1.에서 패키지 타입에 대한 볼 사이즈를 보았다[6].

Table 1. Types of package and applied ball sizes

Types of Package	Ball diameter (mm)	Tolerance (μm)
Flip Chip	0.10 - 0.20	± 5 ± 10
CSP	0.30 - 0.50	± 10 ± 20
BGA	0.50 이상	± 20

2.3 Ball Mounter의 기술적 현상

일반적으로 정확한 위치 안착을 위하여 볼들은 진공 흡입 기술을 이용하여 이송 플레이트 위에 옮겨진다. 진공이 가동되면 볼들은 진공 로더 플레이트의 홀(hole)들에 하나씩 삽입된다. 남은 볼들을 제거하고 로더 플레이트에 올려진 볼들이 이송 플레이트의 구멍들에 삽입된다. 여기서 이송 플레이트는 진공 로더 플레이트와 거의 완벽하게 접합이 되고 진공이 제거되면 볼 자체 무게에 의해서 이송 플레이트의 정확한 구멍으로 떨어지게 된다. 그 결과로 볼들은 BGA pad 위에 정확히 장착되며, 정렬 플레이트 홀(alignment plate hole)들의 장벽효과로 그 위치가 보장된다. 그러나 기존의 방식에선 볼의 선입선출이 곤란한 점과 볼간의 마찰에 의한 정전기발생, 유실되는 볼 양이 많은 점등의 문제로 경제성이 떨어졌다. Fig. 3에서 진공로더를 나타내었다.

시소(seesaw)타입 로더는 이 같은 문제를 개선할 수 있다. Fig. 4에 그 개략적인 모양을 나타내었다. 이송 플레이트에는 볼을 장착하고자 하는 칩의 패드의 정렬과 같은 형태로 볼이 들어갈 수 있는 작은 구멍들이 만들어져 있다. 이 이송 플레이트를 임의각도 α 만큼 기울이고 그 위를 납볼을 장착한 카트리지를 일정 속도 V 로 움직인

다. 그러면 카트리지 밑면의 구멍에서 볼 자체의 중력에 의해 이송 플레이트 위의 구멍으로 정확히 떨어지게 된다. 유실되는 볼의 수는 거의 없으며, 선입선출 또한 보장된다. 정전기나 산화의 문제는 완전히 해결될 수는 없으나, 볼간의 마찰은 줄어드는 효과는 가진다.

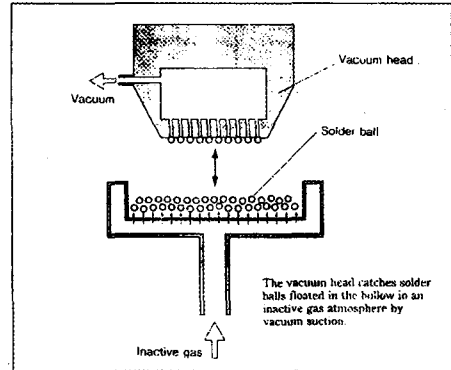


Fig. 3 Vacuum loader type ball pick up

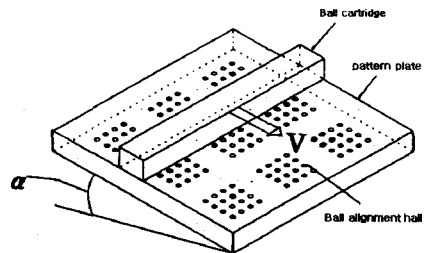


Fig. 4 Seesaw type ball loader

3. 볼의 동특성 해석

3.1 카트리지의 속도와 플레이트의 각도

카트리지에 담긴 납볼들이 플레이트상을 움직일 때, 볼들이 홀으로 하나씩 들어가게 하는 것이 관건이다. 카트리지의 속도를 v_0 라하고 플레이트가 α 만큼 기울어져 있다고 하자. 카트리지 내부에는 많은 수의 볼이 있을 것이나, 여기서 하나의 볼에 대하여 관심을 둔다. 그리고 그 볼은 카트리지에 의해서 그 속도를 유지할 것이다.

Fig. 5에서 홀에 임박했을 때 볼은 초기 속도

v_0 로 진행방향, 즉 x 축을 따라 진행함과 동시에 수직하방, 즉 중력에 의해 자유낙하 할 것이다.

1에서 2까지 C.G가 이동한 변위 벡터를 d , 중력 가속도를 g , 1에서 2까지 소요시간을 t_0 라고 하면, d 의 x, y 방향 성분의 크기는 각각

$$d_x = v_0 t_0 + \frac{1}{2} g t_0^2 \sin \alpha \quad , \quad d_y = \frac{1}{2} g t_0^2 \cos \alpha$$

와 같이 된다.

C.G가 A 점까지 이동하는 경우는, 볼이 홀로 떨어질지 아니면 이탈할지 모르는 임계점에 해당한다. 이때는 $\angle OBC$ 가 β 가 되며,

$$\tan \beta = \frac{r}{l} = \frac{d_y}{d_x} \quad (1)$$

가 성립한다. 여기서 l 은 홀의 지름으로 일반적으로 볼 지름에 $+0.15 \mu\text{m}$ 정도가 된다. l, r 은 주어진 값이므로 임계점에 해당하는 각 β 는 볼의 반지름에 따라 변화하나 플레이트각도 변화와는 무관하게 정해진다. 따라서 임계점에 도달하는 각 α 에 따른 초기속도 v_0 와 소요시간 t_0 을 구할 수 있다. 볼은 Table 2.에 주어진 것과 같다.

Table 2. Spherical diameter, volume, and weight of each Sn-Pb(63/37) ball

Spherical diameter (mm)	Volume (mm ³)	Weight (mg)
0.30	0.01414	0.1188
0.45	0.04771	0.4008
0.76	0.22985	1.9307

각각의 볼에 대한 β 값은 Table 3.과 같다.

Table 3. β of each ball diameter

ϕ (mm)	0.30	0.45	0.76
β (°)	26.55	26.56	26.56

Fig. 6에서 각각의 볼에 대한 임계점에 도달하기 위한 초기속도와 소요시간을 보였다. 플레이트 각도가 63.5° 일 때 초기 속도가 0이라도 임계점에 도달하게 된다.

Fig. 5에서 2에서 3까지 움직일 수 있는 운동량을 가진다면 볼은 홀을 벗어나게 된다. 중심점 A

와 D에 대하여 운동량-충격량해석을 통하여 홀을 벗어나지 않기 위한 초기속도의 한계점을 구할 수 있다. Fig. 7에서 해석을 위한 도식을 보았다[7].

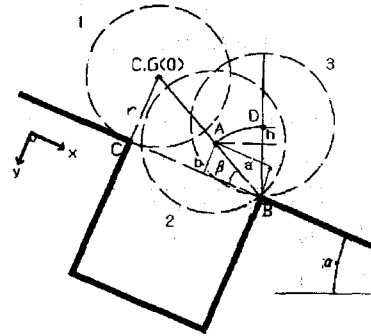


Fig. 5 Solder ball passing a hole

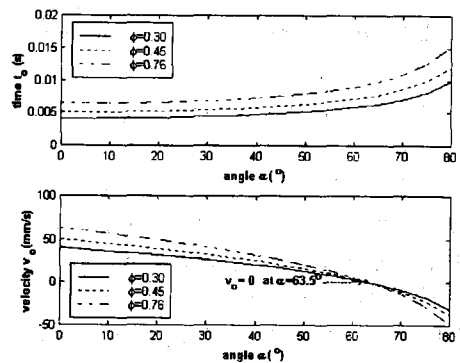


Fig. 6 Required time and initial velocity for reaching critical point

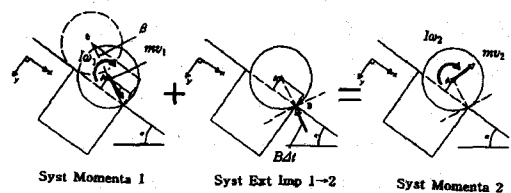


Fig. 7 Analysis of momentum & impulse

A점에서 x, y 방향의 속도성분은 다음과 같다.

$$v_{1x} = v_0 + g t_0 \sin \alpha \quad , \quad v_{1y} = g t_0 \cos \alpha \quad (2)$$

Fig.5와 Fig.7에서 다음과 같은 조건이 나온다.

$$I\omega_1 + mv_{1x} b - mv_{1y} a = I\omega_2 + mv_2 r \quad (3)$$

$$\frac{1}{2} mv_2^2 + \frac{1}{2} I\omega_2^2 = mgh \quad (4)$$

위의 조건을 조합하면 초기속도의 한계치를 구할 수 있다.

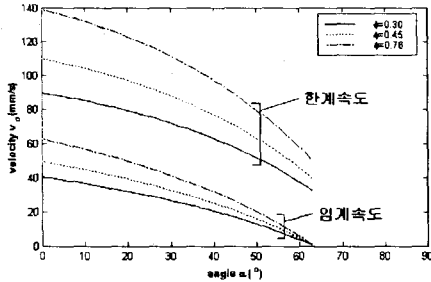


Fig. 8 Critical and limit velocity range

Fig. 8에서 임계점에서 홀을 벗어나기 위한 초기속도의 한계치를 나타내었다. 즉 한계치 이상의 속도를 붙이 가지면 홀을 벗어나게 될 것이다.

4. 실험

4.1 실험 장치 및 방법

Fig. 9와 Fig. 10에서 실험장비의 사진과 구성을 보였다. 실험장비에서 카트리지는 플레이트 양 끝에 풀리를 달아 스테핑모터와 연결하고 타이밍 벨트에 의해 양단으로 이송시키며 속도는 스테핑모터로 제어한다. 플레이트 각도는 플레이트를 중심으로 시소(seesaw)와 같이 변화시킨다. 바닥 아래면으로 L.M. 가이드와 볼스크류를 서보모터에 커플링하여 상하 운동으로 각도를 조절하게 하였다.

플레이트 각도는 0~50° 까지 변화시키고 그에 따라 카트리지를 20~100mm/s로 움직였을 때, 홀에 볼이 장착되지 않거나 두 개의 볼이 들어가는 경우를 정확한 위치 안착이 되지 못한 것으로 보고, 이 수치를 반복 실험하여 그 평균치를 조사하였다.

실험에서는 $\phi=0.45$ 볼을 사용하였으며, 플레이트에 Fig. 11에 보인 스트립과 같은 볼 패턴으로

홀을 가공하였다. 스트립에는 총 6400개의 볼이 장착되어야 한다. 볼 패턴에 따라 플레이트는 가공되고 시소타입 장치에 플레이트는 교체가 가능하도록 되어있다.

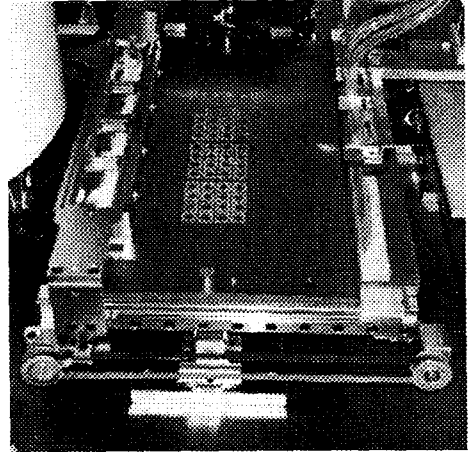


Fig. 9 Photograph of experimental equipment

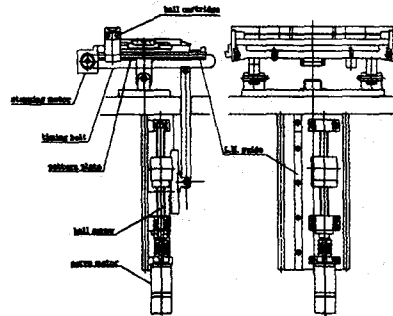


Fig. 10 Schematic configuration of experimental equipment

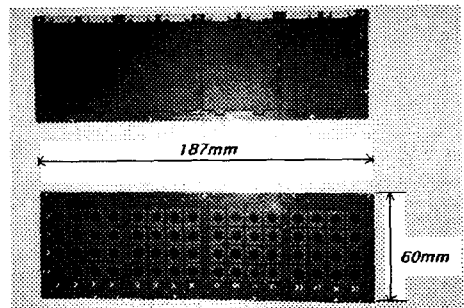


Fig. 11 Photograph of the strip

4.2 실험결과 및 검토

Fig. 12에서 홀에 장착되지 않은 볼의 수를 나타내었다. 카트리지의 속도가 빨라질수록, 플레이트 각도가 작을수록 유실볼의 수가 늘어남을 알 수 있었다. 그리고 속도가 20~40mm/s 일 때는 모든 각도 영역에서 유실되는 볼의 수가 거의 없었다. 유실볼의 수가 하나도 없는 경우를 조사하여 이상적인 속도와 각도의 조합을 구하였다. Fig. 13에서 검게 표현된 부분이 유실볼의 평균치가 0이 되고 작업속도를 향상시키기 위한 측면에서 속도는 빠르고 각도는 작을 조건에 적합하다. 즉, 플레이트 각도 20~25° 사이각과 카트리지 속도 50~60mm/s에서 최적의 조건을 만족한다.

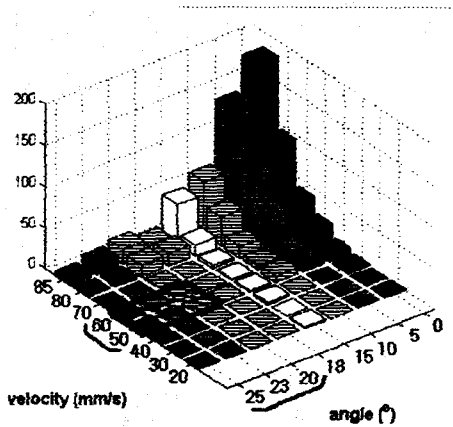


Fig. 12 Loss ball distribution for various velocities & angles

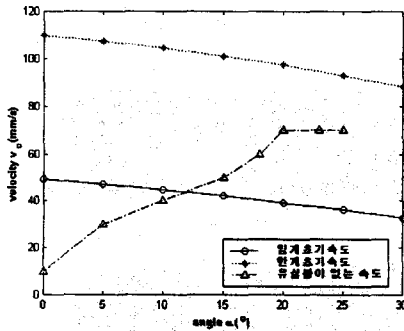


Fig. 13 Difference of initial velocity ($\phi = 0.45$)

Fig. 8에서 보인 볼이 벗어나지 않을 초기 속도

의 이론적이 한계조건과 실험을 통해 얻은 초기 속도의 조건을 Fig. 13에 보였다. 10° 이하에서 초기속도의 한계치와 실험결과와 다소의 차이를 보이는 보이고 있다. 임계점에 도달가능한 속도 보다 느린 경우에도 홀에서 벗어나는 것을 볼 수가 있는데, 이는 플레이트와 카트리지의 블레이드 간격과 플레이트 홀의 가공 상태, 그리고 카트리지 내부 볼간의 상호작용 등의 변수가 작용하여 발생한 것으로 판단된다.

5. 결론

본 논문에서는 시소타입 솔더 볼 로딩장치의 최적 플레이트 각도와 카트리지 속도를 제시하고자 하였으며, $\phi = 0.45$ 볼에 대하여 실험한 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (1) 플레이트 각도는 25° 이상 기울일 필요가 없었다.
- (2) 작업속도를 고려했을 때, 플레이트 각도는 20~25° 사이각과 카트리지 속도 50~60mm/s에서 최적 조건을 가지는 것을 확인하였다.
- (3) 카트리지 속도는 이론적인 한계치 보다 작은 영역에서도 볼이 유실되는 경우가 발생하였다.
- (4) 플레이트 각도 10° 이하에서는 속도가 30mm/s이하일 때도 유실볼이 발생되었다.

6. 참고 문헌

- [1] "월간 반도체" (주) 전자 자료사 1998.12호
- [2] "반도체 조립공정" 한국기술대학교, 반도체장비 기술교육센터
- [3] "BGA/CSP 新世代 패키지의開發現狀と市場探索", 株式會社 ットツイン, NetBrain CORPORATION, 1996
- [4] John H. Lau, "Ball Grid Array" McGraw-Hill, Inc. 1995
- [5] John H. Lau, Yi-Hsin Pao "Solder Joint Reliability of BGA, CSP, Flip Chip, and Fine pitch SMT Assemblies" McGraw-Hill, Inc. 1997
- [6] "SMIC Technical bulletin", issued 1997.10