

플립칩 패키징을 위한 초음파 접합 기술

구자명 · 김종웅 · 윤정원 · 노보인 · 이창용 · 문정훈 · 유중돈 · 정승부

Ultrasonic Bonding Technology for Flip Chip Packaging

Ja-Myeong Koo, Jong-Woong Kim, Jeong-Won Yoon, Bo-In Noh, Chang-Yong Lee,
Jeong-Hoon Moon, Choong-Don Yoo and Seung-Boo Jung

1. 서 론

최근 들어, 다양한 형태의 휴대형 전자기기 및 디지털 컨버전스 제품들이 출시되고 있으며, 그 종류와 수요는 해마다 급속도로 증가하고 있다¹⁾. 전통적으로 기계 부품의 집합체로 알려진 자동차를 비롯한 운송 수단에도 엔진 효율 증대, 배기가스 감소, 안정성 및 편의성 향상을 위해서 전자 부품의 양이 증가하고 있는 추세에 있다²⁾. 이러한 전자 부품 및 제품들의 성능을 극대화하기 위해서는 고성능 마이크로프로세서, 대용량의 저장 매체 및 다양한 수동소자들의 개발 뿐 만 아니라, 각 요소들이 최적 상태로 상호 유기적인 구동이 가능하도록 시스템화하는 전자 패키징 기술의 개발이 요구된다.

전자 패키징 기술은 칩이나 각종 부품 또는 제품들을 외부의 환경으로부터 보호하고, 필요한 요소들에 전원을 공급하며, 전기적 신호의 원활한 통로 역할을 하는 동시에 핫 스팟 (hot spot)에서 발생한 열을 외부로 방출시키는 역할을 수행한다^{3,4)}. 하나의 전자 제품이 완성되기 위해서는 다양한 전자 패키징 기술이 요구된다. 이 중에서, 실리콘 칩을 패키징하는 기술을 1차 레벨이라 하며, 신뢰성이 높고, 작업 속도가 빠르며, 자동화가 용이한 와이어 본딩 (wire bonding) 기술이 일반적으로 사용되어 왔지만, 최근 기하급수적으로 증가하는 논리 소자들의 전송 속도와 발열량을 대응하기에는 한계가 있다. 이에 따라, 솔더 범프나 금속 범프를 사용하여 실리콘 칩을 기판 상에 실장시키는 플립칩 (flip chip) 기술의 시장이 점차 증가하고 있다. Prismark 조사에 의하면, 세계 플립칩 시장 규모는 2001년 411만 웨이퍼에서 2005년 2,460만 웨이퍼로 급격하게 증가하였다⁵⁾. 플립칩 기술은 기존 와이어 본딩 기술 대비 임피던스가 1/10 이하로 낮고, 다이 크기에 유사한 크기로 패키지 크기를 줄일 수 있는 동시에 우수한 방열 효과를 기대할 수

있기 때문에, 하기와 같은 분야에 필수적으로 요구되는 기술이다.

- Optoelectronics 분야: 칩 내 발열량이 크며, 입출력 단자, 방열부와 광학부를 하나의 칩에 구현해야 함.
- SiP (System in Package) 분야: 구성된 다수의 논리 소자들 사이의 신호 지연이 거의 0에 가까워야 함.
- 휴대 기기용 평판 디스플레이 분야: 고해상도 구현을 위한 클럭 주파수와 I/O gate 수의 증가와 함께, 디스플레이 모듈의 박형화에 대응할 수 있는 패키지의 소형화 기술이 요구됨.

한편, 미세피치 플립칩 기술은 전자 제품의 소형화와 고성능화를 위한 필수적인 기술이다. 피치 크기를 줄일 경우, 동일한 공간에 더 많은 입출력 단자를 구현하여 고속 처리 및 고성능 칩의 구현이 용이하고, 같은 수의 입출력 단자를 더 작은 공간에 구현하여 패키지 크기를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있기 때문이다. 그림 1은 일본의 일본전자공업진흥협회 (JEIDA: Japan Electronic Industry Development Association)와 Toray사에서 각각 예상한 주변 실장형 플립칩 패키지와 COG (Chip On Glass)용 플립칩 패키지의 피치 크기의 변화를 보여

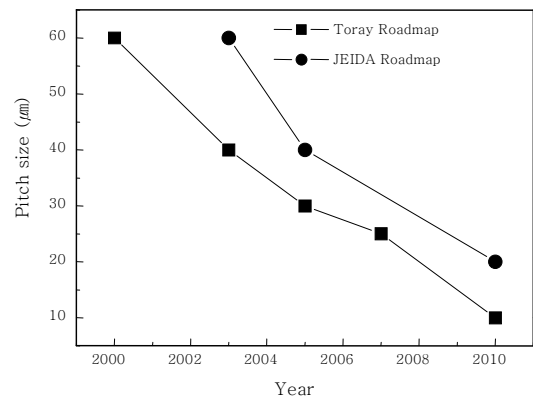


Fig. 1 Trends toward fine-pitch flip chip technology

준다⁶⁾. 플립칩의 피치 크기는 점차 감소하여 2010년에는 20 μm 이하의 피치 크기를 적용한 제품들이 출시될 것으로 예상된다.

전통적으로, 플립칩은 솔더라는 용점이 350 $^{\circ}\text{C}$ 이하로 낮은 금속 합금을 사용하여 기판에 실장하여 왔다. 이는 일괄 작업이 가능하고, 제조 단가가 상대적으로 저렴한 동시에 신뢰성이 높은 장점으로 인하여 널리 사용되어 왔다. 하지만, 최근 납의 유해성으로 인하여 Sn-Pb 계 솔더의 사용이 제한됨에 따라 적절한 용점, 기계적·전기적 특성들을 갖는 무연 솔더 조성을 개발하는데 많은 어려움을 겪고 있는 동시에 브리지 (bridge) 현상과 신뢰성 저하 문제로 인하여 미세피치에 대한 적용에 한계를 가지고 있다. 이를 보완하기 위해서, 솔더를 얇게 코팅한 금속 범프에 대한 연구·개발이 진행 중에 있으나, 많은 취약한 금속간 화합물들이 계면에 생성되어 기계적 특성이 저하되는 문제점이 있다⁷⁾. ACF (Anisotropic Conductive Film)나 NCF (Non-Conductive Film)와 같은 접착제를 이용한 플립칩 패키징 기술은 미세피치 구현이 용이하고, 계면에 금속간화합물이 생성 및 성장하지 않으며, 접합 온도가 낮고, 작업 시간이 빠른 장점을 가지고 있기 때문에, 휴대형 전자기구나 평판디스플레이들을 중심으로 그 사용이 증가하고 있는 추세이다 (그림 2)⁹⁾. 하지만, 이는 전기적 특성이 낮고, 고온·고습 분위기 하에서 신뢰성이 낮은 동시에, 일본의 두 기업인 히타치 화학과 소니 화학이 세계 시장의 98% 이상을 독점하고 있는 등 재료의 수입 의존도가 매우 높은 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안으로써, 초음파 플립칩 접합 기술이 새롭게 대두되고 있다. 초음파 접합 기술은 상온에서 접합이 가능하고, 접합 시간이 1 초 이내로 매우 짧으며, 전기적 특성 및 신뢰성이 좋은 동시에 접합 매개물이 필요 없는 직접 접합 기술이기 때문에 접합 공정이 간단하고 제조 원가가 낮은 장점을 가지고 있다¹⁰⁾. 또한, 플렉스나 유기 용

매 등이 필요하지 않기 때문에 환경 친화적 공정이 가능하며, 전자 패키징용 대부분의 재료를 접합할 수 있다 (그림 3)¹¹⁾. 초음파 접합의 정확한 기구 (mechanism)는 알려지지 않았으나, 다음과 같은 원리에 의해서 이루어지게 된다.

- 1) 범프와 패드 간 접촉: 일정한 압력을 인가하여, 플립칩 상의 범프들과 하부 기판의 패드들을 상호 접촉시킴. 이때, 압력은 모든 범프들이 기판과 직접 접촉할 수 있도록 충분하게 인가함.
- 2) 초음파 발생: 교류 전기 신호를 입력받은 transducer에서 20 kHz 이상의 초음파 발진.
- 3) 초음파 증폭 및 전달: 발진된 초음파를 부스터와 혼을 통해서 시편에 전달시킴. 이때 특별히 설계된 부스터와 혼에 의해서 초음파의 에너지와 진폭은 원하는 강도로 증폭되거나 감쇄됨.
- 4) 초음파 진동: 인가된 초음파에 의해서, 혼에 접촉된 칩은 anvil에 고정된 기판 상에서 수직 또는 수평으로 진동함. 이 때, 칩의 범프와 기판의 패드 사이의 계면에서 마찰이 발생함.
- 5) 초음파 접합 : 발생된 마찰열에 의해서 접합 계면에서 원자간 상호 확산이 발생함. 이 때, 인가된 초음파는 원자들을 순간적으로 진동시켜서 확산이나 변형을 돕는다.

초음파 접합법은 진동 방향에 따라 수직 진동 방식과 수평 진동 방식으로 나눌 수 있다. 수직 진동 방식은 시편에 수직인 방향으로 혼이 진동하는 방식으로써, 주로 연성 재료의 점탄성 발열에 접합부가 국부적으로 용융되거나 열에 의한 접합 계면 인접 원자들의 상호 확산에 의해서 접합이 이루어지게 되며, 수평 진동 방식은 시편에 수평 방향으로 진동하여, 진동하는 상부 기판과

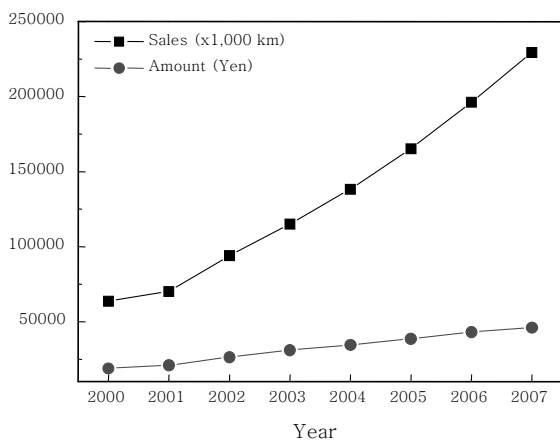


Fig. 2 World market share of ACF

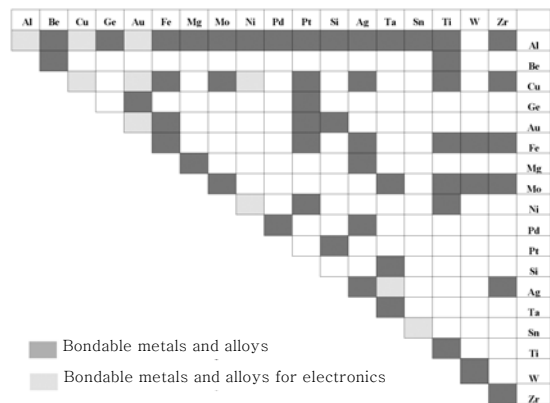


Fig. 3 List of metals and alloys bondable by ultrasonic vibration

고정된 하부 기판의 접촉면에서 발생하는 마찰열에 의해 접합된다. 수직 진동 방식은 장비가 비교적 저렴하고, 구조가 간단한 장점을 가지고 있어 주로 폴리머 접합에 사용되며, 수평 진동 방식은 구조가 복잡하여 장비 가격이 고가이나, 이론상 재료의 제한이 거의 없고 접합부의 변형이 적은 장점을 가지고 있으며 주로 금속 접합에 사용된다. 일반적으로 플립칩 접합용으로는 수평 진동 방식을 주로 사용하여 왔으나, 솔더의 점탄성을 이용한 수직 진동 방식도 연구되고 있다¹²⁾.

초음파 접합은 상호 확산 현상을 이용한 금속과 금속 간의 직접 접합법으로써, 접촉면의 표면 상태가 접합 품질에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 접합 전에 세정 공정을 요하며, 특히 대기압 플라즈마 세정 공정이 유용할 수 있다¹³⁾. 기존의 습식 세정 방법은 폐산 처리가 환경 문제로 대두될 수 있으며, 세정액의 관리 문제와 더불어 작업자의 안전과 편의에 애로사항이 많은 공정이다. 또한, 진공 분위기 하에서 플라즈마를 이용한 건식 세정 방법은 친환경 공정이 가능하나, 장치 가격이 고가이고 생산성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 반면에, 대기압 플라즈마 세정은 대기 중에서 플라즈마를 발생시켜 세정하기 때문에, 장비 가격이 비교적 저렴하고, 생산성이 높고, in-line 시스템 구축이 용이한 장점을 가지고 있다. 그림 4는 대기압 플라즈마 세정이 포함된 초음파 접합 공정의 모식도를 보여주며, 공정순서는 다음과 같다.

- 1) 1차 대기압 플라즈마 공정: 초음파 접합 강도를 향상시킬 목적으로 수행하며, 상부 기판의 범프와 하부 기판의 접합 패드 표면의 오염물질을 제거하고, 표면을 활성화 시킨다.
- 2) 초음파 접합: 초음파를 이용하여 상부와 하부 기판을 접합한다.

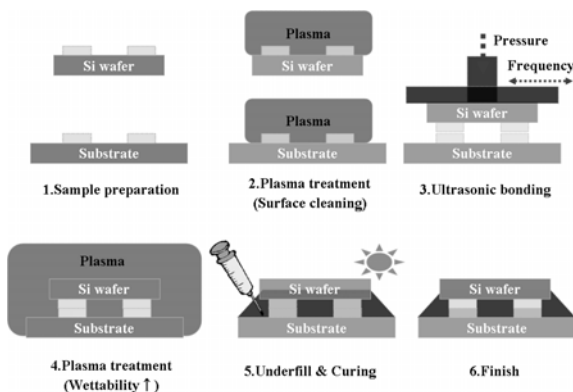


Fig. 4 Schematic diagram of ultrasonic flip chip bonding process

3) 2차 대기압 플라즈마 공정: 빠르고 원활한 언더필 공정을 위해서 수행하며, 기판 표면의 젖음성을 향상시켜 언더필의 유동성과 퍼짐성을 향상시킨다.

4) 언더필 도포 및 경화: 언더필 수지를 플립칩과 기판 사이에 도포한 후, 자외선이나 가열을 통하여 경화시킨다.

5) 검사: 접합 상태를 검사 및 판별한다.

초음파 접합이 이루어지기 위해서는 접합체에 에너지 집중부 (energy director)의 형성이 요구되며, 플립칩의 경우 범프가 그 역할을 수행하게 된다. 금은 연성이 좋은 동시에 전기적 특성이 우수하여, 좋은 초음파 접합용 범프 재료가 될 수 있다. 금 범프를 형성하는 주요 방법으로는 전해 도금법과 스테드 범핑법이 있다. 전해 도금법은 다핀 형성과 대량 생산에 유리한 장점을 가지고 있으며, 스테드 범프는 끝이 뾰족한 종 형상을 하기 때문에 변형의 자유도가 크고 적은 압력으로 접합이 가능한 동시에 온도 조절과 첨가 원소를 다양화 시킬 수 있는 장점을 가지고 있으나, 다핀 형성 시 공정 시간이 증가하여 제조 원가가 증가하는 단점이 있다. 최근, 스테드 범핑 속도가 향상된 전용 장비가 출시되고 있으며, 장치가 개선되어 균일하고 빠른 전해 도금 범프의 형성이 가능해졌다. 본고에서는 금 스테드 범프와 금 전해 도금 범프의 초음파 접합 특성에 대해서 간략하게 소개하고자 한다.

2. 스테드 플립칩 범프의 초음파 접합^{14,15)}

2.1 실험 방법

100 nm 두께의 SiO₂가 형성된 웨이퍼를 사용하였다. Ti, Cu와 Au 층은 각각 웨이퍼와 Cu 사이의 접착력 향상층, 전도층과 표면 산화 방지층의 역할을 수행하기 위해서 형성시켰다. 칩의 크기는 7×7 mm²이었고, peripheral array 방식으로 173 개의 범프가 스테드 범핑되었다. 이때 범프의 최대 반지름의 크기는 φ 40 × 35 (H) μm³이었다. 하부 기판은 bismaleimide triazine (BT) 기판을 사용하여 20×20×0.035 mm³의 크기로 제조하였다. 범프 간 피치 크기는 60 μm이었다. 패드의 표면 처리에 따른 접합 특성을 연구하기 위해서, 전해 Au, 무전해 Ni/Au (ENIG: electroless Ni/immersion Au) 및 organic solderability preservative (OSP)를 코팅하였다.

스테드 범프의 높이를 균일화하기 위해서 2 kgf의 압력으로 10초간 coining 공정 후, 접합 시간을 0.1 초부터 2 초까지 달리하여 플립칩 접합 장치 (M-9, Laurier

Co., U.S.A.)를 사용하여 초음파 접합하였으며, 이때 인가 하중, 입력 파워와 주파수는 각각 2 kgf, 16 W와 40 kHz로 고정하였다.

접합부 단면은 에폭시 수지로 마운팅 후 폴리싱하여 주사전자현미경 (SEM: scanning electron microscopy)의 후방산란전자이미지 (BSI: back-scattered electron image) 모드를 사용하여 접합부 단면을 관찰하였다.

접합부의 기계적 특성은 다이 전단 시험을 통해서 평가하였다. 사용한 접합 시험기는 PTR-1000 (Rhesca Co., Japan)이었으며, 전단 속도와 높이는 각각 0.2 mm/s와 5 μ m로 고정하였다. 전단 시험 후 전단 강도 변화의 원인을 관찰하기 위해서, 파단면을 SEM을 사용하여 관찰하였으며, 에너지 분산형 X-선 분광기 (EDS: energy dispersive X-ray spectroscopy)를 사용하여 파단면을 분석하였다.

2.2 실험 결과

그림 5는 접합 시간이 증가함에 따른 접합 강도의 변화를 보여준다. 표면 처리에 상관없이, 접합 시간이 증가함에 따라 접합 강도는 증가하였다. 접합 시간이 증가함에 따라 범프의 변형량 증가에 따른 접합부 전체 면적이 증가하였기 때문으로 판단된다.

그림 6은 전해 Au 처리된 기판 상에 접합 시간을 달리하여 초음파 접합된 접합부의 전단 시험 후, 파단면을 관찰한 결과이다. 접합 시간이 증가함에 따라 범프의 변형량은 증가하였고, 이에 따라 접합부의 전체 면적이 증가하였다. 이러한 결과는 앞서 언급한 전단 시험 결과와 일치하였다. 접합 시간이 2 초로 증가함에 따라 범프간의 bridge 현상이 발견되었다. 따라서 최적 접합 시간은

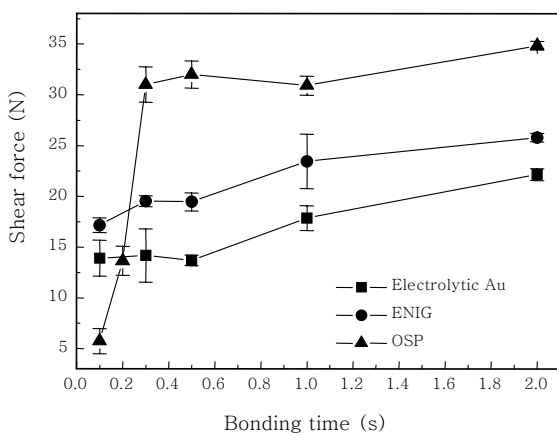


Fig. 5 Shear force variations of the Au-stud flip chip bumps bonded at 19.8 N with bonding time and surface finish of lower substrate using ultrasonic vibration

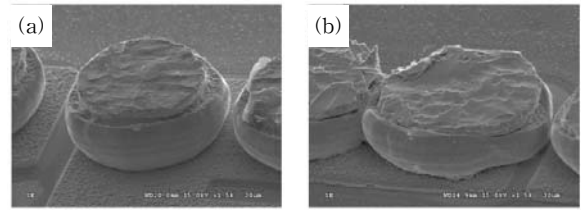


Fig. 6 SEM micrographs of fracture surfaces after ultrasonic bonding with electroplated Au substrate at 19.8 N for 0.1 s (a) and 2 s (b)

0.3 초에서 1 초 사이로 판단된다.

전해 Au, ENIG 및 OSP 처리는 전자 산업에서 사용되는 대표적인 표면 처리 방법들이다. 표면 처리에 상관없이, 초음파 접합법을 사용하여 성공적으로 Au 스타드 범프와 하부 기판의 패드를 접합할 수 있었다. 특히, OSP 처리는 일반적으로 구리 패드의 산화를 방지하기 위해서 유기물을 얇게 코팅하는 방법으로서, 제조 단가가 낮고 공정이 간단한 장점을 가지고 있다. 초음파 접합법을 사용하여, 가열, 산세 처리 또는 별도의 유기물 제거 공정 없이 성공적으로 Au 스타드 범프와 OSP 처리된 Cu 기판을 직접 접합할 수 있었다. 이는 초음파 플립칩 접합용 기판 제조 시, 저렴한 OSP를 적용할 수 있음을 보여준다.

3. 전해도금 된 플립칩 범프의 초음파 접합¹³⁾

3.1 실험 방법

상부 기판과 하부기판은 각각 실리콘 웨이퍼와 글라스 웨이퍼를 사용하여 제조되었다. 실리콘 웨이퍼 상에는 100 nm 두께의 SiO₂, 100 nm 두께의 Ti와 500 nm 두께의 Cu 층이 증착되었다. 사진 공정 후, 30 (W) × 30 (D) × 15 (H) μ m³ 크기의 금 범프 255개가 전해 도금된 후, 또 다른 사진 공정 후 Ti/Cu 층을 선택적으로 에칭하여 패터닝 하였다. 플립칩 상에는 25개의 패드가 형성되었고, 각 패드 상에는 3x3 배열로 범프들이 60 μ m 피치로 형성되었다. 글라스 기판은 사진 공정 후, Cr/Cu 층을 증착시킨 후, Au를 무전해 도금하였다. 최종적으로 상부와 하부 기판은 각각 5×5mm²와 20×20mm²의 크기로 다이싱 하였다.

상부와 하부 기판은 접합 압력과 시간을 각각 50 MPa에서 200 MPa까지, 그리고 0.3 초부터 1.5 초까지 변화시키면서 초음파 접합하였다. 기타 조건 및 실험 방법은 앞서 설명한, 스타드 범프를 이용한 접합법과 같았다.

3.2 실험 결과

그림 7은 전해 도금된 Au 플립칩 범프와 Au/Cu/Cr이 증착된 글라스 기판의 패드를 접합 압력과 시간을 달리하여 상온에서 초음파 접합한 후, 측정된 전단 강도를 보여준다. 접합 압력과 시간에 따라 접합 강도는 민감하게 변화하였다. 접합 강도는 약 150 MPa의 압력 하에서 1초간 접합하였을 때, 최대 접합 강도를 나타내었다. 전해 도금 시, 웨이퍼 상의 전류 밀도 차에 의해서 범프의 높이가 차이가 나게 된다. 본 연구에서는 150 MPa의 압력 하에서 1초간 초음파를 인가하였을 때, 모든 범프들이 변형되어 완벽한 접합부를 형성한 것으로 판단된다. 또한, 그 이상 압력과 시간을 인가하였을 경우, 과대 인가 압력에 의한 진동의 뒤틀림, 범프 내 미세 균열이 발생하였거나 잔류 응력 증가로 접합 강도가 감소하였을 것으로 판단된다.

그림 8은 최적 조건 하에서 접합된 접합부의 단면을 보여준다. 사각 기둥 모양의 범프는 약간의 변형을 통하

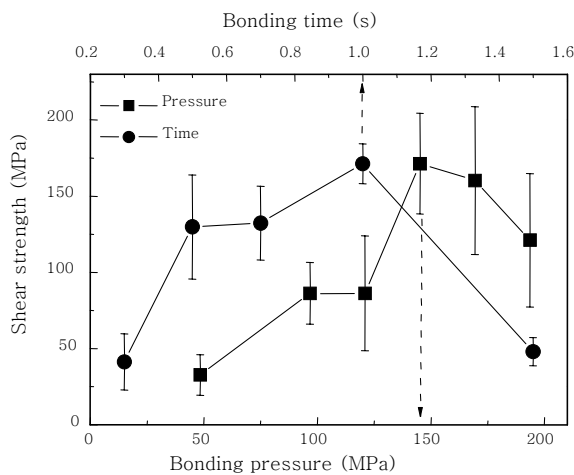


Fig. 7 Shear strength variation of the electroplated Au flip chip bumps bonded on the Au- finished glass substrate with increasing bonding pressure and time using ultrasonic vibration

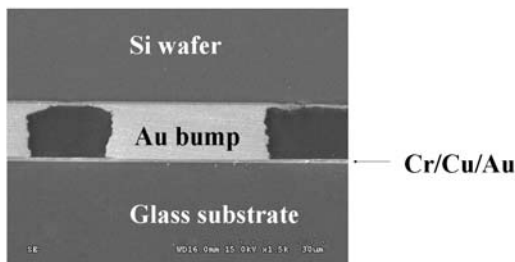


Fig. 8 Cross-sectional SEM micrograph of the Au bump /substrate joint bonded at about 150 MPa for 1.0 s using ultrasonic vibration

여 완벽하게 하부 기판의 패드와 접합된 것을 확인할 수 있었다.

수평 진동 방식의 경우 접합 장치의 co-planarity와 범프 높이의 균일성이 매우 중요하다. 따라서 접합 및 도금 장치의 정밀도, 도금 조건 또는 첨가제 등을 개선시켜 이를 줄일 경우 접합 압력이나 시간을 더욱 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.

4. 결 론

초음파 접합법은 솔더 범프를 이용한 열압착법이나 ACF나 NCF 등과 같은 접착제를 이용한 접합법과 비교하여, 접합 온도가 낮고, 접합 시간이 짧으며, 접합 압력이 낮은 동시에 미세피치 플립칩에 적용가능하며, 친환경 공정이 가능한 매력적인 접합법으로써, 향후 저온 접합 기술, 미세피치 플립칩용 정밀 접합 기술 및 고생산성·친환경·고신뢰성 접합 기술 등을 요구하는 분야에 경쟁력 있는 접합법이다. 본고에서는 스테드 Au 범프와 전해 도금된 Au 범프를 각각 FPCB와 글라스 기판 상에 접합한 연구 결과를 소개하였다.

초음파 접합 조건의 주요 변수로는 접합 압력과 시간이 있다. 범프 재료에 상관없이 이 두 가지 변수에 매우 민감하게 접합 강도가 변화하는 것을 알 수 있었다.

향후, 초음파 접합법이 보편적으로 이용되기 위해서는 신뢰성 있는 장비의 개발, 다양한 범프 및 기판 재료에 따른 접합 특성 및 접합 변수 최적화에 관한 연구 및 접합부의 다양한 신뢰성 연구가 선행되어야 할 것이다.

후 기

본 논문은 산업자원부 차세대신기술개발사업 (과제번호: 10030049)으로 지원된 연구임.

참 고 문 헌

1. J.W. Yoon, W.C. Moon and S.B. Jung: Core technology of electronic packaging, Journal of KWS, 23-2 (2005), 116-123 (in Korean)
2. 유영준: Automotive Electronics의 현황과 전망, 전자정보센터 (<http://www.eic.re.kr>), (2006) (in Korean)
3. J.W. Yoon, J.W. Kim, J.M. Koo, S.S. Ha, B.I. Noh, W.C. Moon, J.H. Moon and S.B. Jung: Flip-chip technology and reliability of electronic packaging, Journal of KWS, 25-2 (2007), 108-117 (in Korean)
4. J.M. Koo, J.H. Moon and S.B. Jung, Ultrasonic Bonding of Au Flip Chip Bump for CMOS Image Sensor, Journal of Microelectronics & Packaging Society, 14 (2007) 19 (in Korean)
5. Materials & Components Roadmap RFP Report, Korea

Industrial Technology Foundation (2007. 03.) (in Korean)

6. 조용호: COG (Chip On Glass) Packaging Trend, 전자정보센터 (<http://www.eic.re.kr>), (2006) (in Korean)
7. J.M. Koo, Y.N. Kim, J.W. Yoon, S.S. Ha and S.B. Jung: Reliability of Nickel Flip Chip Bumps with a Tin-Silver Encapsulation on a Copper/Tin-Silver Substrate during the Bonding Process, Micro- electronic Engineering, 84 (2007) 2686-2690
8. 홍성제: 디스플레이용 소재 기술동향 (이방성 전도 필름), 전자 정보센터 (<http://www.eic.re.kr>), (2005) (in Korean)
9. H. Maruo, Y. Seki and Y. Unami: Development of Ultrasonic Flip Chip Bonding for Flexible Printed Cuicuit, Proceeding of HDP'04 (2004) 307
10. K. Tanida, M. Umemoto, Y. Tomita, M. Tago, R. Kajiwara, Y. Akiyama and K. Takahashi: Au Bump Interconnection with Ultrasonic Flip-Chip Bonding in 20 μ m Pitch, Japanese Journal of Applied Physics, 42 (2003) 2198
11. O.V. Abramov: High-Intensity Ultrasonics Theory and Industrial Applications, Gordon and Breach Science Publishers, 1998, 587-684

12. Q. Tan, W. Zhang, B. Schaible and L.J. Bond: Thermosonic Flip-Chip Bonding Using Longitudinal Ultrasonic Vibration, IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology- Part B, 21 (1998) 53-58
13. J.M. Koo, J.L. Jo, J.B. Lee, Y.N. Kim, J.W. Kim, B.I. Noh, J.H. Moon, D.U. Kim and S.B. Jung: Effect of Atmospheric Pressure Plasma Treatment on Transverse Ultrasonic Bonding of Gold Flip Chip Bump on Glass Substrate, Japanese Journal of Applied Physics, In-Press
14. J.M. Koo, J.W. Yoon, J.H. Moon and S.B. Jung: Effect of Bonding Parameters on Ultrasonic Flip Chip Bonding of Au-to-Cu Interconnection, Inter- national Congress on Ultrasonics (2007) 225
15. J.M. Koo, Y.N. Kim, J.B. Lee, J.W. Kim, S.S. Ha, S.H. Won, S.J. Suh, M.S. Shin, P.W. Cheon, J.J. Lee and S.B. Jung: Ultrasonic Bonding of Au Stud Flip Chip Bump on Flexible Printed Circuit Board, Journal of the Microelectronics & Packaging Society, 14-4 (2007) 79-85 (in Korean)



- 구자명(具滋銘)
- 1978년생
- 성균관대학교 마이크로 전자 및 반도체 패키징 기술개발 사업단
- 전자 패키징, 초음파 접합
- e-mail : iam@mrkoo.com



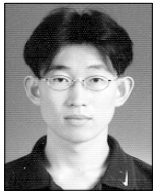
- 이창용(李暢鎔)
- 1974년생
- 성균관대학교 신소재공학과
- 금속/폴리머 접합, FPCB, 마찰교반접합
- e-mail : lcy011@skku.edu



- 김종웅(金鍾雄)
- 1978년생
- 성균관대학교 마이크로 전자 및 반도체 패키징 기술개발 사업단
- 전자 패키징, RF 패키징
- e-mail : wyjd@skku.edu



- 문정훈(文貞勳)
- 1956년생
- 수원과학대학 기계과 교수
- 초음파 접합, 검사 기술
- e-mail : jhmoon@ssc.ac.kr



- 윤정원(尹貞元)
- 1977년생
- 성균관대학교 마이크로 전자 및 반도체 패키징 기술개발 사업단
- 전자 패키징, 패키지 신뢰성
- e-mail : jwy4918@skku.edu



- 유중돈(俞仲敦)
- 1956년생
- KAIST 기계공학과 교수
- 용접/접합 공정
- e-mail : cdyoo@kaist.ac.kr



- 노보인(盧寶仁)
- 1976년생
- 성균관대학교 마이크로 전자 및 반도체 패키징 기술개발 사업단
- 전자 패키징, 패키지 신뢰성
- e-mail : nohbi@skku.edu



- 정승부(鄭承富)
- 1959년생
- 성균관대학교 마이크로 전자 및 반도체 패키징 기술개발 사업단
- 전자 패키징, 패키지 신뢰성, 마찰교반접합
- e-mail : sbjung@skku.ac.kr