



범핑에서 플립칩까지

이 춘 홍 박사

앰코테크놀로지코리아(주)

반도체 공정은 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 첫째는 모래로부터 추출된 실리콘 결정위(웨이퍼)에 회로를 구성하는 웨이퍼 팹(wafer fab) 공정과 두번째로 그 웨이퍼상에 있는 개개의 칩을 외부 기판에 금선을 이용하여 상호연결 해주고 외부 충격에서 보호해 주는 패키징(packaging)이 그것이다. 패키징 공정에는, 먼저 회로가 구성된 웨이퍼를 받으면 그 웨이퍼의 뒷면을 원하는 두께만큼 갈아서 높이를 맞추고 웨이퍼상의 칩들을 분리하기 위해 자르는 공정을 한다. 다음에 칩을 구리합금 기판이나 폴리머 기판위에 붙인 다음 칩상의 알루미늄 본딩패드와 기판상의 리드를 금선으로 상호 연결하게 되고 이러한 상호연결선을 보호하기 위해 폴리머 계열의 레진복합물을 이용하여 봉합하게 된다. 이러한 개개의 패키지들은 여러분의 PC나 PDA, TV 등의 전자기기 마더보드에서 쉽게 발견될 수 있다.

본 고에서 주목하고자 하는 부분은 반도체 공정에서도 패키징, 더 세분해서 칩의 본딩 패드와

기판의 리드를 상호 연결하는 방법론에 대한 새로운 기술을 소개하고자 하는 데 있다. 앞서서도 언급한 바와 같이 종래에 해오던 방식은 와이어 본딩이라고 해서 얇은 금선을 (25 마이크론 지름) 이용해 왔는데, 이러한 얇은 금선에서 비롯되는 전기적인 저항 기생성분들 때문에 높은 클럭 주파수에서 작동되는 전자기기들의 성능이 저하되거나 오류작동을 하게 되는 상황을 맞게 된다. 그렇다면 이러한 상황을 치유하기 위해 어떤 방법을 취해야겠는가? 여러분도 잘 알고 있듯이 저항 성분은 길이가 짧을수록 좋다. 따라서 와이어의 길이를 가능한 한 짧게 하는 기판설계를 하거나 아니면 아예 금선을 사용하지 않는 방법을 택한다면 어떨까? (그림 1-1, 1-2) 이러한 요구에 따라 칩상에 있는 알루미늄 본딩패드에 상호연결 가능한 전도물질을 직접 형성하게 되는 데 이것을 일컬어 '범핑(bumping)' 이라고 한다. 이 방법을 사용하면 연결선의 길이가 0.5mm에서 수 mm에 이르는 금선 연결에 비해 0.1mm 밖에 되

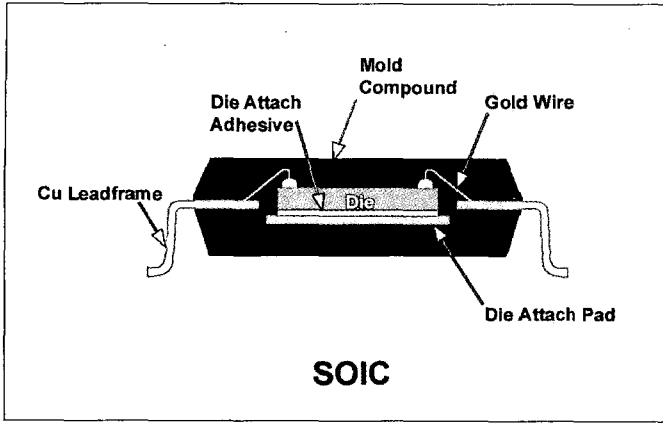
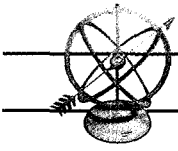


그림 1-1

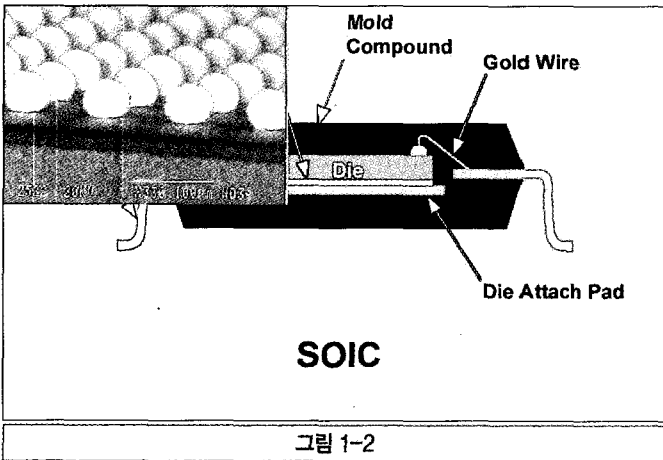


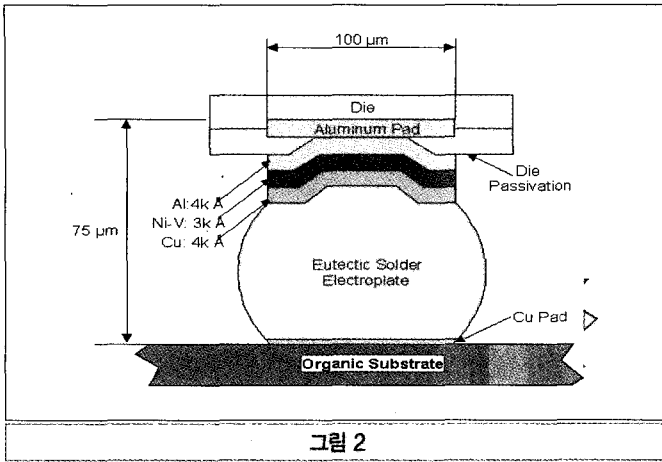
그림 1-2

지 않게 되며 전기적으로는 전자의 경우 인덕턴스가 최소 0.5nH에서 6nH가 되는 반면, 범핑을 이용하게 되면 0.07nH정도에 지나지 않아 그만큼 빠른 속도를 요구하는 전자기기의 성능에 지장을 주지 않게 된다. 이러한 기술을 이용하는 애플리케이션을 보게 되면 인텔의 4207 I/O펜툼 IV에 도입되었고 Communication ASIC용으로 LSI Logic의 1732 I/O, 1350 I/O를 갖는 AMD

의 K7에서도 볼 수 있다. 이렇게 범핑을 한 칩을 거꾸로 뒤집어 기판위에 붙혀 만든 패키지를 플립칩(flipchip) 패키지라고 부른다.

이러한 범핑공정에는 여러 가지가 있다. 사실상 범핑에 대한 발상은 1964년 IBM에서 전기적인 성능향상과 열방출에 대한 해결책으로 시작되었다. 이 범핑공정에서 공통적인 요소는 칩의 본딩패드위에 결합력, 신뢰성을 보장시키기 위해 또 다른 금속막을 입혀야 한다는 점이다. 이 과정을 UBM(under bump metallurgy) 라고 하며 말 그대로 범프밑에 형성되는 금속층임을 말한다.

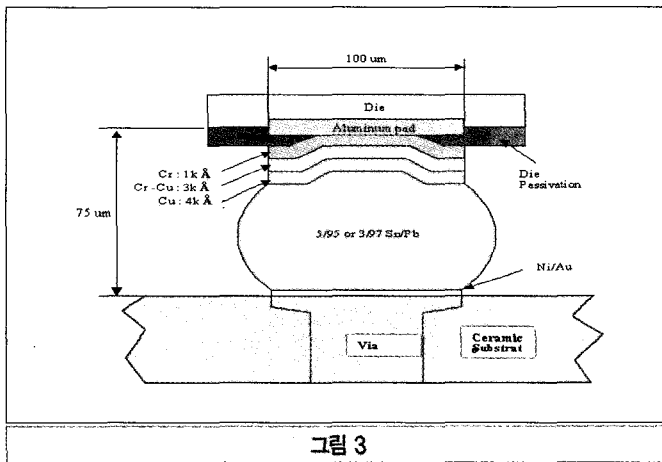
가) 스텐실 프린팅 방법 : 이 방법은 Flip Chip Technology(FCT) 라는 회사에서 사용하는 방법으로 매우 보편화된 방법이다. 위에서 말한 UBM층을 용단 스퍼터링(Blanket Sputtering) 이란 방법으로 형성하며 그 위에 형성되는 범프는 우리가 이전에 인쇄하기 힘들었던 시절 등사하는 방법으로 인쇄지를 만들었던 방법과 유사한 방법으로 만들어진다. 즉, 광에 민감한 드라이 필름위에 원하는 크기의 홀을 형성하여 그 위에 솔더 페이스트(플럭스와 전도성 금속알갱이를 섞어 놓아 진득한 겔 형태로 되어 있음)를 밀어넣어 홀을 채우는 방식이다. 이것을 온도구간이 다른 퍼네이스 오븐에 흐르게 하면 표면 장력에 의해 원기둥이나 사각기둥의 범프모양이 공모양으로 변하게 된



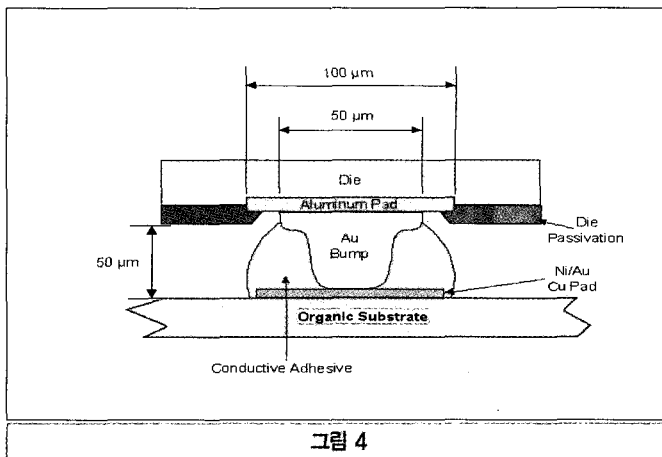
다. (그림 2)

나) C4(Controlled Collapsed Chip Connection) :

이 방법은 IBM에서 개발한 방법으로 UBM 을 기화(evaporation)에 의해서 한다. 그러나 현재는 스퍼터링 방법이 주류를 이루고 있으며 범프 역시 기화에 의해 되어졌으나 현재는 electroplating방법이 주류를 이룬다. (그림 3)



다) 스투드 볼 범프(Stud ball bump) : 이 방법은 현재 라인에서 사용하고 있는 와이어 본딩을 그대로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 별도의 투자를 할 필요가 없다. 본 고의 첫 글에서 언급한 와이어 본딩을 하려면 몇 볼트의 아크 방전을 이용하여 금선의 끝단을 공모양으로 만든 다음 칩상의 본딩패드에 이 공을 내려놓아 붙이게 되는 데 이 때 공의 끝단의 목을 끊어서 본딩패드에 공만 남겨놓게 된다. 이것도 역시 범프의 역할을 하게 되어 I/O가 작은 애플리케이션에 유용한 방법이다. (그림 4)



라) 무전해 니켈/골드 도금 : 이 방법은 가장 경비가 적게 드는 방법으로써 칩상의 알루미늄 패드에 아연 처리를 한 후에 무전해 니켈 도금을 한 다음 액상의 금에 담가 금도금을 하여 범프

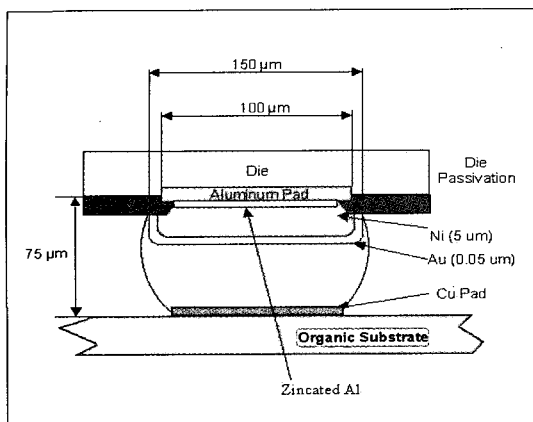


그림 5

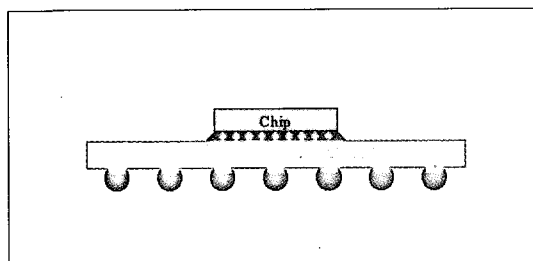


그림 6

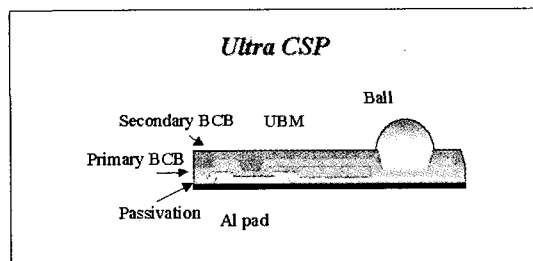


그림 7

를 만드는 방법이다. 이 방법은 프로세스 자체가 매우 간단하여 쉽게 갈 수 있는 장점은 있지만 도금 두께에 대한 조정이나 안정성에서 문제가 될 수 있어서 신뢰성에 대한 부분에 대한 확실한 공정제시가 된다. (그림 5)

이러한 범핑공정을 통해 플립칩(그림 6)이라는 새로운 패키징 방법을 이용할 수 있음을 언급하였지만 또한 이러한 일련의 방법들을 통해 웨이퍼 레벨 칩사이즈 패키지(Wafer Level Chip Size Package(WLCSP)) 라는 새로운 패키징 기술의 구현도 가능하다. 플립칩의 경우 보드에 장착했을 경우 그대로 사용하게 되면 사용기기의 열상승과 냉각의 반복에 의한 스트레스축적에 의해 범프쪽에 크랙이 발생하여 이상이 생길 수가 있어서 보통은 보드에 장착한 후 칩과 보드사이 에 폴리머계열의 액상을 삽입하여 범프사이를 채워주어(underfill 공정이라고 함) 축적되는 스트레스를 흡수할 수 있게 되어있다. 이에 반해 WLCSP의 경우 underfill공정을 제거하려는 움직임이 있다. 현재 가장 보편화된 FCT라는 회사의 스텐실 프린팅 방법에 의한 Ultra CSP(그림 7)라는 패키지가 이 중의 하나이다. 이는 BCB라는 폴리머를 웨이퍼상에 재코팅 함으로써 범프 주위에서 스트레스 흡수를 피하고 있으며 또한 칼라공정이라고 하여 우리 와이셔츠의 칼라와 마찬가지로의 역할을 할 수 있는 칼라를 범프 주위에 만들어 주는 공정도 발달되어 있다.

결론적으로 범핑 공정을 통하여 2GHz나 그 이상의 속도를 요구하는 전자기기의 성능의 극대화를 꾀할 수 있으며 2003년 이후에는 이러한 신기술이 반도체 패키징의 장래를 대표하리라 생각된다. 이는 와이어본딩 공정에 비해 그동안 원가 경쟁력에서 뒤져왔던 과거와는 달릴 이제는 원가 경쟁력도 있고 또한 성능면에서는 월등할 수 있다는 이중적인 요소가 이러한 신기술의 원동력이라고 할 수 있다.