

와이어 본더에서의 초저 루프 기술

곽병길[†] · 박영민 · 국성준*

[†]삼성테크윈 정밀기기연구소, *반도체시스템사업부

The Low Height Looping Technology for Multi-chip Package in Wire Bonder

Byung Kil Kwak[†], Young Min Park and Sung June Kook*

[†]Precision Instruments R&D Center, *Semiconductor System Division, Samsung Techwin Co., LTD,

ABSTRACT

Recent new packages such as MCP(Multi-Chip Package), QDP(Quadratic Die Package) and DDP(Dual Die Package) have stack type configuration. This kind of multi-layer package is thicker than single layer package. So there is need for the low height looping technology in wirebonder to make these packages thinner. There is stiff zone above ball in wirebonder wire which is called HAZ(Heat Affect Zone). When making low height loop (below 80 μm) with traditional forward loop, stiff wire in HAZ(Heat Affect Zone) above ball is bended and weakened. So the traditional forward looping method cannot be applied to low height loop. SSB(stand-off stitch) wire bonding method was applied to many packages which require very low loops. The drawback of SSB method is making frequent errors at making ball, neck damage above ball on lead and the weakness of ball bonding on lead. The alternative looping method is BNL(ball neckless) looping technology which is already applied to some package(DDP, QDP). The advantage of this method is faster in bonding process and making little errors in wire bonding compared with SSB method. This paper presents the result of BNL looping technology applied in assembly house and several issues related to low loop height consistence and BNL zone weakness.

Key Words : Loop, Wire bonder, Wire

1. 서 론

MCP(Multi-Chip Package), QDP(Quadratic Die Package)와 같은 자재는 그림 1에서 보는 바와 같이 적층의 형태를 가짐으로써 집적도가 높다. 집적도를 향상시킬 수 있는 좋은 구조를 가졌기 때문에 이러한 자재의 생산량은 급격히 확대되고 있다. 칩(Chip)을 적층하는 구조이기 때문에 단층자재에 비해 두께가 두꺼울 수 밖에 없다. 패키지 완성품의 두께를 얇게 하기 위해서 칩의 두께를 얇게 하려는 노력이 있어 왔고 와이어 본더(Wire bonder)에서는 패키지 완성품의 두께에 영향을 미치는 루프(Loop)의 높이를 낮게 하는 것이 필요하게 되었다[3]. 이 뿐 아니라 초저 루프는 와이어(Wire)간

혹은 와이어와 칩간 전기적 단락(Short)을 방지하기 위해서도 필요하다. Fig. 1의 5층으로 적층되어 있는 패키지를 보면 1층 칩에 본딩 되어 있는 와이어가 3층 칩 밑면과 닿아 전기적 단락이 발생하는 것을 방지하는 것이 필요하다. 이러한 와이어의 경우에는 루프의 높이를 낮게 그리고 일정하게 제어하는 것이 매우 중요하게 된다.

전통적인 정방향루핑(Forward Looping, 패드에서 리드방향으로 루프 형성)방법으로는 루프의 높이를 낮추는데 한계가 있다. 그 이유는 HAZ(Heat Affect Zone)이라고 불리는, 방전 시 발생하는 열에 의해 만들어지는 불 바로 윗부분에 존재하는 딱딱한 영역 때문이다. HAZ은 보통 100 μm 이상이 되는데 100 μm 이하의 루프 높이를 기존의 정방향루핑 방법을 이용하여 구현하기 위해서는 이 딱딱한 영역을 굽혀야 되고 이로 인해 와이어의 이 딱딱한 부분이 쉽게 손상을 받게 되어

[†]E-mail : byungkil.kwak@samsung.com

문제가 발생한다. 이러한 이유로 인하여 정방향루핑 방법이 아닌 새로운 방법이 제안되었는데 가장 많이 널리 이용되는 방법은 SSB(Stand-Off Stitch)방법이다. 그러나 SSB방법은 장비가 본딩을 하는 과정에 에러를 많이 발생시키고 리드에 본딩되는 볼의 접착력이 약하고 볼 목(Ballneck, 볼과 와이어 인접부분)에 와이어 손상(Wire Damage)이 발생하기도 하는 단점이 있다. 그래서 새로운 대안으로서 BNL(BallNeckLess)루프가 제안되었는데 이 루프는 정방향 루핑 방법으로써 SSB방법에 비하여 생산속도가 빠르고 에러가 작게 발생한다. 이러한 장점으로 인해 SSB방법 대신 BNL방법을 확대 적용하고 있는 추세에 있다.

본 논문에서는 저희 회사가 국내에서 최초 양산 적용한 BNL방법의 구현방법, SSB방법과의 장단점 비교, 그리고 BNL방법의 양산에 적용하는 과정에서 발생한 문제점과 그 문제점을 해결한 방법에 대하여 제시하고자 한다.

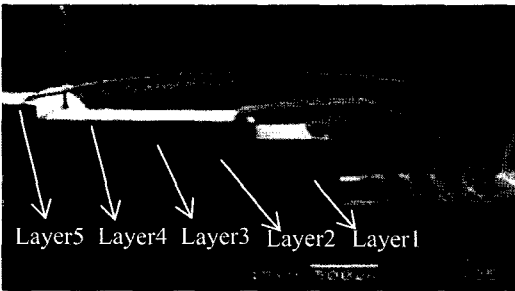


Fig. 1. 5 Layer MCP package bonded with SSB method.

2. BNL 구현 방법

전통적인 정방향루핑 본딩은 크게 세 부분으로 이루어져 있다. 패드(Pad)위에 볼 본딩(Ball Bonding), 패드에서 리드방향의 정방향 루핑, 리드위에 스티치 본딩(Stitch Bonding). BNL 루핑방법은 전통적인 정방향루핑 본딩에 한가지 과정이 추가되는데 이 과정은 볼 본딩 이후에 볼 위에 와이어를 다시 접착하는 과정인데 Fig. 2에서 보는 바와 같은 모세관(Capillary)의 이동을 통하여 구현된다. 그림 2의 ㉠단계에서 ㉡단계의 모세관 동작으로 모세관 밖으로 일정량의 와이어를 뽑아낸다. 이후 ㉢단계에서 보는 바와 같이 와이어가 나와 있는 모세관을 아래방향으로 이동하여 패드에 본딩되어 있는 볼 위에 와이어를 접착하게 된다. 볼과 와이어의 접착력은 아래방향으로 움직이는 모세관의 이동량에 의해 결정된다. Fig. 3에 Fig. 2의 과정을 통하여 구현되어 있는 BNL 루프의 초기 모양이 나타나 있는데

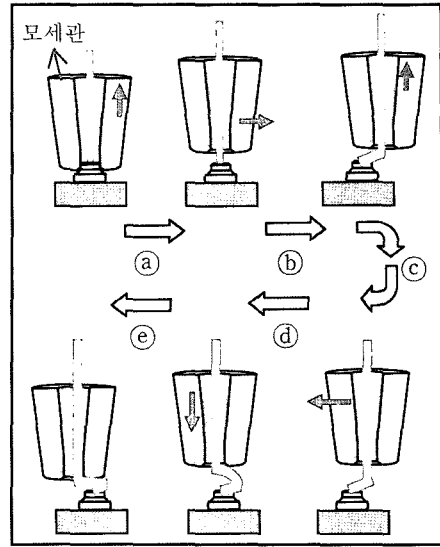


Fig. 2. Capillary motion of BNL method.

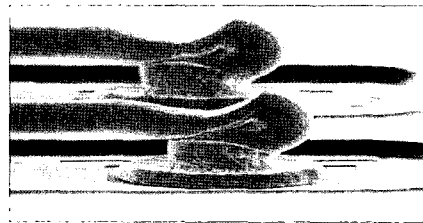


Fig. 3. BNL figure.

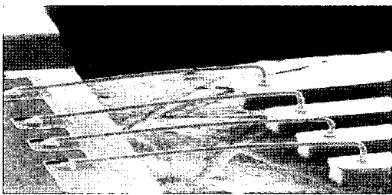
루프의 시작점이 수평을 이루고 있기 때문에 낮은 루프 높이의 형성이 가능하다.

3. BNL과 SSB방법의 장단점 비교

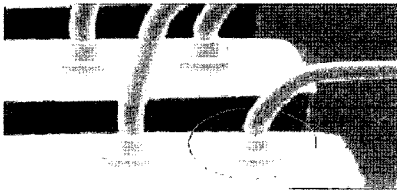
3.1. SSB방법의 장단점

SSB방법은 크게 4가지의 동작으로 이루어져 있다 [2]. 패드에 범프 볼(Bump Ball) 본딩, 리드에 볼 본딩, 리드에서 패드방향으로 역방향루핑(Reverse Looping), 범프 볼 위에 스티치 본딩. 이 루프는 낮은 높이의 루프를 요구하는 자재에 대하여 처음 개발되어 현재 가장 많은 패키지(Package)에 적용되고 있다. 이 방법의 장점은 Fig. 4의 (a)에서 보는 바와 같이 정 방향 본딩에 비해 루프에 사용되어 지는 와이어 양이 많아 루프가 팽팽하지 않고 범프 볼 위에 스티치 본딩을 할 때 작은 에너지로 본딩이 가능하다는 점이다. 스티치 본딩(2nd bonding)을 수행할 때 발생하는 루프에 전달되는 반발력은 루프의 형상을 변형시켜 좌우방향 휨(Curl)이나 상하방향 처짐(Sagging)을 발생시킨다. 일반적으로

루프가 팽팽하지 않을수록 스티치 본딩 시 발생하는 반발력이 루프를 적게 변형시키고 볼 목 손상도 적게 발생시킨다. SSB방법은 작은 에너지로 스티치 본딩을 수행하고 루프가 팽팽하지 않아 루프의 형상이 스티치 본딩 시 발생하는 반발력에 작게 영향을 받는다. 다층 자재의 경우 아래층 칩에 본딩된 와이어와 위층 칩에 본딩된 와이어 사이의 전기적 단락을 피하는 것이 필요하다. 루프의 시작점 근처의 루프는 와이어의 지지점이 있어 루프의 종료 점 근처의 루프보다 제어가 용이한데 리드에서 루프가 시작되는 SSB방법은 리드 근처에서의 와이어간 전기적 단락을 용이하게 피할 수 있다는 장점이 있다.



(a) Wire bonding by SSB method



(b) Ball neck damage bonded by SSB method

Fig. 4. SSB method.

이러한 SSB방법의 장점에도 불구하고 몇 가지 단점이 있다. 첫 번째로 SSB방법은 패드 위에 범프 볼을 본딩한 후 꼬리(Tail)을 만들고 볼을 만드는 과정이 있는데 이 과정에서 많은 에러를 발생한다. 왜냐하면 범프 볼 위에 스티치 본딩을 수행해야 하기 때문에 범프 볼 윗면을 평평하게 만들어야 하고 이 위해서는 볼 바로 윗부분 와이어를 모세관을 이용하여 밀어내어야 하는데 이 때 이 부분이 약해져 꼬리(Tail) 형성이 안정적이지 못하게 되기 때문이다. 그리고 리드는 패드에 비해 본딩 시 안정적으로 고정(Clamping)되어 있지 않기 때문에 리드 위에 볼을 접촉하는 것이 안정적이지 못하다는 단점이 있고 비록 볼이 부착되어 있더라도 그 접착력이 불안정하여 오랜 시간이 지난 후 볼이 리드에서 떨어지는 신뢰성 문제도 일으키기도 한다. SSB방법의 다른 한가지 단점은 루프가 칩 표면과 닿지 않게 하고 낮은 루프높이를 갖기 위해서는 범프 볼 근처의 루프 모양은 급격하게 밀로 떨어지는 형상이어야 한

다. 이러한 급격하게 떨어지는 모양을 만들기 위해서는 모세관의 급격한 이동이 필요하고 이러한 동작으로 인해 리드 위에 본딩되어 있는 볼 목에 과도한 힘이 작용하여 Fig. 4의 (b)와 같이 볼 목 손상이 발생한다. 그리고 패드의 위치가 칩 외곽(edge)에서 멀리 떨어져 있는 경우에는 루프의 높이를 낮게 제어하는 것이 매우 어려워 와이어와 위층 칩 밀면과의 단락을 피하는 것이 난해하다. 그 이유는 루프는 2nd 본딩과 가까워지고 1st 본딩과 멀어지면 지지점이 없어 자유낙하하기 때문이다.

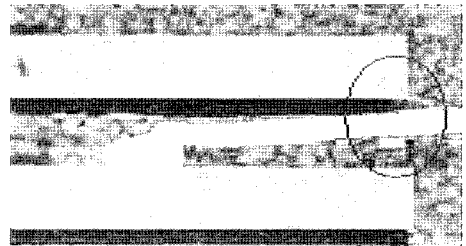


Fig. 5. Wire contact with upper layer chip in SSB method.

3.2 BNL 방법의 장단점

BNL방법은 패드 위에서 수평방향으로 루프가 진행하고 1차 본딩 근처의 루프는 쉽게 조정 가능하기 때문에 와이어가 칩 상면에 닿는 접촉문제는 쉽게 해결된다. 볼 본딩보다는 스티치 본딩이 접착력이 좋으므로 리드에 볼 본딩을 수행하는 SSB방법에서 발생하는 접착력 문제는 BNL방법에서는 나타나지 않는다. 리드의 고정상태가 매우 불안정해 BNL방법의 스티치 본딩이 불안정해 지는 경우에도 Fig. 6에서 보는 바와 같이 스티치(Stitch) 위에 범프 볼을 본딩함으로써 본딩의 불안정성 문제를 해결할 수 있다. 이 범프 볼은 범프 볼 상면을 평평하게 할 필요가 없기 때문에 SSB방법에서의 범프 볼 형성 시 발생하는 에러는 발생하지 않는다. BNL방법은 기본적으로 범프 볼을 만드는 과정이 없으므로 SSB본딩방법에 비하여 빠른 속도를 가진다. 아래 Fig. 7에서는 BNL방법과 SSB방법의 한 와이어 본딩

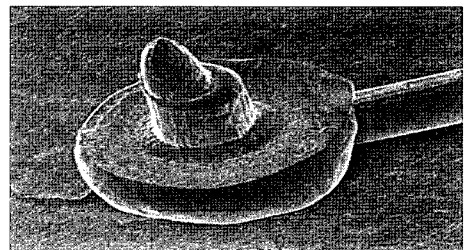
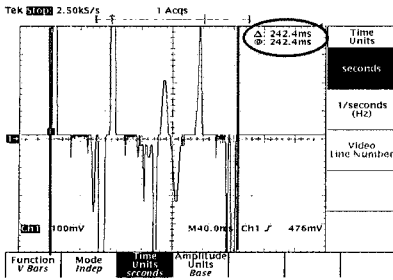
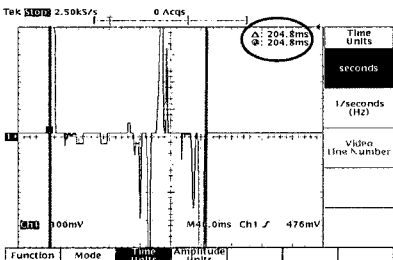


Fig. 6. Stabilization unstable stitch bonding by bump ball.



(a) SSB method (cycle time = 242ms)



(b) BNL method (cycle time = 204ms)

Fig. 7. One wire bonding cycle time.

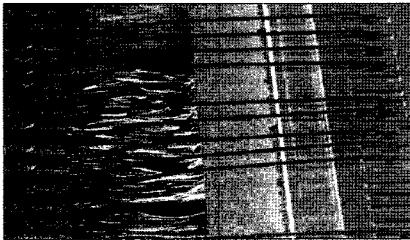


Fig. 8. Tight loop of BNL.

시간을 비교하였다. BNL방법이 약 30%가량 짧은 시간이 걸린다.

높이가 낮은 루프를 정방향 루핑 방법을 이용하여 구현하면 Fig. 8에서 보는 바와 같이 루프에 사용되는 와이어의 양이 작아 와이어가 팽팽해지고 SSB방법에 비해 BNL방법이 2차 본딩 시 사용되는 에너지도 더 크다 그래서 SSB방법의 단점은 2차 본딩 시 발생하는 반발력이 크고 루프는 반발력에 취약한 구조를 가진다는 것이다. 이러한 이유로 인해 특히 패드와 리드 사이의 높이 차이가 많이 나지 않는 자재의 경우에는 루프가 매우 팽팽하여 2차 본딩 시 발생하는 반발력에 의해 BNL목(BNL Neck)이 파손되는 상황까지 발생한다.

BNL방법의 경우에도 SSB방법만큼은 아니지만 BNL 목이 약해지는 문제가 발생하였다. 아래 Fig. 9에서 보는 바와 같이 BNL 목(Fig. 9D)은 아랫부분의 볼과 와

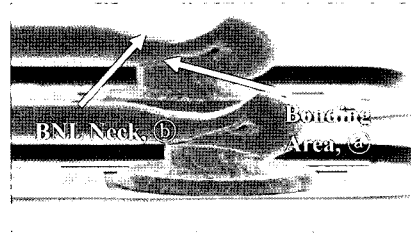


Fig. 9. Unstable wire attachment on ball.

이어를 접촉시키기 위해서 와이어를 누르기 때문에 와이어의 단면이 줄어들 수 밖에 없고 이로 인해 이 부분이 취약해진다. 와이어 단면을 크게 하기 위해 와이어의 누르는 부분을 작게 할 경우에는 와이어와 볼 사이의 접착력이 약해지는 단점이 있고 볼과 와이어 사이의 접착력을 향상시키기 위해서 와이어를 많이 누르면 BNL 목 부분이 약해지는 단점이 있다. 그리고 BNL 형성을 위한 그림 2의 (D)와 (C)의 모세관 궤적에서 모세관을 좌 우측으로 많이 이동하게 되면 이동 중에 와이어가 볼을 위 방향으로 들어 올리는 작용을 해 패드 상에 접촉되어있는 볼의 접착력을 약화시켜 볼이 패드에서 떨어지게 하는 현상도 발생한다.

4. BNL방법의 문제점 해결과 루프의 높이 변화 최소화

앞 장에서 BNL 방법의 문제점을 제시하였다. 첫번째는 2차 본딩 시 발생하는 반발력에 루프가 취약하다는 점이고 두번째는 BNL 목 약화와 볼의 접착력 약화이다. 2차 당 시 전달되는 반발력에 루프가 취약한 문제를 해결하기 위해 Fig. 10과 같이 2차 본딩 근처에서 루프가 급격하게 꺾이도록 만들었다. 이러한 형상은 루프 형성에 사용되는 와이어의 양이 증가되어 와이어가 덜 팽팽해진다는 장점이 있다 그리고 급격하게 꺾인 점(Fig. 10A)이 존재하여 반발력이 꺾인 점 너머의 루프의 평평한 부분(Fig. 10B)으로 전달되는 것이 방지되어 반발력에 영향을 받는 루프 영역이 최소화된다. 이로써 루프 변형과 볼 목 손상이 없어진다.

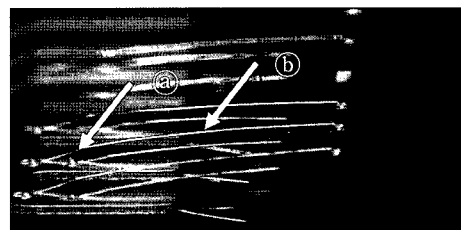


Fig. 10. Loop shape that is robust to 2nd reaction force.



Fig. 11. New BNL Shape.

두 번째 문제인 BNL목의 손상을 방지하고 불의 접착력 약화 방지를 위해서 Fig. 11와 같이 BNL모양을 개선하였다. 와이어를 모세관 밖으로 많이 뽑아 내지 않고 조금만 뽑아 내어 불 위에 접촉하는 방법을 사용하였다. 이런 형상은 기존 형상을 만들 때 사용한 궤적인 Fig. 2와 동일한 궤적으로 만들어진다. 그러나 이동량을 적게 함으로써 구현할 수 있다. 이렇게 이동량을 적게 함으로써 BNL형성 시 모세관이 이동하는 도중에 발생하는 불 접착력 약화 문제가 발생하지 않는다. 그리고 Fig. 11에서 보는 바와 같이 이 형상의 BNL은 BNL목의 단면이 작아지지 않으면서 안정적으로 접착이 되어 있어 BNL 목 약화 문제가 발생하지 않는다. Fig. 1의 1층에 본딩 되어 있는 루프의 경우에는 1층, 3층 칩과 와이어의 접촉문제로 인해 칩 외곽(edge)까지의 루프 높이가 매우 중요하다. 이 영역의 루프 높이는 불량이 되지 않기 위해서는 30~80 um 범위 안에 존재해야 하고 안정적으로 이러한 자재를 양산하기 위해서는 루프 높이의 편차(variation)가 20 um 보다 작아야 한다. 일반적인 루프의 높이 편차는 약 50 um정도 인데 반해 약 20 um의 작은 편차를 구현하기 위해서는 정밀하게 고려해야 할 요소가 많이 있다. 첫 번째로 각 와이어의 패드와 리드 사이의 길이는 일정하지 않는데 일정하지 않는 이 길이가 루프의 높이 편차에 영향을 미치도록 않도록 모세관의 최종 이동위치(Loop Top, 루프 형성에 소요되는 와이어 양을 결정하는 위치)를 적절하게 설정해야 한다. 두 번째로는 패드와 리드 사이의 높이가 매 칩 혹은 매 와이어마다 같지 않는 경우가 생기기 때문에 매 와이어의 패드/리드 높이를 추정하여 모세관 최종 이동위치(Loop Top)에 반영해야 한다. 이러한 고려로 루프 높이는 패드/리드 높이 차나 패드/리드 사이의 거리 변화에 영향을 적게 받지 않아 편차가 작게 된다. 마지막으로 모세관이 XY방향으로 크게 움직이는 부분에서는 일반적인 직선 모션이 아닌 BNL목을 중심으로 하는 원호형상의 모션으로 이동하도록 한다. 원호모션을 이용함으로써 이동도중에 BNL목에 부하가 작게 작용하고 BNL목의 변형이 일관성 있게 만들어져 루프 높이 편차가 작아진다.

5. BNL 방법의 적용 결과

4장 마지막 부분에서 설명한 여러 요소를 적용하여 BGAW라는 새로운 루프 궤적을 생성하여 실제 자재에 적용하였다. 적용 결과가 Table 1에 나타나 있는데 BNL목의 강도를 대변하는 BPT(Bond Pull Test)값과 루프 높이의 공정능력지수(Cpk)가 6σ 수준을 만족할 정도로 우수함을 알 수 있다. 아래 Table 2에서 BNL방법과 SSB방법을 비교하였는데 SSB방법에 비해 BNL방법은 200PPM가량 불량률이 작다. 손실시간(Loss Time)은 작업 중에 에러 등으로 인해 장비가 가동하지 못한 시간을 의미하는데 SSB방법은 7%, BNL은 3%로 약 4%가량의 손실시간이 감소하였다.

Table 1. Wire bonding performance result.

	L/H	BPT
Spec	30~80	Min 4.0
Max	57.10	10.30
Min	39.10	6.30
Mean	47.50	8.07
stdev	2.58	0.37
Cpk	1.72	3.66

Table 2. Comparison BNL with SSB method.

Method	Machine NO.	Input Package	Loss	수율	PPM
SSB	801	38798	12	99.97	309
	802	11282	7	99.94	620
	Total	50080	19	99.96	379

a) SSB method failure

Method	Machine NO.	Input Package	Loss	수율	PPM
BNL	909	98553	16	99.98	162
	910	1018	1	99.9	982
	Total	99571	17	99.98	171

b) BNL method failure

6. 결 론

현재 반도체 조립회사에서 더 많은 층을 적층하는 패키지를 개발하려는 노력이 이루어지고 있고 이에 와이어 본더에서는 루프의 높이를 더욱 낮게 그리고 안정적으로 구현하려고 하는 노력이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 낮은 높이를 구현한 루프의 한 방식인

BNL방법을 어떻게 구현 하는지를 설명하였고 BNL방법의 양산 적용 시 나타난 문제점을 어떻게 극복하였는지를 설명하였다. 가장 널리 사용되고 있는 SSB방법과 BNL방법의 장단점을 비교하였다. BNL방법의 이러한 장점으로 인해 현재에도 SSB방법이 BNL방법으로 대체 적용이 진행되고 있고 앞으로 더욱 가속화 되리라 생각된다.

참고문헌

1. Harman and George G., "Wire Bonding in Microelectronics (1997)".
2. Stephen Babinetz and James Loftin, "Looping Challenges in Next Generation Package," SEMICON Sigapore 2001, (2001).
3. Bob Chylak and Ivy Wei Qin, "Packaging Challenges and Solutions for Multi-Stack Die Applications," SEMICON CHINA 2003 (2003).