

## 초음파를 이용한 반도체의 신뢰성 평가

### Reliability Evaluation of Semiconductor using Ultrasound

장효성\*, 하 욱\*, 장경영\*\*

Hyo-Seong Jang\*, Job Ha\* and Kyung-Young Jhang\*\*

**초 록** 최근 전자장치의 고기능화에 따라서 반도체 장치의 고집적화는 물론 반도체 패키지의 박형화 추세에 있다. 이러한 반도체가 장치에 실장된 후에도 안정된 성능을 발휘할 수 있는지 여부에 대한 신뢰성을 보장하기 위해 조립 완료된 반도체 패키지에 대한 preconditioning 시험을 수행하게 된다. 또한 preconditioning 시험 전후에 초음파 주사 현미경을 이용한 검사를 실시함으로써 반도체 패키지에 대한 들뜸이나 패키지 크랙과 같은 내부 결함의 존재 여부를 알아보게 된다. 본 논문에서는 반도체 내부의 결함 유무를 효과적으로 검사할 수 있는 초음파를 이용한 신뢰성 평가 방법과 절차를 제시하고, preconditioning 시험 과정에서 수행되는 시험법을 통해 패키지 내부 결함을 야기하는 가장 중요한 요인이라 할 수 있는 수분에 의한 고장 메커니즘을 분명히 함으로써 반도체 패키지에 대한 일련의 고장 분석 및 신뢰성 평가 방법을 정립하고자 하였다.

**주요용어**: 반도체 패키지, preconditioning 시험, 초음파 주사 현미경, 들뜸, 패키지 크랙, 초음파, 수분

**Abstract** Recently, semiconductor packages trend to be thinner, which makes difficult to detect defects therein. A preconditioning test is generally performed to evaluate the reliability of semiconductor packages. The test procedure includes two scanning acoustic microscope (SAM) tests at the beginning and end of the entire test, in order to help detect physical defects such as delaminations and package cracks. In particular, of primary concern are package cracks and delaminations caused by moisture absorbed under ambient conditions. This paper discusses the failure mechanism associated with the moisture absorbed and encapsulated in semiconductors, and the use SAM to detect failures such as cracks and delaminations grown during the preconditioning test.

**Keywords**: semiconductor packaging, preconditioning test, scanning acoustic microscope(SAM), delamination, package crack, ultrasound, moisture

#### 1. 서 론

지금까지의 반도체는 생산성과 품질 위주로 생산되어 왔기 때문에 출하 당시의 품질만 보장할 수 있다면 판매에는 큰 문제가 없었다. 그러나 최근 전자기기 산업의 발달에 따라 반도체 역시 품질과 수율 뿐 아니라 제품의

수명시간까지 출하 당시의 품질을 유지하도록 하는 높은 신뢰성이 요구되어지고 있는 추세이다. 이런 요구를 만족시키기 위해서 반도체는 수분, 열충격, 온도 변화 등에 대한 충분한 내구성을 갖추어야 한다.

조립 완성된 반도체가 이런 조건을 만족하는지 여부를 알아보기 위한 신뢰성 평가 방법으로 preconditioning 시험

이 수행된다. 즉, preconditioning 시험은 반도체가 조립된 후부터 PCB에 납땀될 때까지의 공정을 재현하여 결함이 발생되는지 여부를 확인하는 것이다. 특히 보관 중에 대기로부터 수분을 흡수한 반도체는 PCB 위에 납땀되어지는 과정에서 크랙이나 들뜸과 같은 치명적인 불량을 발생시키므로 이에 대한 검사는 매우 중요하다[1]. 결론적으로, 반도체의 신뢰성 평가는 반도체 패키지에 대한 수분의 영향 관계를 알아보는 동시에 반도체가 실제적으로 설치되어 작동되어질 환경요인을 인위적으로 재현함으로써 이 결과를 바탕으로 반도체의 수명시간을 예측하여 신뢰성 있는 제품을 공급하기 위한 제반 과정을 의미한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 반도체 내의 수분에 의해 야기되는 고장 메커니즘을 분명히 함으로써 반도체 패키지에 대한 일련의 고장 분석 및 신뢰성 평가 방법을 확립하고자 하였다.

한편, preconditioning 시험 전후에 초음파 주사 현미경을 이용하여 반도체 패키지 내부를 검사하여 테스트 전후의 결함의 존재 유무와 결함의 성장 등을 알아 보게 된다. 이것은 초음파를 이용할 경우에 완제품 상태의 반도체 패키지에 대한 내부 결함의 유무 검사뿐만 아니라 결함의 유형과 특징 평가를 가장 효과적으로 수행할 수 있는 비파괴 방법이기에 때문이다. 따라서 초음파 검사법은 매우 강력한 반도체 신뢰성 평가 수단으로 알려져 있다 [2]. 본 논문에서는 초음파 검사법 중에서 초음파 주사 현미경(SAM)을 이용한 반도체의 신뢰성 평가법에 대해 소개하고 그 유용성에 대해 알아보하고자 한다.

## 2. 반도체의 구조

일반적으로 반도체의 내부 구조는 Fig. 1에 보여지는 것과 같이 사람의 뼈대에 해당하는 리드 프레임과 그 위에 설치되는 실리콘 칩(micro chip), 그 실리콘 칩에 있는 전자회로를 외부와 연결해 주는 골드 와이어 그리고 이 모든 것을 외부로부터 보호해 주는 EMC(epoxy mold compound)로 구성되어 있다.

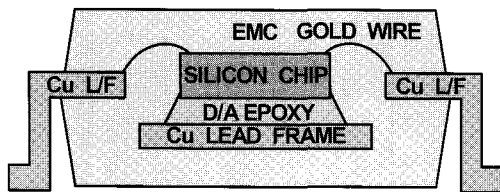


Fig. 1 Internal structure of a semiconductor

## 3. 초음파를 이용한 반도체의 신뢰성 평가 방법

초음파를 이용한 반도체의 신뢰성 평가 방법으로는 주로 펄스 반사법과 투과법이 이용된다. 펄스 반사법은 펄스를 송신하여 반사되는 에코의 진폭 비율과 시간차에 의해 특정 깊이의 데이터를 얻는 방식으로, 이미지를 얻는 방식에 따라 B-스캔, C-스캔, TAMI 스캔이 있다. 투과법(T-스캔)은 가장 간단한 초음파 검사 방법으로, 반사 에코가 아닌 투과음파의 손실에 의존하여 재료를 평가하게 된다. Fig. 2는 반사법과 투과법을 함께 사용하여 검사를 수행하는 초음파 현미경의 개략적인 모습을 나타낸 대[2].

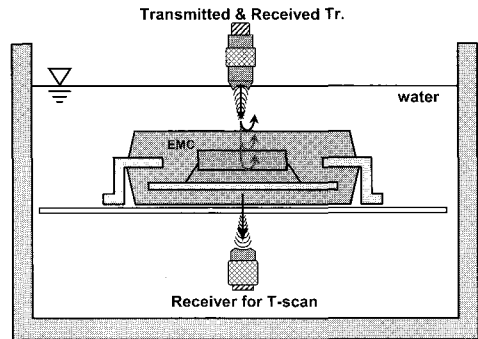


Fig. 2 Schematic diagram of a typical SAM

### 3.1. B-스캔

B-스캔은 검사체의 수직 단면 이미지를 얻는 검사방법으로 결함의 깊이와 방향을 알아낼 수 있다. 따라서 주로 반도체 패키지 크랙, 다이 크랙, EMC 기공(flaw) 그리고 틸트 (tilt) 등을 검사하고자 할 때 이용된다[3]. Fig. 3은 과도한 수분 흡수에 의해 야기된 패키지 크랙의 B-스캔 이미지를 보여준다. 그림에서 좌상단은 C-스캔 이미지를 제시한 것이며, 중앙 수평선을 따른 B-스캔 이미지를 아래에, 중앙 수직선을 따른 B-스캔 이미지를 우측에 보였다.

### 3.2. C-스캔

C-스캔은 수직 단면 이미지를 얻는 검사방법으로 반사파의 위상과 크기를 분석하여 접합면의 상태를 분석할 수 있다. 따라서 이 검사법은 주로 반도체 패키지 들뜸이나 크랙을 검사할 때 이용된다. Fig. 4는 다이 면(die

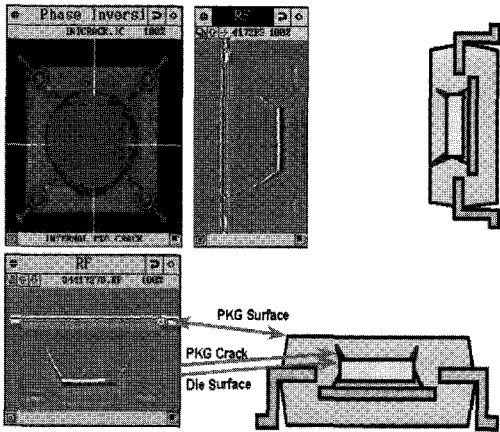


Fig. 3 B-scan image of plastic IC

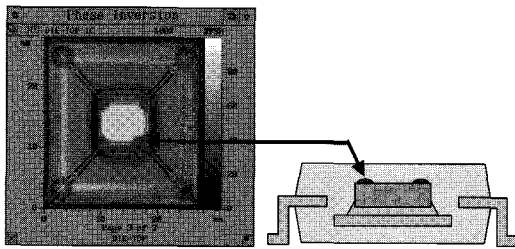


Fig. 4 C-scan image of die surface

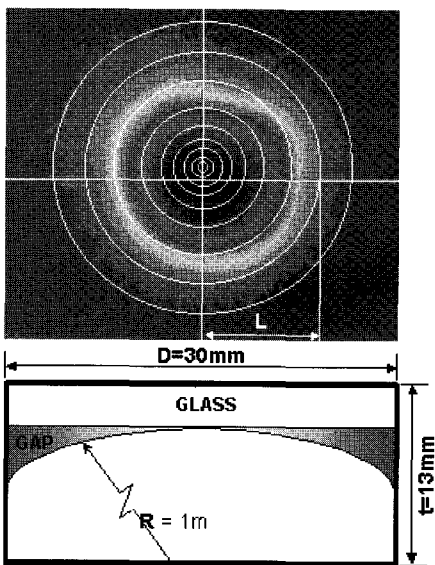


Fig. 5 C-scan image of newton ring

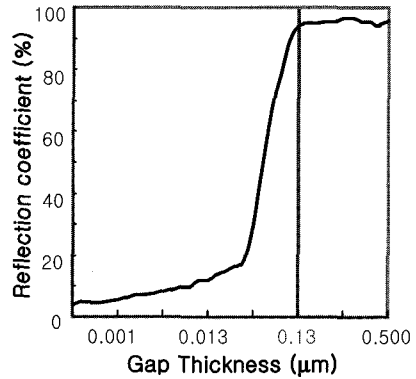


Fig. 6 Depth sizing performance by reflection coefficient

surface)의 들뜸(delamination)을 검사한 C-스캔 이미지를 보여준다. 다이면 가장자리의 검은 부분이 들뜸 결함을 나타낸다.

일반적으로 C-스캔 검사시 들뜸결함의 검출능(detectability)은 장비의 성능, 탐촉자의 형식, 검사체의 재질 등에 의해 차이를 보인다. 본 논문에서는 Fig. 5에 제시된 것과 같이 뉴턴 링(newton ring)을 이용한 간단한 실험을 통해 들뜸 결함의 검출 크기 산정 성능을 알아보았다. 이 실험은 SONIX사의 장비와 75MHz의 트랜스듀서를 가지고 수행되었고, 뉴턴 링을 C-스캔하여 데이터를 반사율에 따른 RGB 영상처리를 거쳐 출력하였다[4]. 여기서 갭의 두께는 다음 식을 이용하여 산정하였다.

$$D = R - \sqrt{R^2 - L^2} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 뉴턴 링의 직경 D와 링의 곡률 R은 기지의 값으로 주어지므로 임의의 반경 L에서의 갭 두께는 쉽게 구할 수 있다. Fig. 6의 뉴턴 링의 갭 두께와 반사율의 관계에서 보여지듯이 Fig. 5의 바깥쪽 2번째 원의 위치는 반사율 96%로서 명확한 들뜸 결함으로 판정 가능한 최소 갭 두께에 해당한다. 따라서 들뜸 결함의 경우도 마찬가지로 동일한 측정 조건하에서 0.13μm 이상의 들뜸을 갖는 경우에 검출이 가능할 것으로 사료된다.

### 3.3. TAMI™ 스캔

TAMI™(tomographic acoustic micro imaging) 스캔은 다중 게이트 기법을 이용함으로써 한번의 스캔으로도 반도체 내부를 일정한 깊이차로 여러 번 나누어 C-스캔한

것과 같은 결과를 얻을 수 있는 새로운 형태의 검사법이 다. 즉, 기존 C-스캔이 스캐너에 장착된 트랜스듀서를 축 방향으로 이동하여 초점을 맞추고 이렇게 설정된 게이트 내에서 가장 감도가 좋은 신호를 검출하여 영상처리한 결과라 한다면, TAMI 스캔은 Fig. 7에 보여지듯이 검사자가 게이트를 설정하면 초점빔 길이 내에 게이트가 들어갈 경우 한번에 A-scan 시간축을 따라 일정 간격으로 나누어 보여주게 된다. 만약 초점빔 길이가 설정한 게이트 크기보다 짧을 경우 적절히 구간을 나누어 스캔하게 된다. 다음 식 (2)는 초점빔 폭을 나타낸다.

$$W = 0.71 \frac{\lambda f}{D/2} \dots\dots\dots (2)$$

여기서  $\lambda$ 는 파장,  $f$ 는 초점거리,  $D$ 는 렌즈의 직경을 나타낸다. 초점빔 길이  $L$ 은 식 (3)을 이용하여 산정할 수 있다.

$$L = \frac{a}{a-1} D \dots\dots\dots (3)$$

여기서,

$$a = \frac{D^2}{4\lambda f} \dots\dots\dots (4)$$

이며,  $L=3\sim 6\times W$ 의 관계로부터 간단히 구할 수도 있다. 일반적으로 초점빔 길이는 트랜스듀서의 성능에 따라 결정되는데 참고적으로 SONIX사의 15MHz와 250MHz 트랜스듀서의 경우 각각 2.0mm와 0.7mm의 초점빔 길이를 갖는다. 결과적으로, TAMI 스캔은 특정한 면에 초점을 맞추는 번거로움이 없기 때문에 기존의 C-스캔을 수행할 때와 같은 초점의 문제를 해결하는데 기여할 수 있다. TAMI 스캔이란 인체 진단을 위해 일반적으로 사용되는 CAT(computerized aided tomography) 스캔이란 의학 용어로부터 유래되었다. 이 TAMI 스캔을 이용하면 반도체 내부를 최대 99 등분한 C-스캔 이미지를 얻을 수 있고, 검출 가능한 최소 박막의 두께는 사용한 주파수 파장의 약 15배에 상응한다. 또한 한 번 스캔하는데 1~2분 정도가 소요되면서도 각 계면에 대한 매우 정확한 검사가 가능할 뿐만 아니라 내부의 결함을 3차원으로 렌더링하여 볼 수도 있다. Fig. 8은 TAMI 스캔에 의해 반도체 칩을 다이 상면에서 패들 면(paddle surface)까지 31등분한 이미지 배열로 나타난 것이다. 제작 과정에서 이미 반도체 소자의 설계치수를 알고 있으므로 이를 TAMI 스

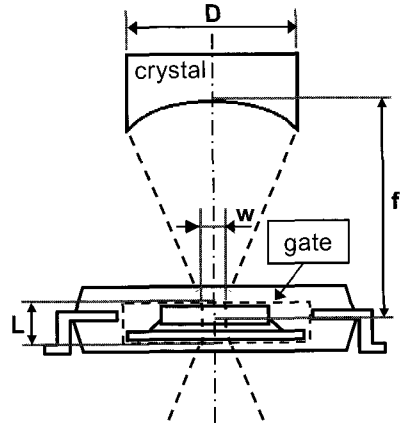


Fig. 7 Relation between focus beam length and gate size

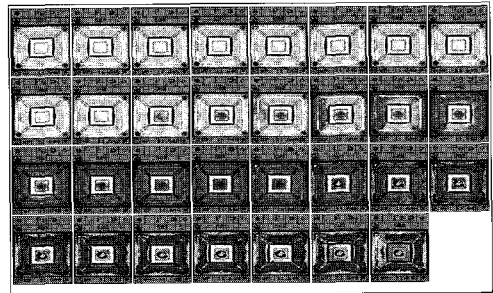


Fig. 8 Divided semiconductor into 31 equal parts by TAMI scan

캔한 이미지 수로 나누어 비교하면 특정 깊이에서의 계면의 결함 정보 및 형상을 동시에 확인할 수 있어서 반도체 생산 공정에서의 신뢰성 평가에 신속한 응답을 줄 수 있다. 그림의 경우 다이 하면과 에폭시 패드의 계면에 해당하는 11번부터 19번까지의 이미지와 에폭시와 리드 프레임 경계면에 해당하는 22번부터 32번까지의 이미지는 중앙에 들뜸 결함이 나타남을 알 수 있다.

3.4. T-스캔

T-스캔은 검사 방법 중 가장 간단한 검사방법으로 X-Ray 검사와 같이 반도체에 초음파를 입사시킨 다음 그 반도체를 투과해 나오는 투과파를 분석하여 이미지로 보여주는 검사법이다. 이 검사 방법은 초음파에 대한 특별한 지식이 없는 사람도 손쉽게 검사할 수 있는 검사 방법이지만 불량률의 존재 유무(go/no go)만 알 수 있을 뿐

결함이나 계면의 위치 또는 깊이에 대해서는 알 수가 없기 때문에 주로 대량 검사에 사용되고 있다. Fig. 9는 T-스캔에 의한 수평 단면의 영상으로써 검게 나타난 오른쪽이 들뜸 때문에 투과도가 거의 없고 회색으로 나타난 왼쪽은 접착이 잘 된 부분임을 나타낸다. 이 검사법은 펄스 에코법과 위상이 반대가 되므로 계면 이미지의 흑백 명암이 펄스 에코법과 반대로 나타나게 된다.

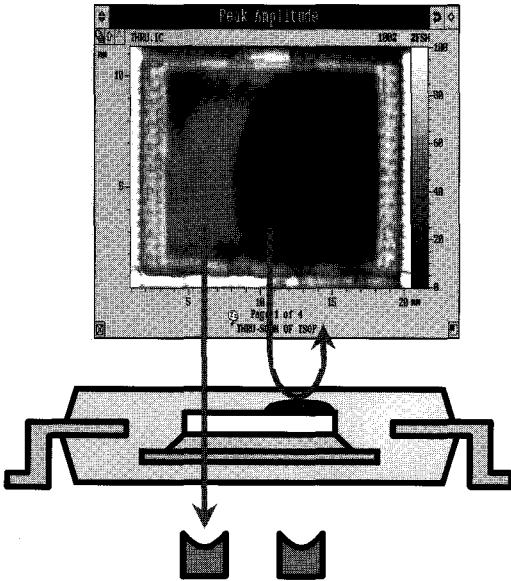


Fig. 9 T-scan image of a semiconductor

#### 4. 반도체의 신뢰성 평가

신뢰도가 높은 반도체는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

- 1) 내습성이 강해야 한다.
- 2) 열충격에 강해야 한다.
- 3) 고온에 강해야 한다.
- 4) 반도체 내부가 외부로부터 완전히 차단되어야 한다.

(리드 프레임과 EMC 사이에 틈이 없어야 한다.)

preconditioning 시험은 조립 완료된 반도체가 이들 4가지 조건 모두에 대해서 만족하는지 여부를 시험한다. 이 조건들 중 하나라도 불만족스럽다면 그 반도체는 불량으로 판정된다. preconditioning 시험은 일반적으로 T/C Test (temperature cycling test), T/S Test (thermal shock test), HTST (high temperature storage test), T&H Test (tempera-

ture & humidity test), PCT (pressure cooker test) 등의 세 부적인 시험들을 통해 수행된다.

이와 같은 시험들은 반도체의 실장시의 환경조건과 수요자에게 전해지는 전 과정을 재현함으로써 수명을 예측할 수 있기 때문에 제품의 신뢰성을 확보하기 위해 매우 중요한 절차라 할 수 있다. 하지만 다른 산업분야와 마찬가지로 반도체 분야에 있어서 가장 큰 문제는 흡습에 의한 영향이며, 따라서 이와 관련된 시험에 보다 큰 비중을 두고 있다.

반도체 패키지를 다습한 대기 중에 보관할 경우에 장시간 방치하게 되면 EMC 표면으로 수분이 침투되어 패키지 내부에 확산된다. 이 수분은 PCB 위에 실장되어질 때 열에 의해 수증기화되고, 이 증기압에 의해 접합계면에서 크랙이나 들뜸과 같은 치명적인 불량 발생하게 된다. 반도체의 신뢰성 평가는 반도체 패키지에 대한 수분의 영향 관계를 알아보는 동시에 반도체가 실장되는 환경을 인위적으로 재현함으로써 이 결과를 바탕으로 반도체의 수명시간을 예측하여 제품의 신뢰성 정도를 평가하는 것이라 하겠다.

#### 4.1. Preconditioning 시험 절차

Fig. 10은 preconditioning 시험 절차를 나타낸다. 먼저 초음파 주사 현미경에 의해 시험 샘플로부터 불량품을 선별해 낸다. open/short 시험과 T/C Test (-55/12 5°C, 5X)는 조립 완료된 반도체가 항공기에 의해 운송되는 과정 중의 온도변화를 재현해 준다. 그리고 시험 패키지들은 24시간 동안 125°C에서 건조시킨 후 방습포장 개봉 후의 대기 중 수분 흡수량을 재현해 주는 항온항습 (T&H) 시험에 들어간다. 또 반도체를 PCB에 납땀하는 공정을 재현해 주는 리플로 (240°C, 3X)를 거치며 최종적인 반도체의 양부 판정하기 위한 초음파 주사 현미경과 open/short 검사가 다시 실시된다[5].

preconditioning 시험 과정 중에서도 항온항습 시험은 제품의 초기 신뢰성 평가뿐 아니라 제품의 수명과 관련되기 때문에 다른 절차보다도 중요한 시험 단계라 할 수 있다. 이 시험은 반도체가 어떤 온도-습도 조건에서 어느 정도의 수명을 가지는지를 예측하는 것이다. 이 수명 연구의 결과는 MSL (moisture sensitivity level)로 정의된다. 그 결과는 레벨로 구분되어 보고되어지고, 초기 신뢰성 증명하기 위해 사용된다. MSL은 Table 1에 보인 바와 같이 레벨 1에서 6까지 6단계로 구분된다. 만약 IC가 레

벨 1이라면 좋은 품질로 결정되고 6레벨로 갈수록 낮은 신뢰성을 나타낸다. 중앙 열은 각 레벨에서의 시험 조건과 시험 시간을 나타내며, 우측 열은 상응하는 건조포장 개봉후 수명을 나타낸다. 제조된 반도체의 가격은 이 MSL 레벨에 의존하고, 현재의 표준 MSL은 레벨 3이지만 실제적인 요구 수준은 레벨 1로서 보다 신뢰성 있는 제품이 요구되어지는 추세에 있다.

한편, 시험 조건을 달리하였을 때 반도체 내부로 침투하고 빠져 나가는 수분의 양을 정량적으로 분석해 보는 것이 필요하다. 일반적으로, 흡습량 분석 결과는 측정된 반도체의 자기 수명을 결정하는데 있어서 약간의 차이가 있을 수 있다. 이 논문에서는 단지 한 개의 반도체 샘플을 사용하였지만 미국 반도체 규격인 JEDEC J-STD-020A는 동일한 로트(lot)로부터 제작된 반도체 10개에

대한 평균을 적용하도록 추천하고 있다[6]. Fig. 11 과 Fig. 12는 시험 반도체에 대해 각각 85°C-85%RH, 85°C-60%RH 그리고 30°C-60%RH인 항온항습 조건에서의 수분 함량과 흡습 및 탈습 시간의 관계를 측정된 결과이다. 시험방법에 관하여는 JEDEC 규정에 따른다[6]. 이들 조건은 위의 표에 제시되었던 레벨 1, 2, 3과 일치한다. 그래프를 통해 알 수 있듯이 동일한 수명시간을 가질 때 MSL 레벨이 상위일수록 흡습량과 탈습량은 증가한다.

4.2. 수분에 의한 결함 발생 메커니즘

산업 전반에 걸쳐 일반적인 문제로 받아들여지고 있는 수분의 침입은 몰딩된 플라스틱 패키지 내부에 대한 신뢰성에서도 중요한 관심의 대상이 되고 있다. 수분 이외에도 반도체 재료 사이의 열팽창계수(CTE, coefficient of thermal expansion)의 차이, 이질 재료간의 접착력(adhesive force) 부족, 동질 재료 내부의 응집력(cohesive force) 부족 등에 의해 불량률이 발생하지만 수분에 비해 상대적으로 영향이 적기

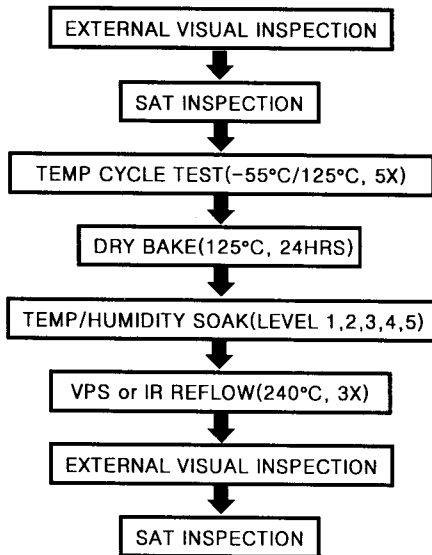


Fig. 10 Preconditioning test flow

Table 1 Moisture sensitivity level

Level	Temperature/Humiditycondition (°C/%RH)	Floor life
1	85/85 168 hours	unlimited
2	85/60 168 hours	1 year
3	30/60 192 hours	168 hours(1 week)
4	30/60 96 hours	72 hours(3 days)
5	30/60 72 hours	48 hours(2 days)
6	30/60 6 hours	6 hours

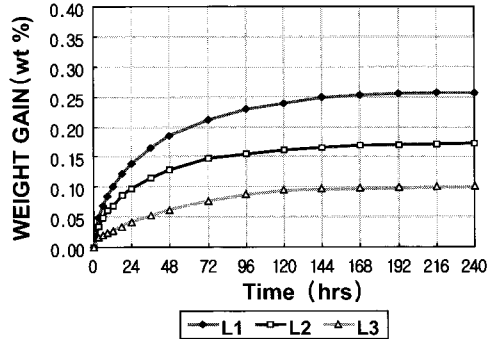


Fig. 11 Percent weight gain, condition:moisture absorption

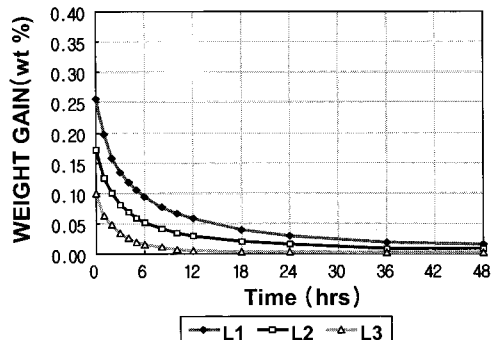


Fig. 12 Percent weight gain, condition:moisture desorption

때문에 본 논문에서는 수분에 대한 영향만을 언급하였다.

수분으로부터 야기되는 결함의 메커니즘은 Fig. 13에 나타낸 바와 같이 반도체 패키지 내부에 응축되어 있던 수분이 고온조건에 노출되어 상태 변화와 팽창이 발생하게 된다. 다시 말하자면, 대기 중의 수분이 EMC 표면을 통해 침투되어 내부에 응축되어 있다가 PCB에 납땀하는 동안에 240℃의 고온에 노출되어지면 이 수분이 기화하면서 약 1900배의 부피팽창을 일으키는데 이 때 순간적으로 발생하는 수증기압에 의해서 EMC와 리드 프레임 사이에 패키지 크랙, 들뜸, 그리고 전기적인 단락이나 쇼트와 같은 치명적인 불량이 발생된다. 또한 고온시 증기압에 의한 내부 응력이 패키지의 강도 이상으로 증가하면 크랙이나 팽창이 발생하게 되고 최악의 경우에는 "팝콘 크랙"이라 불리는 패키지 크랙의 빠른 전파를 초래할 수도 있다[7]. 이러한 팝콘 크랙은 수분 함유 레벨과 리드 프레임 및 다이의 형상 그리고 몰딩수지와 리드 프레임의 접착력에 크게 의존한다.

이러한 흡습의 문제를 해결하기 위한 일반적인 방법으로는 반도체의 구성 재료인 다이 접착 소재 및 EMC의 저흡습화에 의한 접착성 향상을 시도하는 동시에 계면박리(interface exfoliation)의 진전을 방지할 목적으로 다이 패들(die paddle) 이면에 홈(dimple)을 가공하는 방법이 병행되어지고, 근본적으로는 증기압의 상승을 억제하기 위해 납땀시의 저온화와 단시간 처리에 대한 연구도 계속되어지고 있다.

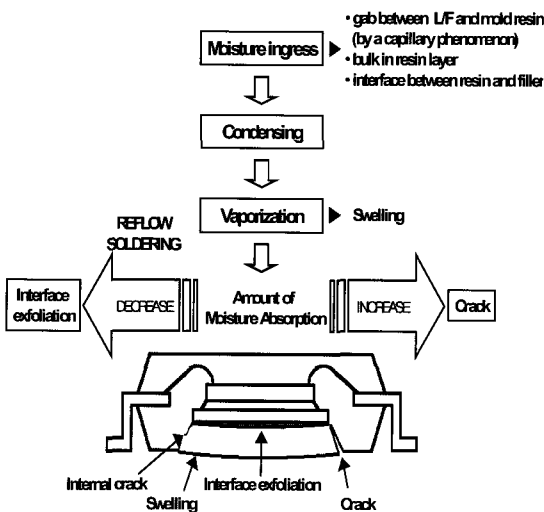


Fig. 13 Package crack mechanism by moisture absorption

### 4.3. 초음파를 이용한 결함 검사

반도체 내부의 신뢰성을 평가하는 preconditioning 시험 전후에 초음파 주사 현미경을 이용해서 검사가 수반된다. 여기서 preconditioning 시험 전에 수행하는 검사는 샘플 로트에 포함되어 있는 불량을 가려내어 시험에 대한 초기 신뢰성을 부여하기 위한 것이며, preconditioning 시험 후에 다시 수행하는 SAM 검사는 시험 과정에서 야기된 불량률의 종류를 알아보는 데 그 목적이 있다.

앞서 기술한 바와 같이 preconditioning 시험에 과정에서 야기되는 들뜸이나 크랙과 같은 결함을 검출하기 위한 이미지 기법으로 B-스캔, C-스캔, TAMI 스캔, T-스캔이 있다. 기본적으로, SAM은 고주파수 초음파의 반사와 투과를 이용한 펄스-에코 기법으로서 관측하고자 하는 패키지 내부 계면에 초점을 맞춰 스캔함으로써 이미지를 얻게 된다. 또한 SAM은 반도체 패키지 분류의 기준이 되는 MSL 레벨의 결정에 있어 유용한 도구이다. 그러나 초음파 검사결과와 결함 유무가 반드시 나중의 전자기기의 불량률이나 성능과 상관 관계에 있는 것은 아니다.

Fig. 14은 C-스캔 검사에 의해 리플로(260℃) 납땀 후 다이 상면에서 들뜸 이미지가 관찰됨을 나타낸다. 여기서 검게 나타난 부분은 preconditioning 시험 과정에서 야기된 들뜸을 나타낸다.

항온흡습 시험 과정에서, 개방성 불량(open defect)은 EMC를 통해 흡수된 수분이 알루미늄 접착 패드를 부식 시킴으로써 쉽게 야기될 수 있다[8]. 마찬가지로 압력용기 시험에서도 개방성 불량은 EMC와 리드 프레임 사이의 틈을 통과하는 알루미늄 접착 패드에서 부식에 의해 생

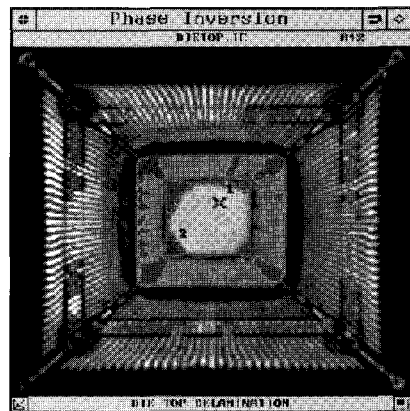
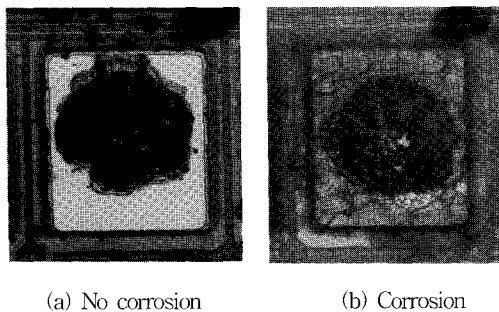


Fig. 14 Die top delamination, condition : 260℃

길 수 있다. 본 논문의 부식시험은 범용 용제(flux)에 인위적으로 노출시켜 조립하는 방식으로 수행되어졌다. Fig. 15는 120°C, 100%RH의 온,습도 조건과 2 ATM의 압력상태에서 504시간의 압력용기 시험을 거친 반도체 샘플의 부식 이미지를 보여준다. 부식의 경우 반도체 패키지의 두께에 비해 매우 얇은 층을 형성하기 때문에 SAM을 이용해서 관찰하는 것이 어렵고 따라서 여기서는 SEM을 사용하였다.

광학 현미경은 전자현미경과 마찬가지로 강력한 신뢰성 평가 수단이지만 검사체의 내부를 비파괴적으로 관찰할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 초음파 주사 현미경을 사용한 반도체의 비파괴 평가는 매우 유용한 신뢰성 검사 기술이라 할 수 있다. 이러한 초음파 검사의 유용성은 Fig. 16에 보여진 것과 같은 실험을 통하여 검증되었다. 우선 다이 부착 에폭시에 예리한 편을 이용해 다수의 결함을 만든 후 실리콘 칩 대신 얇은 유리판을 부착하여 관측이 용이하도록 하였고, 측면에서 관측광을 조사시켜 보다 명확한 이미지를 얻을 수 있도록 한 후 동일한 면을 초음파 현미경과 광학현미경으로 검사하였다. 그림에서 두 측정법에 의한 검사 결과는 결함의 위치와 크기가 거의 일치함을 알 수 있었다. 따라서 광학현미경의 우수한 성능을 고려한다면 초음파 현미경 검사 결과는 매우 만족할 만한 것이라 할 수 있다. 또한 초음파는 비파괴적인 방법이므로 검사 후에도 상품으로서의 가치를 보존해야 하다는 측면에서 반도체의 신뢰성 평가에 적합한 평가 수단이라 할 수 있다.



(a) No corrosion (b) Corrosion

Fig. 15 Pad corrosion by PCT test (SEM)

6. 결 론

현재 반도체의 추세는 성능면에 있어서 고집적화와 초소형을 요구하고 있기 때문에 반도체 패키지의 두께는 매우 얇아지고 있다. 이로 인해 반도체 분야에서의 수분

에 의한 결함 발생은 이전보다 더 중요한 문제로 다루어지고 있다. 따라서 수분이나 다른 요인들에 의한 들뜸이나 패키지 크랙과 같은 결함이 반도체 내부에 존재하는지 평가할 수 있는 보다 효과적인 평가 수단이 요구되고 있다. 본 논문에서는 이러한 요구에 가장 적합한 검사법으로서 초음파를 이용한 검사법에 대해 다루었고, 수분에 의한 결함 발생 메커니즘을 살펴보았다. 초음파 검사법은 다른 검사법과 마찬가지로 우수한 결함 검출 성능을 가질 뿐 아니라 비파괴적인 방법이기 때문에 반도체와 같이 검사후에 바로 상품으로 기능을 수행해야 하는 검사체에 대해 매우 효과적이라 하겠다. 결론적으로 preconditioning 시험을 거친 반도체에 대한 초기 신뢰성을 부여하는데 있어서 초음파를 이용한 검사는 매우 유용하다. 다만 신뢰성 평가 방법으로서 초음파 검사법이 보다 광범위한 응용되기 위해서는 패키지 두께에 비해 매우 얇은 계면을 형성하는 부식과 같은 결함의 검출이 가능하도록 해상도를 향상시켜야 하고, 검사가 물속에서 이루어지기 때문에 요구되는 재료의 방수성에 의한 제한을 극복하여야 할 것이다.

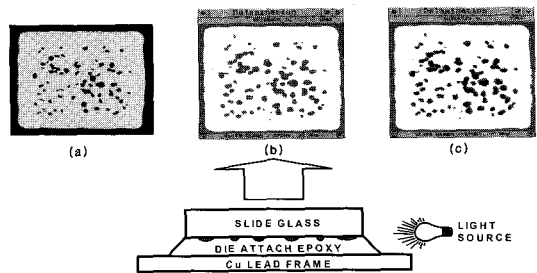


Fig. 16 Comparison between optical microscope and SAM

- (a) Defects image by optical microscope
- (b) Defects image by SAM
- (c) Overlap image of (a) and (b)

참고문헌

- [1] Lin R. et al, "Moisture Induced Package Cracking in Plastic Encapsulated Surface Mount Components During Solder Reflow Process," Proc. 26th Rel. Phys. Sym., pp. 83-89, (1988)
- [2] Siettmann, J. et al, Acoustic evaluation of electronic plastic packages, Proc. 30th Rel. Phys. Sym., pp.



- 309-314, (1992)
- [3] Ishikawa, I. Et al, Measurement of damaged layer thickness with reflective acoustic microscope, IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control., Vol. 36, No. 6, pp. 587-592, (1989)
- [4] 김재열, 홍원, 한재열, "초음파 신호처리에 의한 반도체 패키지의 접합경계면 결함 검출에 관한 연구", 비파괴검사학회지, Vol 19, No. 5, pp. 369-377, (1999)
- [5] Moore, T. M., Identification of Plastic Defects in Plastic-Packaged Surface-Mount ICs by Scanning Acoustic Microscopy, Proc. Int. Sym. Testing & Failure Analysis, pp. 61-67, (1989)
- [6] Joint IPC/JEDEC Standard J-STD-020A, Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Nonhermetic Solid State Surface Mount Devices, (1999)
- [7] Atkins, S. et al, Use of C-SAM acoustical microscopy in package evaluations and failure analysis, Microelectronics and Reliability, Vol. 38, Issue 5, pp. 773-785, (1998)
- [8] H. Y. Ueng, C. Y. Liu, The aluminum bond-pad corrosion in small outline packaged devices, Materials Chemistry and Physics, Vol. 48, Issue 1, pp. 27-35, (1997)