



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0018649
(43) 공개일자 2025년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/302 (2006.01) B06B 1/00 (2006.01)
G01K 1/02 (2021.01) G01R 31/28 (2006.01)
H01L 23/48 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/302 (2013.01)
B06B 1/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0099513
(22) 출원일자 2023년07월31일
심사청구일자 2023년07월31일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김호욱
인천광역시 미추홀구 인하로 100, 인하대학교
유병훈
인천광역시 미추홀구 인하로 100, 인하대학교
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이은철, 이수찬

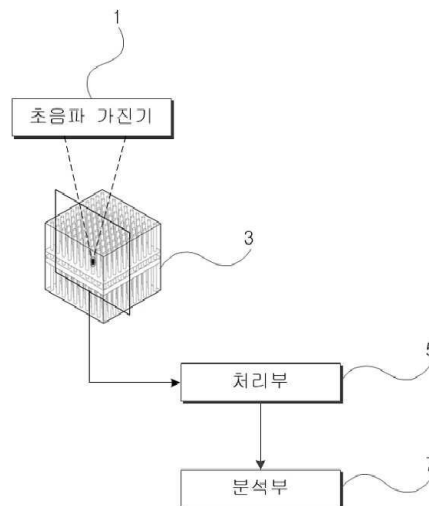
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 반도체 기관의 건전성 진단 시스템 및 방법

(57) 요약

본 기술은 반도체 기관의 건전성 진단 시스템 및 방법에 관한 것으로, 본 실시예의 구현 예에 따르면, TSV의 금속전극의 구조적 기능적 건전성을 비파괴적, 금속재료 선택적 방식으로 진단함에 따라, 반도체 완제품의 구조 또는 기능의 손상없이 금속전극 내부의 상태를 진단할 수 있고 이에 고품질의 반도체를 제작할 수 있고, 미세 크기의 실리콘 관통전극(TSV) 기술로 패키징된 반도체 완제품에 대해 금속전극의 건전성의 검증함에 따라, 금속전극의 결함 위치를 특정할 수 있으며 출하 전 모든 반도체 기관에 대한 전수 진단이 수행됨에 따라 반도체 완제품 품질에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01K 1/02 (2021.01)

G01R 31/2853 (2013.01)

G01R 31/2879 (2013.01)

G01R 31/2894 (2013.01)

G01R 31/2896 (2013.01)

H01L 23/481 (2013.01)

(72) 발명자

박일웅

인천광역시 남동구 서창남순환로 55, 503동 1604호(서창동, 서창센트럴푸르지오)

김주형

인천광역시 연수구 해돋이로84번길 30,(송도동, 송도금호어울림아파트)102동 901호

명세서

청구범위

청구항 1

기 정해진 진단 주파수의 초음파를 생성하여 생성된 초음파를 반도체 기관의 설정된 진단 위치에 집중시키는 초음파 가진기;

상기 반도체 기관의 진단 위치에 집중된 초음파에 의거 금속전극의 결함으로 발생한 전기적 특성 변화 및 전기적 특성 변화에 의거한 온도 특성 변화를 계측하는 처리부; 및

상기 전기적 특성 변화 및 온도 특성 변화를 분석하여 상기 반도체 기관 내부의 금속전극의 결함 여부 및 결함 위치를 판단한 후 판단 결과를 저장하고, 상기 초음파 가진기를 다음 진단위치로 이동하는 분석부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 기관의 건전성 진단 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 초음파 가진기는

이동 가능하도록 구비되고,

상기 금속전극의 재료에 의거 정해진 진단 주파수의 전기신호를 생성하고 생성된 전기신호를 음향 에너지의 초음파로 변환한 다음

변환된 초음파를 기 설정된 TSV 기반으로 패키징된 반도체 소자의 진단위치에 집중하도록 구비되는 반도체 기관의 건전성 진단 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 처리부는,

상기 초음파가 집중된 금속전극의 진단위치에서의 전기적 특성 변화를 계측하는 계측모듈; 및

상기 전기적 특성 변화에 따라 발생한 온도 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하는 시각화 모듈을 포함하는 반도체 기관의 건전성 진단 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 분석부는,

상기 진단위치에서의 전기적 특성 변화를 기 정해진 기준값과 비교하여 금속전극의 결함 여부를 판단하고,

상기 진단위치에서의 시각화된 이미지 강도를 입력으로 기 구축된 학습 모델 기반으로 학습하여 상기 결함 위치를 추정한 다음 시각화된 이미지 강도를 학습 모델에 업데이트한 후,

상기 다음 진단위치로 상기 초음파 가진기를 이동시킨 후 다음 진단위치의 금속전극의 결함 여부 및 결함 위치를 도출함에 따라 반도체 기관의 금속전극에 대한 건전성 진단을 순차적으로 반복하여 수행하는 반도체 기관의 건전성 진단 시스템.

청구항 5

제1항의 반도체 기관의 건전성 진단 시스템에서 수행되는 반도체 기관의 건전성 진단 방법에 있어서,

TSV 기반의 반도체 기관의 건전성 진단 시스템이 포함되는 적어도 하나의 프로세서가

생성된 초음파를 음향 에너지로 변환하여 TSV 기반으로 패키징된 반도체 기관의 기 정해진 진단위치에 생성된 초음파를 집중 침투시키는 초음파 가진 단계;

상기 반도체 기관의 진단위치에 집중된 초음파에 의거 금속전극의 결함으로 발생한 전기적 특성 변화 및 전기적 특성 변화에 따른 온도 특성 변화를 계측하는 처리 단계;

상기 전기적 특성 변화 및 온도 특성 변화를 분석하여 상기 반도체 기관 내부의 금속전극의 결함 여부 및 결함 위치를 판단한 후 판단 결과를 저장하고, 상기 초음파 가진기를 다음 진단위치로 이동하는 분석 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 기관의 건전성 진단 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 처리 단계는,

상기 초음파 가진기에서 생성된 초음파를 음향 에너지로 변환하고 변환된 음향 에너지의 초음파를 반도체 기관의 진단위치에 집중하여 침투시키는 단계;

상기 음향 에너지의 초음파가 집중된 반도체 기관의 금속전극의 진단위치에서의 전기적 특성 변화를 계측하는 단계; 및

상기 금속전극의 전기적 특성 변화에 의거하여 상승된 온도 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 기관의 건전성 진단 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 분석 단계는,

상기 전기적 특성 변화와 기 정해진 기준값의 비교를 통해 결함 여부를 판단하는 단계;

상기 결함 위치에서의 시각화된 이미지 강도를 입력으로 기 구축된 학습 모델 기반으로 학습하여 상기 진단 위치의 금속전극의 결함 여부 및 결함 위치를 판단한 다음 시각화된 이미지를 학습 모델에 업데이트하는 단계; 및

상기 다음 진단위치로 초음파 가진기를 이동시켜 금속전극의 건전성 진단을 순차적으로 반복하여 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 기관의 건전성 진단 방법.

청구항 8

제5항 내지 제7항 중 어느 한 항의 반도체 기관의 건전성 진단 방법을 컴퓨터에 실행시키기 위한 프로그램이 기록된 것을 특징으로 하는 컴퓨터에서 판독가능한 기록매체.

청구항 9

컴퓨터와 결합되어 반도체 기관의 건전성 진단 방법을 컴퓨터에 실행시키기 위해 컴퓨터에서 판독가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 있어서,

상기 반도체 기관의 건전성 진단 방법은,

TSV 기반의 반도체 기관의 건전성 진단 시스템이 포함되는 적어도 하나의 프로세서가

TSV 기반으로 패키징된 반도체 기관의 기 정해진 진단위치에 생성된 초음파를 집중 침투시키는 초음파 가진 단계;

상기 반도체 기관의 진단위치에 집중된 초음파에 의거 금속전극의 결함으로 발생된 전기적 특성 변화 및 전기적 특성 변화에 따른 온도 특성 변화를 수신하는 처리 단계;

상기 전기적 특성 변화 및 온도 특성 변화를 분석하여 상기 반도체 기관 내부의 금속전극의 결함 여부 및 결함 위치를 판단한 후 판단 결과를 저장하고, 상기 초음파 가진기를 다음 진단위치로 이동하는 분석 단계를 포함하는 반도체 기관의 건전성 진단 시스템의 운영 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 반도체 회로의 금속 전극의 건전성 진단 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 음향 에너지의 초음파가 기 정해진 진단위치의 TSV 기반의 반도체 내부로 침투되어 TSV 기반으로 패키징된 반도체 기관의 금속전극에 집중될 때 금속전극의 결함으로 발생된 금속전극의 전기적 특성변화와 전기적 특성변화에 의거한 온

도 특성 변화를 토대로 금속전극의 건전성 진단을 비파괴 기법으로 수행할 수 있도록 한 기술에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적인 반도체의 회로 구조는 고도화되는 반도체 기술 발전에 따라 미세화되어 왔다. 하지만, 반도체 전공정 단계에서의 미세화 기술의 한계는 반도체 성능의 지속적 성장에 걸림돌이 되고 있다.
- [0003] 최근 각광받고 있는 3차원 반도체 패키징 기술에 있어 중요한 기술 중 하나인 실리콘 관통전극 (Through Silicon Via, TSV)은 칩 구조를 관통해서 여러 장의 칩을 전기적으로 연결하는 패키징 기술이다.
- [0004] 이러한 TSV 기반의 반도체 패키징 기술은 와이어 연결 방식과 달리 추가적 공간 손실이 없고, 칩 간의 상호접속 길이를 최소화할 수 있기에 소형화, 고용량, 저전력, 고집적도 방식 장치 개발에 유리한 패키징 기술이다.
- [0005] 그러나, TSV 기반으로 반도체 기관 간의 전기적인 연결은 전도성 재료의 금속전극의 미세 증착, 접합 등의 공정을 통해 구현되는데, 이러한 반도체 패키징 공정의 미세공정 단계에서 금속전극의 결함(미성형, 공극 생성, 크랙 등)이 발생될 수 있고, 이러한 금속전극의 결함은 제조 후 및 사용 간에 문제가 될 수 있다.
- [0006] 이에 TSV 기반의 반도체 패키징 기술의 금속전극에 대한 건전성 진단은 매우 중요하다 하지만 TSV의 금속전극은 폴리머 몰딩에 파묻혀 있기에 반도체의 외부에서 직접적인 상태 진단이 불가능하다. 또한, 금속전극은 수십 마이크로 이하의 미세 전극이므로, 금속전극의 상태에 대한 선택적 진단은 어렵다.
- [0007] 한편, 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-0711937호(등록일: (2007.04.20.))

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, TSV 기반으로 패키징된 반도체 기관의 금속전극의 구조적 기능적 건전성을 비파괴적, 금속재료 선택적 방식으로 진단함에 따라, 고품질의 반도체 기관을 제작할 수 있는 TSV 기반의 반도체의 건전성 진단 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다.
- [0010] 또한 본 발명의 이루고자 하는 기술적 과제는, 미세 크기의 실리콘 관통전극(TSV) 기술로 패키징된 반도체 기관의 출하 전에 금속전극의 건전성을 검증함에 따라, 반도체 품질에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있는 TSV 기반의 반도체의 건전성 진단 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다.
- [0011] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 실시 양태에 의거, 일 실시 예에 따른 TSV 기반의 반도체의 건전성 진단 시스템은,
- [0013] 기 정해진 진단 주파수의 초음파를 생성하여 초음파를 반도체 기관의 설정된 진단 위치에 집중시키는 초음파 가진기;
- [0014] 상기 반도체 기관의 진단 위치에 집중된 초음파에 의거 금속전극의 결함으로 발생된 전기적 특성 변화 및 전기적 특성 변화에 의거한 온도 특성 변화를 측정하는 처리부; 및
- [0015] 상기 전기적 특성 변화 및 온도 특성 변화를 분석하여 상기 반도체 기관 내부의 금속전극의 결함 여부 및 결함 위치를 판단한 후 판단 결과를 저장하고, 상기 초음파 가진기를 다음 진단위치로 이동하는 분석부를 포함하는

것을 특징으로 한다.

- [0016] 바람직하게 상기 초음파 가진기는,
- [0017] 이동 가능하도록 구비되고,
- [0018] 상기 금속전극의 재료에 의거 정해진 진단 주파수의 전기신호를 생성하고 생성된 전기신호를 음향 에너지의 초음파로 변환한 다음 변환된 초음파를 기 설정된 TSV 기반으로 패키징된 반도체 소자의 진단 위치에 집중하도록 구비될 수 있다.
- [0019] 바람직하게 상기 처리부는,
- [0020] 상기 초음파가 집중된 금속전극의 진단위치에서의 전기적 특성 변화를 예측하는 예측모듈; 및
- [0021] 상기 전기적 특성 변화에 따라 발생된 온도 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하는 시각화 모듈을 포함할 수 있다.
- [0022] 바람직하게 상기 분석부는,
- [0023] 상기 진단위치에서의 전기적 특성 변화를 기 정해진 기준값과 비교하여 금속전극의 결함 여부를 판단하고,
- [0024] 상기 진단위치에서의 시각화된 이미지 강도를 입력으로 기 구축된 학습 모델 기반으로 학습하여 상기 결함 위치를 추정한 다음 시각화된 이미지 강도를 학습 모델에 업데이트한 후,
- [0025] 상기 다음 진단위치로 상기 초음파 가진기를 이동시킨 후 다음 진단위치의 금속전극의 결함 여부 및 결함 위치를 도출함에 따라 반도체 기관의 금속전극에 대한 건전성 진단을 순차적으로 반복하여 수행하도록 구비될 수 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 실시 양태에 의거한 TSV 기반의 반도체의 건전성 진단 방법은,
- [0027] TSV 기반의 반도체 기관의 건전성 진단 시스템이 포함되는 적어도 하나의 프로세서가
- [0028] 생성된 초음파를 음향 에너지로 변환하여 TSV 기반으로 패키징된 반도체 기관의 기 정해진 진단위치에 생성된 초음파를 집중시키는 초음파 가진 단계;
- [0029] 상기 반도체 기관의 진단위치에 집중된 초음파와 반사된 초음파로 금속전극의 결함으로 발생된 전기적 특성 변화 및 전기적 특성 변화에 따른 온도 특성 변화를 예측하는 처리 단계;
- [0030] 상기 전기적 특성 변화 및 온도 특성 변화를 분석하여 상기 반도체 기관 내부의 금속전극의 결함 여부 및 결함 위치를 판단한 후 판단 결과를 저장하고, 상기 초음파 가진기를 다음 진단위치로 이동하는 분석 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 바람직하게 상기 초음파 가진 단계는,
- [0032] 상기 초음파 가진기에서 생성된 초음파를 음향 에너지로 변환하고 변환된 음향 에너지를 반도체 기관의 진단위치에 집중하여 침투시키는 단계를 포함하고,
- [0033] 상기 처리 단계는,
- [0034] 상기 음향 에너지의 초음파가 집중된 반도체 기관의 금속전극의 진단위치에서 반사된 초음파로 금속전극의 전기적 특성 변화를 예측하는 단계; 및
- [0035] 상기 금속전극의 전기적 특성 변화에 의거하여 상승된 온도 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0036] 바람직하게 상기 분석 단계는,
- [0037] 상기 전기적 특성 변화와 기 정해진 기준값의 비교를 통해 결함 여부를 판단하는 단계;
- [0038] 상기 결함 위치에서의 시각화된 이미지 강도를 입력으로 기 구축된 학습 모델 기반으로 학습하여 상기 진단 위치의 금속전극의 결함 여부 및 결함 위치를 판단한 다음 시각화된 이미지를 학습 모델에 업데이트하는 단계; 및
- [0039] 상기 다음 진단위치로 초음파 가진기를 이동시켜 금속전극의 건전성 진단을 순차적으로 반복하여 수행하는 단계를 포함하도록 구비될 수 있다.

발명의 효과

- [0040] 이러한 특징에 따르면, TSV의 금속전극의 구조적 기능적 건전성을 비파괴적, 금속재료 선택적 방식으로 진단함에 따라, 반도체 완제품의 구조 또는 기능의 손상없이 금속전극 내부의 상태를 진단할 수 있고 이에 고품질의 반도체를 제작할 수 있다.
- [0041] 또한 일 실시예에 의거하면, 미세 크기의 실리콘 관통전극(TSV) 기술로 패키징된 반도체 완제품에 대해 금속전극의 건전성의 검증함에 따라, 금속전극의 결함 위치를 특정할 수 있으며 출하 전 모든 반도체 기관에 대한 전수 진단이 수행됨에 따라 반도체 완제품 품질에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0042] 또한, 기존의 금속전극 건전성 진단에 비교하여 시간적 비용적 측면에 이점이 있다.
- [0043] 또한, 본 발명은 프로그램 또는 스마트폰의 애플리케이션으로 구현될 수 있다. 따라서 프로그램 또는 애플리케이션과 연동될 수 있는 디바이스라면 해당 디바이스에 제한없이 다양한 장치에 적용 가능하여 적용될 수 있는 범위가 넓다.

도면의 간단한 설명

- [0044] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.
- 도 1은 일 실시예에 따른 반도체 기관의 건전성 진단 시스템의 전체 구성도이다.
- 도 2는 도 1의 초음파 가진기의 예시도들이다.
- 도 3은 도 1의 처리부의 세부 구성도이다.
- 도 4는 도 1의 온도 및 열 특성 변화를 시각화한 이미지 강도의 예시도이다.
- 도 5는 도 1의 건전성 진단 시스템의 처리 과정을 보인 전체 흐름도이다.
- 도 6은 도 1의 시스템에서 진단 위치 이동 각각의 이미지를 보인 예시도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0045] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0046] 이하에서의 실시예는 TSV 기반으로 패키징된 반도체 기관의 설정된 진단 위치에 금속전극의 재료로 정해진 진단 주파수의 초음파를 음향 에너지 형태로 집중한 후 집중된 초음파에 의거 금속전극의 결함(예를 들어, 크랙, 공극 불순물 등)으로 발생한 전기적 특성변화와 전기적 특성 변화에 따른 온도 특성변화를 토대로 설정된 진단위치에서의 금속전극의 결함 여부 및 결함 위치를 도출함에 따라 반도체 기관의 금속전극에 대한 건전성을 진단하는 구성에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0047] 도 1은 일 실시예에 따른 TSV 기반의 반도체 기관의 건전성 진단 시스템을 보인 도이고, 도 2는 도 1의 초음파 가진기의 예시도들이며, 도 3은 도 1의 처리부의 세부 구성도이고, 도 4는 도 1의 처리부의 시각화 모듈의 이미지 강도를 보인 예시도이다. 도 1 내지 도 4를 참조하면, 일 실시예에 따른 TSV 기반의 반도체 기관의 건전성 진단 시스템은 초음파 가진기(1), 반도체 기관(3), 처리부(5), 및 분석부(7)의 구성을 갖는다.
- [0048] 여기서 초음파 가진기(1)는 금속전극의 재료로 정해진 진단 주파수의 전기신호를 생성하고 생성된 전기신호를 음향 에너지의 초음파로 변환하여 변환된 초음파를 반도체 기관(3)의 진단위치로 방사할 수 있다. 일례로 도 2의 (a)를 참조하면 초음파 가진기(1)는 전기신호를 받아 진동하여 음향 에너지로 변환된 초음파를 방사하고, 금속전극으로부터 반사되어 되돌아오는 초음파를 감지하는 압전 변환기(piezoelectric transducer)로 구비될 수 있다. 압전 변환기는 진단 주파수의 전기신호를 받아 압전체(11)를 진동하여 초음파를 방사한다. 이때 압전 변환기는 압전체(11)체의 전단에 설치되는 매칭층(12)을 더 포함하고 매칭층(12)은 압전체(11)의 매질과 반도체

기반(3)의 매질 간의 임피던스를 매칭시킴에 따라, 음향 에너지의 초음파가 진단위치로 정확하게 집중 침투될 수 있다.

- [0049] 다른 예로, 도 2의 (b)를 참조하면, 초음파 가진기(1)는 광섬유 간섭계를 활용하여 초음파 변위 감지를 수행하는 광섬유 변환기로 구비될 수 있고, 광섬유 변환기는, 기 정해진 펄스 형태의 전기적 신호를 생성된 레이저를 광섬유(11a)에 입력한 다음 레이저를 광섬유(11a)의 종단으로 유도하고 광섬유(11a)의 종단까지 유도된 레이저를 광 음향변환기(12a)에 의거 음향 에너지 형태로 변환하여 음향 에너지의 초음파를 방사할 수 있다.
- [0050] 그리고, 초음파는 TSV 기반으로 패키징된 반도체 기판(3)의 설정된 진단 위치로 집중되고, 초음파가 집중된 진단 위치의 금속전극(31)의 전기적 특성을 처리부(5)에 의거 계측된다.
- [0051] 처리부(5)는 도 3을 참조하면, 초음파가 집중된 진단 위치의 금속전극(31)의 전류를 계측하고, 전기적 특성 변화에 따라 변동되는 온도 특성 변화를 계측하는 구성을 갖추며, 이에 처리부(5)는 계측 모듈(51) 및 시각화 모듈(53)을 포함할 수 있다.
- [0052] 이때 금속전극(31)의 저항 특성은 온도 함수로 정의되며, 집중 조사된 음향 에너지의 초음파에 의거한 금속전극의 온도 상승으로 금속전극(31)의 전기적 특성인 저항이 도출될 수 있다.
- [0053] 이에 계측 모듈(51)은 금속전극(31)의 전류를 계측한 다음 증폭하고 증폭된 금속전극(31)의 전류는 분석부(7)로 전달된다. 이에 분석부(7)는 금속전극(31)의 전류와 기 정해진 기준값을 비교하여 해당 진단위치의 금속전극(31)의 결함을 판단할 수 있다. 본 명세서 상에서 기준값은 구체적으로 명시하지 아니하였으나 이는 당업자 수준에서 이해되어야 할 것이다.
- [0054] 그리고, 시각화 모듈(53)은 금속전극(31)의 온도 특성 변화를 이미지 강도로 시각화한다. 일 예로 도 4를 참조하면, 금속전극의 상승되는 온도는 이미지 강도로 시각화되어 금속전극(31)의 색온도로 나타낼 수 있다.
- [0055] 이에 분석부(7)는 시각화된 이미지 강도를 입력하여 학습모델 기반으로 학습하여 결함 위치를 추정할 수 있다. 본 명세서 상에서 학습모델 기반으로 입력된 이미지 강도에 대한 결함 위치를 출력하는 일련의 과정에 대해 구체적으로 명시하지 아니하였으나, 이는 당업자 수준에서 이해되어야 할 것이다.
- [0056] 이에 일 실시예는 TSV의 금속전극의 구조적 기능적 건전성을 비파괴적, 금속재료 선택적 방식으로 진단함에 따라, 반도체 완제품의 구조 또는 기능의 손상없이 금속전극 내부의 상태를 진단할 수 있고 이에 고품질의 반도체를 제작할 수 있다.
- [0057] 또한, 일 실시예는 미세 크기의 실리콘 관통전극(TSV) 기술로 패키징된 반도체 완제품에 대해 금속전극의 건전성의 검증함에 따라, 금속전극의 결함 위치를 특정할 수 있으며 출하 전 모든 반도체 기판에 대한 전수 진단이 수행됨에 따라 반도체 완제품 품질에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다
- [0058] 한편 도 5는 도 1의 반도체 기판의 건전성 진단 과정을 보인 흐름도이고, 도 6은 도 5의 진단위치 이동에 따른 시각화된 이미지 강도를 보인 예시도들로서, 도 1 내지 도 5를 참조하여 본 발명의 다른 실시예 따른 TSV 기반의 반도체의 건전성 진단 과정을 설명한다.
- [0059] 우선 단계(S11 내지 S13)에 의거, 일 실시예의 초음파 가진기(1)는 금속전극의 재료로 정해진 진단 주파수의 전기신호를 생성하고 생성된 전기신호를 음향 에너지의 초음파로 변환하여 변환된 초음파를 반도체 기판(3)의 기 정해진 진단위치로 방사한다.
- [0060] 그리고 단계(S14)에 의거, 일 실시예의 처리부(5)는 집중 조사된 진단위치의 금속전극(31)의 전류를 계측한 다음 증폭하고 증폭된 금속전극(31)의 전류를 분석부(7)로 전달한다. 이때 금속전극(31)에서 도출된 전류로 저항을 도출할 수 있으며, 도출된 저항은 온도 함수로 정의될 수 있다.
- [0061] 이에 단계(S15)에 의거, 일 실시예의 처리부(5)는 집중 조사된 음향 에너지에 의거 금속전극(31)의 진단위치에서 발생한 온도 특성 변화량을 시각화하여 이미지 강도를 도출하고, 도출된 이미지 강도는 분석부(7)로 공급된다.
- [0062] 일 실시예의 분석부(7)는 수신된 전류와 기 저장된 기준값과의 비교를 통해 진단위치의 금속전극(31)의 결함 여부를 도출할 수 있고, 수신된 이미지 강도 및 기 구축된 학습모델 기반으로 학습하여 진단위치의 금속전극(31)의 결함위치를 도출할 수 있다(단계 S16 및 S17)
- [0063] 또한 일 실시예의 분석부(7)는 상기 진단위치가 마지막 진단위치인 지를 판단하고(단계 S18) 판단 결과 마지막

진단위치가 아닌 경우 다음 진단 위치로 초음파 가진기(1)를 이동한 후(단계 S19) 단계(S11)로 진행하여 다음 진단위치의 금속전극(31)의 결합 여부 및 결합 위치를 도출한다.

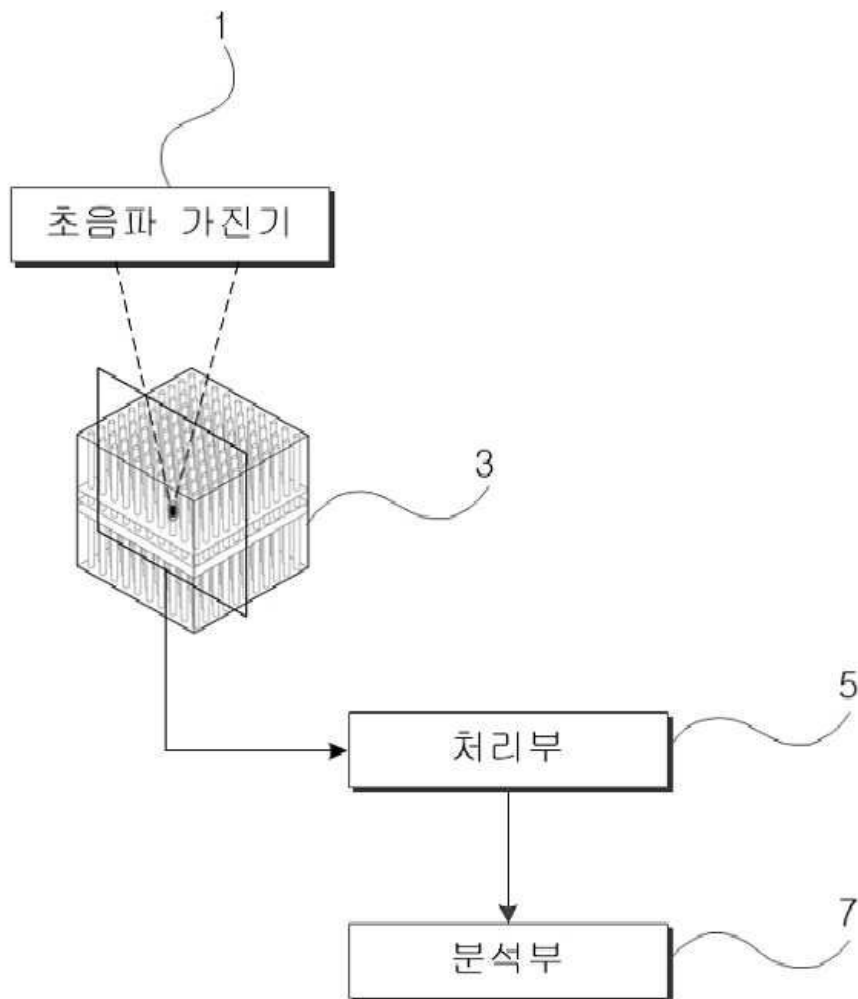
- [0064] 이때 초음파 가진기(1)를 복수개 병렬로 채용함에 따라 다수의 반도체 기관의 다수 지점의 결합 등을 진단할 수 있으므로, 초음파 가진기(1)의 이동을 최소화할 수 있다.
- [0065] 도 6을 참조하면, 초음파 가진기(1)의 이동에 따른 각 진단위치에서 금속전극의 이미지 강도를 확인할 수 있다.
- [0066] 이에 일 실시예는, TSV의 금속전극의 구조적 기능적 건전성을 비파괴적, 금속재료 선택적 방식으로 진단함에 따라, 반도체 완제품의 구조 또는 기능의 손상없이 금속전극 내부의 상태를 진단할 수 있고 이에 고품질의 반도체를 제작할 수 있고, 미세 크기의 실리콘 관통전극(TSV) 기술로 패키징된 반도체 완제품에 대해 금속전극의 건전성의 검증함에 따라, 금속전극의 결합 위치를 특정할 수 있으며 출하 전 모든 반도체 기관에 대한 전수 진단이 수행됨에 따라 반도체 완제품 품질에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0067] 이해의 편의를 위하여, 프로세서는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 프로세서는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0068] 여기서, 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction) 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다.
- [0069] 소프트웨어 및/또는 정보, 신호 및 데이터는, 제어부에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다.
- [0070] 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0071] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.
- [0072] 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다.
- [0073] 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [0074] 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0075] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0076] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

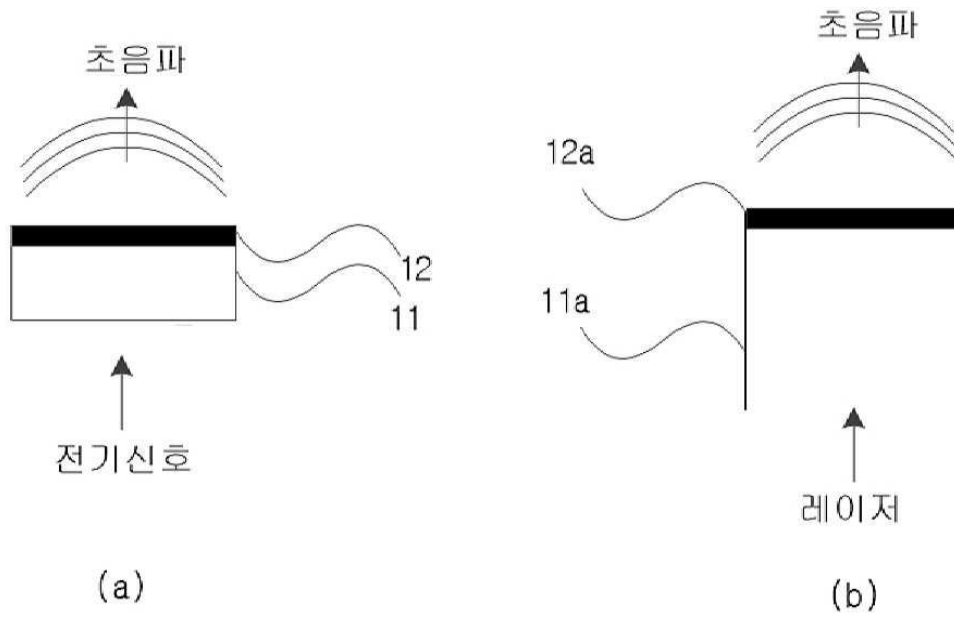
- [0077]
- 1 : 초음파 가진기
 - 3 : 반도체 소자
 - 5 : 처리부
 - 51 : 계측모듈
 - 53 : 시각화 모듈
 - 7 : 분석부

도면

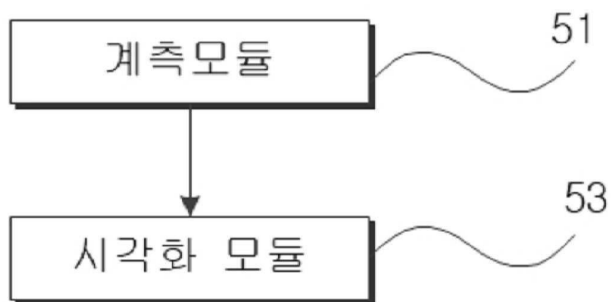
도면1



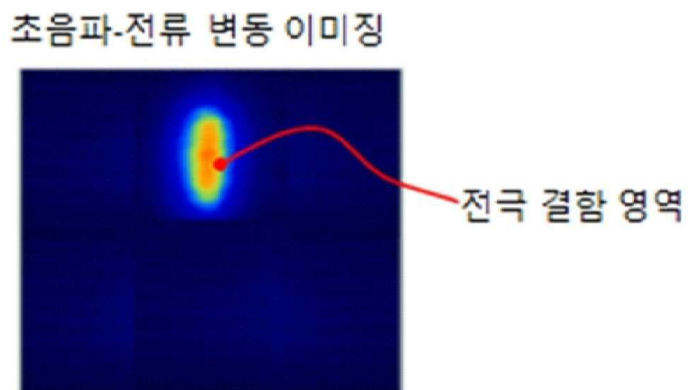
도면2



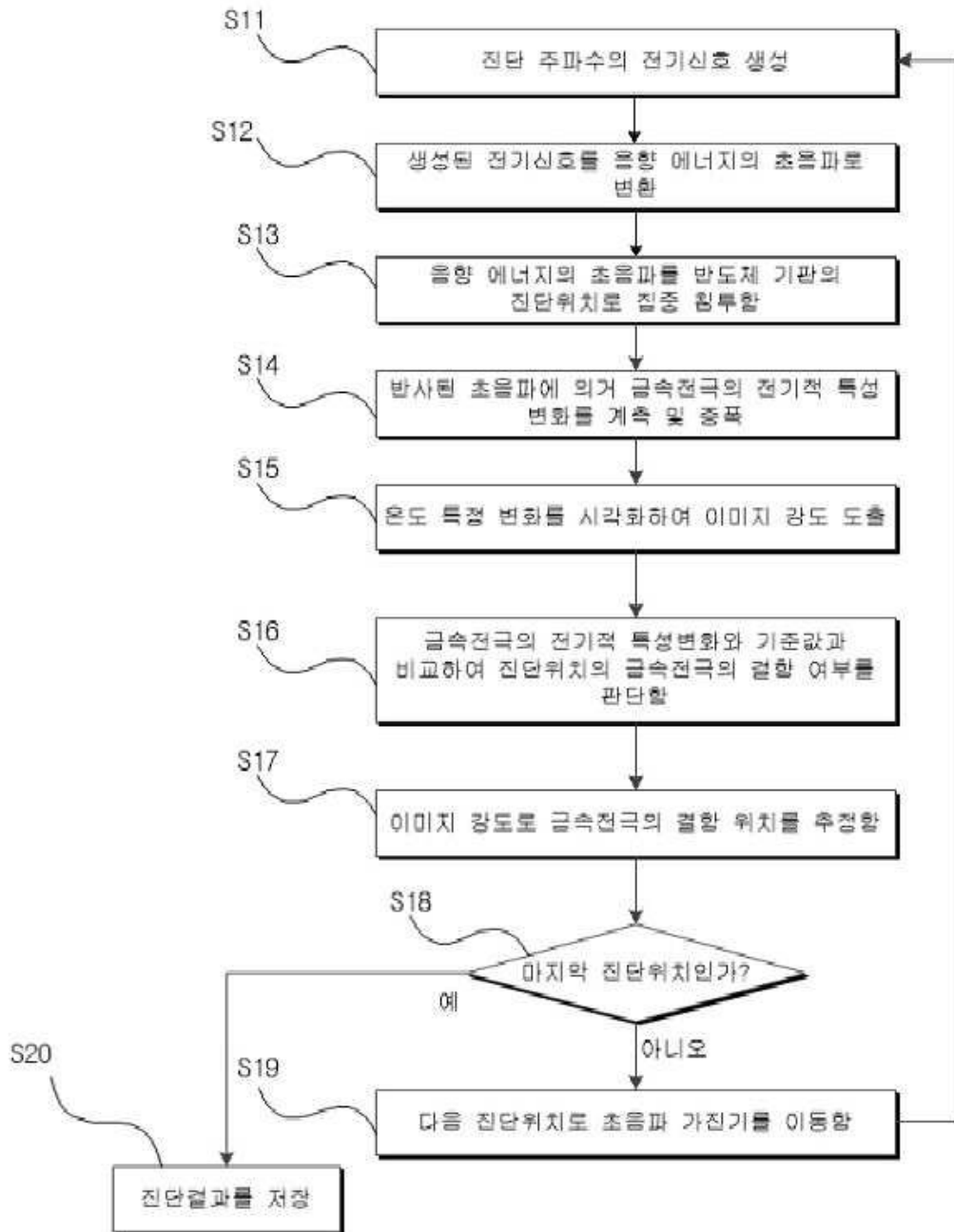
도면3



도면4



도면5



도면6

