

# 반도체 비파괴 불량분석

임종언<sup>1</sup>, 홍석인<sup>2</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교 신소재공학부 학부생

<sup>2</sup>성균관대학교 반도체시스템공학과 교수

whddjskk@g.skku.edu, seokin@skku.edu

## A Survey for Nondestructive Semiconductor Failure Analysis

Jong-Eon Lim<sup>1</sup>, Seok-In Hong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Advanced Material Science and Engineering, Sungkyunkwan University

<sup>2</sup>Dept. of Semiconductor System Engineering, Sungkyunkwan University

### 요 약

차량용 반도체 수요의 증가로 자율 주행 및 전장제품에 시스템 반도체 수요가 증가하고 있다. 차량용 반도체는 기존 AP 같은 칩보다 더 높은 내구성과 신뢰성이 요구되기 때문에 불량 분석이 중요하다. 이러한 환경에서 반도체의 안정적인 생산과 품질 보장을 위해서는 불량 검출과 불량 원인 분석이 중요하다. 본 논문은 기본적인 비파괴 불량 분석 방법에 대하여 조사하고 장단점을 탐구한다. 이를 통해 반도체의 안정적인 양산을 위한 기반 지식을 제공한다.

### 1. 서론

최근 자동차에 여러 부분이 전장화가 진행됨에 따라서 차량용 반도체의 수요가 증가하고 있다. 자율주행, 센서, IDB 등 전장제품에 여러 시스템 반도체가 사용되고 있다. 기존 모바일, 테블릿 PC, 스마트 워치 등에 사용되는 AP는 차량용 반도체에 비해 고사양을 가지고 있지만 더 가혹한 환경에 대해 취약하고 그 내구도가 약하다. 차량용 반도체는 극한의 상황에서도 그 성능을 유지해야 하고 내구성과 신뢰성 또한 뛰어나야 한다. 이러한 상황에서 안정적인 반도체 품질을 위해 불량 분석의 중요성이 더욱 중요해지고 있다. 현재 반도체 불량 분석에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 비파괴 분석단계에 대한 연구 또한 활발하다. 본 논문은 비파괴분석 방법 중 전기적 특성 평가인 SMU와 Curve tracer 그리고 외부, 내부 검사인 Visual inspection, SAM, X-ray, CT에 관하여 조사하고 각 방법의 기대효과를 탐구한다.

### 2. 반도체 비파괴 분석법

#### 2.1 SMU

SMU는 source measure unit의 약자로 한쪽에서 bias를 가해주고 한쪽에서는 측정을 동시에 해주는 분석기이다. SMU는 반도체 칩의 특성을 보여주기보다는 양품과의 비교를 통해서 다른 특성을 나타내는 칩을 찾아내어 불량으로 판단한다. 또한 Datasheet을 통해

내부의 회로도를 기반으로 측정될 그래프를 예측하여 불량을 판단하기도 한다. 이러한 방법은 측정자의 경험과 지식에 의존해야 한다는 단점이 있지만 간단한 측정법으로 매우 짧은 시간 동안에 진행이 가능하다는 장점이 있다.

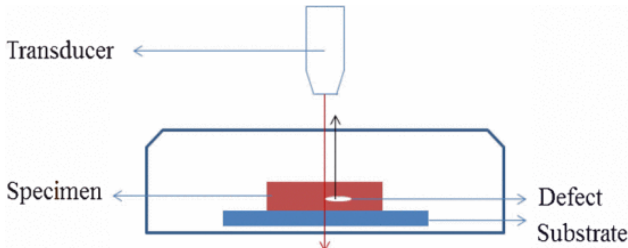
#### 2.2 Curve tracer

Gate, Source, Drain에 각각 bias를 가해줄 수 있고, source와 drain에는 각각 bias를 가하는 probe와 sensing하는 2개의 probe로 구성되어 있다. MOSFET, IGBT, BJT, diode에 대한 평가를 진행할 수 있다. Datasheet에 적혀 있는 기본적인 소자 정보를 입력하고 소자의 스펙이 적정 범위에 들어오는지 확인한 이후에 원하는 특성 그래프를 추출할 수 있다. 실제 소자의 전기적 특성을 평가하는 장비이며 고전류, 고전압을 사용하는 경우에는 고전류, 고전압용 probe를 사용하여야 한다. Curve tracer는 전기적 특성을 확인하는 장비이고 그 특성이 datasheet과 동일하게 나오는지 확인하는 단계이다. 비교적 간단한 과정이나 필수적인 단계이다.

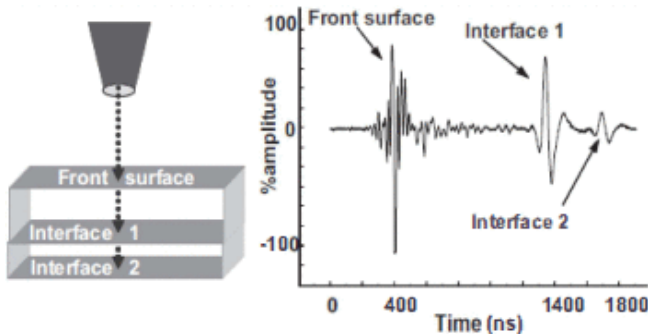
#### 2.3 SAM

SAM은 scanning acoustic microscope의 약자로 초음파를 이용하여 반도체 내부를 분석할 수 있는 분석기이다. Transducer에서 나오는 초음파는 패키징된 반도체 칩을 투과 및 반사하는데 이 때 파장을 분석하여

이미지화 시킨다. 이때 사용되는 초음파의 주파수는 샘플의 두께에 따라 적절히 바뀌가며 사용하며 두꺼울수록 낮은 주파수의 초음파를 사용한다. 주파수가 높을수록 샘플에 흡수되기 쉽다. 분석 방법은 C-scan 과 T-scan, A-scan 이 있다. C-scan 은 반사된 2nd wave 를 이미지화 하여 박리가 존재하는지 여부를 파악한다. 파장이 증폭되거나 위상이 반전되는 경우를 박리라고 판단할 수 있다. T-scan 의 경우 투과된 초음파를 감지하여 이미지화 시키는데 이때 어떤 layer 에 박리가 있는지 발견하기 어렵지만 평면 상에서의 위치를 발견하기 매우 용이하다. C-scan 과 T-scan 을 적절히 사용하여 최적의 이미지를 얻을 수 있고 A-scan 은 한 point 에서의 파장 그래프를 기록한 것이다. 초음파 분석은 패키징을 제거하기 이전에 미리 대략적인 위치의 박리를 파악할 수 있다는 점에서 장점을 가지지만 100 퍼센트 확정할 순 없고 다른 검사와의 교차 검증을 통해서 최종적으로 확정한다.



(그림 1) SAM 측정 방법[1]



(그림 2) 계면에 따른 파장 측정 위치[1]

2.4 Visual inspection

반도체 외관을 분석하는 과정으로 주로 Optical microscope 을 이용하여 진행한다. 실제 측정된 이미지를 Datasheet 의 dimension, 외견과 비교하여 칩 외부에 damage 가 존재하는지 변형이 생겼는지를 파악하는 기본적인 검사과정이다.

2.5 내부구조 검사

X-ray, CT 등을 이용하여 EMC 를 제거하지 않고 내부의 구조를 비파괴적으로 파악할 수 있다. X-ray 분석은 X-ray 를 물체에 투과시켜서 이미지화 시킨다. 각 방향으로 X-ray 를 투과시켜서 여러 면의 이미지를 불

량분석에 활용한다. Die 의 형태를 파악하거나 wire bonding 이 제대로 되었는지, 접착 불량은 없는지 확인할 수 있다. CT 는 computerized tomography 로 단층을 촬영하여 합친 후에 최종적으로 3D 이미지화 시켜서 전체적인 형태를 알 수 있게 한다. 3D 이미지를 통해서 박리의 존재를 확인할 수 있고 여기서 확인된 박리를 SAM 과정에서 다시 한번 확인하여 교차 검증을 진행하고 박리가 어떤 레이어에 있는지 확인할 수 있다.

<표 1> 비파괴 분석법 비교(SAM, X-ray, CT, Visual inspection)

	SAM	X-ray	CT	Visual inspection
파장	초음파 (10MHz~MHz)	X-ray(10~0.01nm)	X-ray(10~0.01nm)	가시광선
방식	투과(T-scan), 반사(C-scan)	투과	단층 촬영방식 (3D 이미지)	반사
매질	DI water	공기	공기	공기

3. 결론

차량용 반도체 수요의 증가와 함께 시스템 반도체 시장은 빠른 속도로 성장하고 있다. 이런 성장속에서 안정적인 양산 체계를 갖추기 위해선 명확한 불량 검출과 불량 원인 분석이 중요하다. 본 논문은 비파괴 분석에 대한 조사를 통해 불량 분석에 대한 기본적인 지식과 배경을 제공하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022098, 2023 년 미래형자동차 기술융합 혁신인재양성사업)

참고문헌

[1] M. Yazdan Mehr et al., "An overview of scanning acoustic microscope, a reliable method for non-destructive failure analysis of microelectronic components," 2015 16th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems, Budapest, Hungary, 2015, pp. 1-4, doi: 10.1109/EuroSimE.2015.7103077.