

AEC-Q006 Grade 0 용 ExposedPad TQFP 인증에 관하여

자동차 등급 달성을 위해 다양한 최적화 필요

Yoshio Matsuda, 앰코테크놀로지 와이어본드/파워 패키지 개발팀 수석 매니저

차량용 반도체 패키지는 높은 신뢰성을 필요로 합니다. 자동차 시장의 기술 혁신 추세에 따라, 자율 주행, 휴먼 인터페이스, 전기 자동차(EV), 하이브리드 전기 자동차(HEVs) 등의 애플리케이션을 지원할 수 있는 신뢰성 높은 패키징에 대한 요구 또한 증가하고 있습니다. 이러한 차량용 반도체 패키지는 엄격한 안전 검증을 통과해야 하므로 높은 신뢰성이 필수입니다.

ExposedPad TQFP 의 AEC-Q006 Grade 0 인증을 위한 도전과제

반도체 패키지는 열팽창계수(CTE) 등 각각 다른 특성을 지닌 다양한 소재로 구성됩니다. 이러한 특성으로 인해 반도체 패키지 구조에 따라 각 자재가 스트레스 받는 위치가 달라집니다. 그 특성이 다양하기 때문에 자동차 전자부품 협회(AEC)의 극단적인 테스트를 통과하는 것, 그 중에서도 특히 AEC-Q006 Grade 0 를 달성하는 것은 반도체 제조업체에게 매우 어려운 도전입니다. 다이 패드/방열판이 감싸진, 비노출 TQFP(Thin Quad Flat Pack)은 이미 AEC-Q006 Grade 0 를 달성했지만, 해당 부분이 노출된 ExposedPad TQFP 는 패키지 구조에 따라 내부 스트레스가 더 높기 때문에 보다 많은 최적화가 필요합니다.

ExposedPad TQFP 는 패키지 뒷면에 노출된 다이 패드/방열판이 있는 것이 특징입니다. (그림 1 과 2 참조) 비노출 TQFP 와 비교해 탁월한 열적 특성을 지녀 소비전력이 높은 제품에 적합합니다. 이러한 이유로 해당 패키지는 마이크로프로세서, ASIC, SoC 제품 등에 사용됩니다.



그림 1. 14 x 14 mm 사이즈의 ExposedPad TQFP 의 패키지 개요

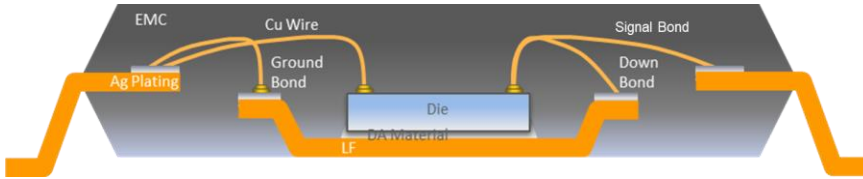
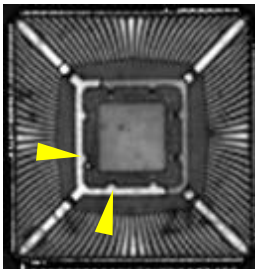


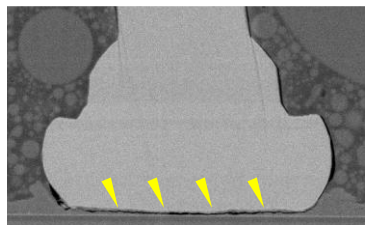
그림 2. ExposedPad TQFP 의 횡단면

ExposedPad TQFP 의 표준 원자재는 소량의 은(Ag)으로 도금된 구리(Cu) 리드프레임(LF), 은(Ag)으로 만든 다이 어태치 페이스트, 구리(Cu) 와이어 인터커넥트와 다이 보호를 위한 에폭시 몰드 컴파운드(EMC)입니다. 일반적으로 다이의 원자재는 실리콘(Si)입니다.

고강도 환경 신뢰성 테스트를 견디고 자동차 부품 안전 기준을 통과하기 위해 앞서 언급한 다양한 유형의 자재는 견고히 접착되고 연결되어야 합니다. 일반적으로 신뢰성 테스트를 통과하지 못하는 경우는 EMC 와 다양한 재료 간 또는 와이어 본드와 본드 패드의 박리로 인해 발생합니다. (그림 3 참조)



LF 와 EMC 박리



볼 본드의 연결 불량

그림 3. 불량 모델의 예

자동차 전자부품 협회의 주요 기준

AEC 기준은 고장 메커니즘 기반의 패키징된 집적 회로에 대한 스트레스 테스트입니다. AEC-Q100 은 자동차용 반도체 패키징에 대한 품질 기준을 제시합니다. 조금 더 나아가서, AEC-Q006 은 구리 와이어를 사용하는 반도체 패키지에 대한 추가 기준을 제시합니다. AEC-Q006 의 G0 요구사항을 만족시키기 위해 세가지 주요 테스트가 진행되었습니다. (그림 4 참조)

신뢰성 테스트 AEC-Q006 G0	MSL3 + HAST 110°C/85%	528 시간	O/S 테스트
			C-SAM
	HTS 175°C	2000 시간	O/S 테스트
			C-SAM
	MSL3 + TCT -55°C/150°C	3000 주기	O/S 테스트
			C-SAM

*각 신뢰성 테스트 완료 후, 기준에 따라 단면 분석과 Pull & Share 테스트 수행

그림 4. AEC-Q006 Grade 0 의 3 가지 주요 기준에는 MSL3 (Moisture Sensitivity Level 3; 습도 관련 테스트), HAST (Highly Accelerated Stress Test; 고속 환경에서의 스트레스 테스트), HTS (High Temperature Storage; 고온 저장)/TCT (Temperature cycle testing; 온도 관련 테스트)가 포함

높은 신뢰성 달성의 중요성

AEC-Q006 의 극도로 엄격한 스트레스 테스트를 통과하려면 다음 사항에 특별한 주의가 필요합니다:

- ▶ 적합한 구리 와이어와 EMC 선택
- ▶ EMC 를 통한 접착력 향상을 위한 리드프레임 표면 처리
- ▶ 접착을 방해하는 Ag 도금 영역의 최적화된 설계
- ▶ 최적화된 볼 본딩 형태

기존의 경험/지식과 새로운 실험 DOE 의 결과를 통해 최적의 설계와 BOM 이 결정되었습니다. 이로써 매우 다양한 용도를 지닌 14 x 14 mm ExposedPad TQFP 가 AEC-Q006 의 G0 인증을 받을 수 있게 되었습니다. (그림 5 참조)

LEG				LEG 1
Design	차량용 패키지			14 x 14 mm ExposedPad TQFP
	다이 크기			4 x 4 mm
	WB 설계 패드 피치 규칙			50 μm PP
	리드프레임	리드프레임 표면 처리		거친 구리
		다이 패들		링과 다운 본딩
	다이 어태치 재료			Ag 페이스트
	본딩	와이어 재료/와이어 직경		합금 구리/0.7 mills
		볼 본딩 형태		최적화됨
몰드			에폭시 레진 (MAR)	
신뢰성 테스트 AEC-Q006 G0	MSL3 + HAST 110°C/85%	528 시간	O/S 테스트	실패 없음
			C-SAM	실패 없음
	HTS 175°C	2000 시간	O/S 테스트	실패 없음
			C-SAM	실패 없음
	MSL3 + TCT -55°C/150°C	3000 주기	O/S 테스트	실패 없음
			C-SAM	실패 없음

그림 5. ExposedPad TQFP의 AEC-Q006 Grade 0 신뢰성 테스트 결과

결론

앰코는 최적화된 패키지 설계와 BOM을 통해 14 x 14 mm ExposedPad TQFP의 AEC-Q006 G0 테스트를 통과할 수 있었습니다. 본 테스트 결과를 통해 매우 다양한 용도를 지닌 이 패키지가 자동차 제조업체의 높은 요구를 충족할 것이라는 확신을 가질 수 있습니다. 다음 개발 목표는 보다 큰 사이즈의 ExposedPad TQFP 또한 심사에 통과하도록 하는 것입니다.

Yoshio Matsuda는 앰코테크놀로지 와이어본드/파워 패키지 개발팀 수석 매니저입니다. 그는 2018년에 앰코에 입사, 현재 차량용 패키지 개발 책임자입니다. R&D 팀 합류 전 2년 동안, 앰코테크놀로지 재팬에서 패키지 설계 관리를 담당했습니다. 그는 리드프레임/라미네이트 패키지용 패키지 설계 및 개발에 25년 이상의 경력이 있습니다.