

FPCB와 PCB의 상온 초음파 접합

Ultrasonic bonding of flexible to rigid PCB

김 규석*, 이 영우*, 홍 성준*, 이 기주*, 정 재필*

* 서울시립대학교

1. 서 론

현재 휴대폰과 평판형 디스플레이 산업이 급속도로 발전하면서, Flexible printed circuit board(이하 FPCB)의 사용이 증가하고 있다. 이러한 FPCB를 접합하는 방법으로 전도성확보와 접착성 부여라는 특징을 동시에 제안할 수 있는 이방성 전도필름(Anisotropic conductive film, 이하 ACF)를 사용하여 왔다.1) 그러나, 국내에서 사용되고 있는 ACF는 대부분 외국에서 수입되고 있어, 제품의 생산단가를 증가시키고 있다.

초음파 접합 방법은 ACF와 비교하여 다음과 같은 두 가지 장점이 있다. 하나는 전기 저항이 낮다는 것이고, 다른 하나는 기계적 결합력이 우수하다는 것이다.2) 또한, 열을 가해줄 때 생기는 열 손상을 최소화 시킬 수 있는 장점이 있다. 하지만 접합 압력에 의한 기계적 손상을 가져올 수 있다.3)

이에 본 연구에서는 초음파 접합의 FPCB 적용 가능성을 검토해 보고자 하였다. Au/Ni/Cu로 도금된 FPCB와 Sn/Cu로 도금된 PCB기판을 상온에서 초음파 접합을 하였다. 접합부를 전계 방사 주사전자현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope, 이하 FE-SEM)과 EDS(energy dispersive spectroscopy)분석을 통하여 접합계면을 관찰하고 반응 기구를 규명하였으며 peel test을 하여 신뢰성을 평가하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험 재료 및 접합 방법

FPCB와 FR-4 PCB간의 초음파 접합을 하기

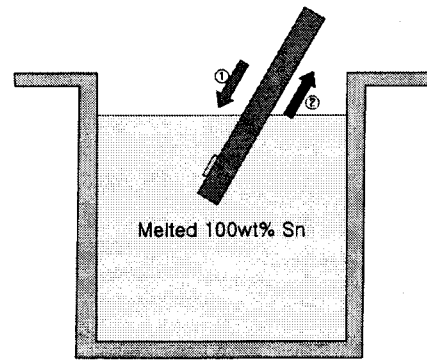


Fig.1 Dipping method

위하여 다음과 같은 시편을 준비하였다. FPCB의 패드(pad)는 상부로부터 하부까지 Au/Ni/Cu 순으로 형성하였고, 두께는 각각 $0.03\mu\text{m}$, $0.3\mu\text{m}$, $30\mu\text{m}$ 였다. PCB의 패드는 상부로부터 하부까지 Sn/Cu 순으로 형성하였고, $0.45\mu\text{m}$, $30\mu\text{m}$ 였다. 그러나, 초음파 접합 시 범프 층으로 사용된 Sn의 두께가 너무 작아, 초음파 접합이 되지 않았다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 용융된 100wt% Sn(이하 100Sn)에 PCB기판을 dipping방법으로 도금하였다(Fig. 1 참조). 도금 후 측정된 Sn의 두께는 $50\mu\text{m}$ 였다.

FPCB와 PCB를 접합하는 방법으로는 초음파 접합 방법을 사용하였다. 초음파 시간은 각각 0.1초, 0.3초, 0.5초, 1.0초, 1.5초, 2.0초, 2.5초, 3.0초로 변화시켰으며, 초음파 접합기의 주파수는 20kHz이고, 압력은 90psi이다.

2.2 평가방법

초음파 접합부의 신뢰성 평가를 위하여, 접합 후 접합 강도를 측정하였다. 접합 강도 시험은 Fig. 2의 모식도에서 보인바와 같이, 시편을 45°

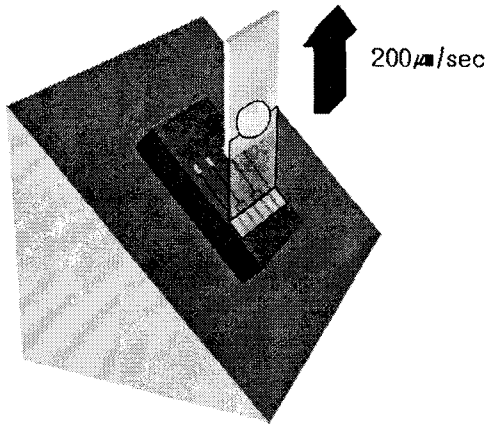


Fig. 2 Schematic of peel test

방향에서 시험 속도 200 $\mu\text{m}/\text{sec}$ 로 FPCB를 잡아당겨 접합 강도를 측정하였다. 측정 횟수는 조건당 5개의 시편의 강도를 측정하였다.

주사전자현미경을 이용하여 접합부의 미세조직을 관찰하였다. 솔더와 기판 사이에 형성된 금속간 화합물의 성분을 분석하기 위하여 EDS(Energy Dispersive Spectrometer)를 사용하였다. 솔더링부의 솔더를 선택적으로 제거하기 위하여 92%CH₃OH-3%HNO₃-5%HCl을 사용하여 1분간 에칭하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 초음파 접합부의 미세조직

초음파 접합시간을 0.1초, 0.3초, 0.5초, 1.0초, 1.5초, 2.0초, 2.5초, 3.0초 간격으로 20kHz의 주파수로 상온 초음파 접합한 시편의 단면을 주사전자현미경으로 관찰하였다. Fig. 3은 초음파 접합한 시편의 단면이다. 0.1초와 0.3초에서는 FPCB 패드에서 접합이 일어나지 않은 부분이 관찰되었다. 0.5초에서 1.5초까지는 비교적 양호한 접합부가 관찰되었다. 2.0초에서 3.0초에서는 패드와 100Sn 사이에서 균열이 발생하고, 기공이 형성된 것을 알 수 있다. 이 때 발생한 기공은 초음파 시간이 길어짐에 따라 100Sn이 패드 양 끝으로 밀려 나와 형성된 것으로 판단된다.

3.2 금속간 화합물

Fig. 4는 FPCB 패드와 100Sn 사이의 접합 면에서 생성된 금속간 화합물을 나타낸다. FPCB

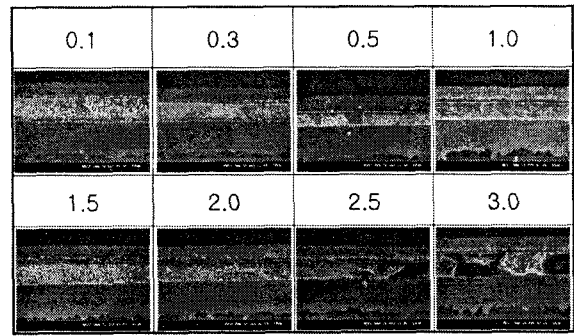


Fig. 3 Microstructure of bonding joint by bonding time

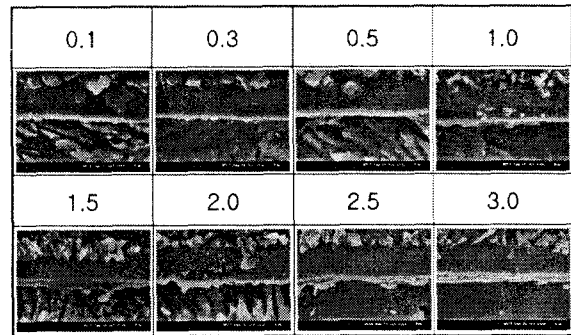


Fig. 4 Intermetallic compound between FPCB substrate and 100Sn by bond time

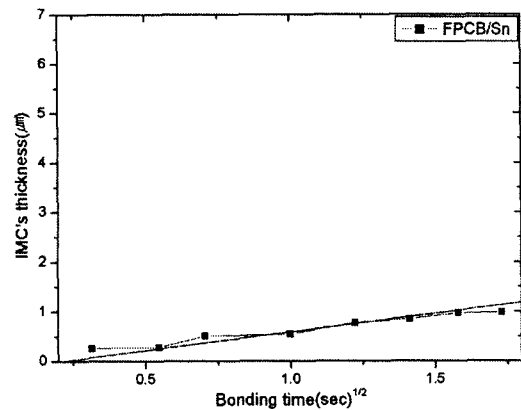


Fig. 5 Thicknesses of intermetallic compounds between FPCB substrates and 100Sn as a funtion of squire root of time

패드와 100Sn 사이의 접합 계면에서 생성된 금속간 화합물을 SEM을 이용하여 관찰하였다. 금속간 화합물을 EDS를 이용하여 성분분석한 결과, (Ni, Cu)₃Sn₄가 나타났다.

SEM을 이용하여 초음파 접합 시간 증가에 따라 금속간 화합물의 두께 변화를 측정하였다. 접합 시간이 증가함에 따라서 금속간 화합물의 두께가 증가하였다. Fig. 5는 금속간 화합물의 두께와 접합 시간의 거듭 제곱근과의 관계를 나타낸다. 금속간 화합물의 두께가 접합 시간의 거듭제

곱근에 비례하는 것을 알 수 있다.

3.3 기계적 특성

Fig. 4는 초음파 접합시간에 따른 접합 강도를 나타낸다. 접합강도는 1.5초까지 점진적으로 증가하다가 2.0초부터 급격히 감소하였다. 초음파 접합 시간을 0.1초, 0.3초로 한 경우에는 접합 강도가 약 750gf 정도였다. 초음파 접합 시간이 0.5초, 1.0초, 1.5초에서 접합 강도는 각각 963.5gf, 1088.6gf, 1272.6gf를 나타내었다. 초음파 접합 시간이 2.0초, 2.5초, 3.0초에서 접합 강도는 각각 715.2gf, 633.0gf, 586.1gf를 나타내었다. 0.1초와 0.3초의 조건에서는 FPCB 패드에서 완전한 접합이 이루어 지지 않았으며, 2.0초, 2.5초, 3.0초에서는 FPCB 패드와 PCB패드에서 균열이 발생하였다. 즉, 2.0초에서 접합강도의 급격한 감소는 패드와 100Sn사이에서 발생한 균열 때문으로 사료된다.

4. 결 론

초음파를 사용하여, FPCB와 PCB의 접합 적용 가능성을 평가하였다. Au/Ni/Cu(0.03 μ m/0.3 μ m/10 μ m)를 도금한 FPCB 기판 패드와 Sn/Cu(0.45 μ m/30 μ m)를 도금한 PCB 기판 패드를 초음파를 사용하여 접합하였다. PCB 기판의 Sn 두께를 증가시키기 위하여, dipping 방법을 사용하였다. Sn 도금두께는 50 μ m였다. 초음파 주파수는 20kHz였고, 압력은 90psi였다. 접합 시간에 따른 초음파 접합부 특성을 관찰하고 신뢰성 평가를 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 접합 시간 0.1초와 0.3초에서는 FPCB와 100Sn 계면 사이에 접합되지 않은 부분이 관찰되었다. 2.0초, 2.5초, 3.0초에서는 접합계면사이에서 균열이 발생하고, 100Sn 내부에 거대한 기공이 형성되었다.

2) 접합 시간이 증가함에 따라 FPCB와 100Sn 사이에 생성된 금속간 화합물의 두께가 증가하였다. 생성된 금속간 화합물은 (Ni, Cu)₃Sn₄였다.

3) 접합 시간이 증가함에 따라 전단 강도가 증가하였다. 접합 시간 1.5초에서 1272.6gf로 최대값을 나타내었다. 접합 시간 2.0초에서 715.2gf로 접합강도가 감소하였다. 이는 접합 계면에서 발생된 균열 때문으로 판단된다.

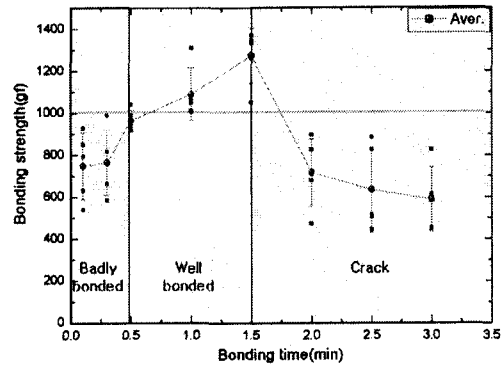


Fig. 6 Bonding strength by bonding time

참 고 문 헌

1. 이상수, 박민, 임순호, 김준경 : 이방성 전도 필름 (Anisotropic Conductive Film, ACF)의 기술 동향, 고분자 과학과 기술, 16-1 (2005) 48-56, 한국 고분자 학회
2. Hiroki Maruo, Yoshihito Selu, Yoshiharu Unami : Development of Ultrasonic Flip Chip Bonding for Flexible Printed Circuit, Proceeding of HDP'04, 307-310, IEEE
3. 김정모 : Sn3.5mass%Ag 솔더의 상온 초음파 접합과 그 신뢰성 평가 : 서울시립대학교 공학석사 학위 논문, 2005