(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월26일
(11) 등록번호 10-2812585
(24) 등록일자 2025년05월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H01L 21/66* (2006.01) *G01R 31/28* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*H01L 22/20* (2013.01)
*G01R 31/2856* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7031120
(22) 출원일자(국제) 2022년02월08일
심사청구일자 2024년09월20일
(85) 번역문제출일자 2023년09월12일
(65) 공개번호 10-2023-0145420
(43) 공개일자 2023년10월17일
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/015561
(87) 국제공개번호 WO 2022/173712
국제공개일자 2022년08월18일
(30) 우선권주장
63/149,367 2021년02월15일 미국(US)
17/212,877 2021년03월25일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
비특허문헌1
비특허문헌2
WO2017171863 A1
KR1020200123857 A

(73) 특허권자
**케이엘에이 코포레이션**
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크놀로지 드라이브
(72) 발명자
**래서트 로버트 제이.**
미국 23111 버지니아 메카닉스빌 파문키 리버 팜스 드라이브 9156
**프라이스 데이비드 더블유.**
미국 78737 텍사스 오스틴 에코 블러프 14311
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**김태홍, 허곤욱, 김진희**

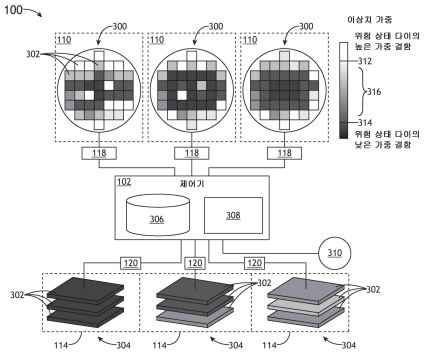
전체 청구항 수 : 총 35 항 심사관 : 조지은

(54) 발명의 명칭 **반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템 및 방법**

## (57) 요 약

반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템 및 방법은 복수의 인라인 부품 평균 테스트(I-PAT) 점수 임계값에 대한 복수의 반도체 다이 각각의 I-PAT 점수의 비교에 기초하여 양품 보증 다이(KGD) 서브시스템으로 복수의 반도체 다이를 분류하도록 구성되며, 반도체 다이 데이터는 복수의 반도체 다이 각각에 대한 I-PAT 점수를 포함하고, I-PAT 점수는 대응하는 반도체 다이의 가중 결함을 나타낸다. 반도체 다이는 분류하기 전에 위험 상태 반도체 다이를 제거하기 위해 필터링될 수 있다. 반도체 다이 데이터는 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템으로부터 수신될 수 있다. KGD 서브시스템은 분류된 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 신뢰성 데이터를 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템에 전송할 수 있다.

## 대 표 도



(52) CPC특허분류
*G01R 31/287* (2013.01)
*G01R 31/2894* (2013.01)
*G01R 31/2896* (2013.01)
(72) 발명자
**레녹스 체트 브이.**
미국 78947 텍사스 렉싱턴 웨스트 팜-투-마켓 로드 4189
**돈젤라 오레스테**
미국 94588 캘리포니아 산 라몬 발모랄 웨이 7319

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템에 있어서,

제어기

를 포함하며, 상기 제어기는 하나 이상의 프로세서 및 메모리를 포함하고, 상기 메모리는 프로그램 명령어 세트를 저장하도록 구성되고, 상기 하나 이상의 프로세서는 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템으로부터 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 데이터를 수신하고 - 상기 반도체 다이 데이터는 상기 복수의 반도체 다이 각각에 대한 인라인 부품 평균 테스트(Inline Part Average Testing; I-PAT) 점수를 포함하고, 상기 I-PAT 점수는 대응하는 반도체 다이의 가중 결함(weighted defectivity)을 나타냄 -;

양품 보증 다이(Known Good Die; KGD) 서브시스템으로 상기 복수의 반도체 다이의 고위험 서브세트를 필터링하고 - 상기 복수의 반도체 다이의 고위험 서브세트는 복수의 I-PAT 점수 임계값 중 고위험 I-PAT 점수 임계값 이상의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 하나 이상의 반도체 다이 불합격품(reject)을 포함함 -;

상기 복수의 I-PAT 점수 임계값에 대한 상기 복수의 반도체 다이 각각의 I-PAT 점수의 비교에 기초하여 상기 KGD 서브시스템으로 상기 복수의 반도체 다이를 분류하며;

상기 분류된 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 신뢰성 데이터를 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템에 전송하게 하는 - 상기 반도체 다이 신뢰성 데이터는 상기 복수의 I-PAT 점수 임계값에 대한 상기 복수의 반도체 다이 각각의 I-PAT 점수의 비교에 기초하여 상기 KGD 서브시스템에 의해 생성됨 -

프로그램 명령어를 실행하도록 구성되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 고위험 I-PAT 점수 임계값 이상의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 상기 하나 이상의 반도체 다이 불합격품을 포함하는 상기 반도체 다이의 서브세트는 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 2개로부터 수신된 반도체 다이 데이터에 기초하여 불합격되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 복수의 I-PAT 점수 임계값은 상기 고위험 I-PAT 점수 임계값 미만의 저위험 I-PAT 점수 임계값을 포함하고,

상기 하나 이상의 프로세서는 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 상기 복수의 반도체 다이의 저위험 서브세트를 분류하게 하는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성되고, 상기 복수의 반도체 다이의 저위험 서브세트는 상기 저위험 I-PAT 점수 임계값 이하의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 반도체 다이를 포함하는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 저위험 I-PAT 점수 임계값 이하의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 저위험 서브세트는 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 2개로부터 수신된 반도체 다이 데이터에 기초하여 분류되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

### 청구항 5

제3항에 있어서, 상기 저위험 I-PAT 점수 임계값 이하의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 저위험 서브세트는 십억분율(parts-per-billion; PPB) 범위의 불량률로 동작하는 자동차,

군사, 항공 또는 의료 산업 중 적어도 하나에서 시장 세분화를 위해 제조된 하나 이상의 반도체 다이 패키지에 사용 가능한 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 6**

제3항에 있어서, 상기 복수의 I-PAT 점수 임계값은 상기 고위험 I-PAT 점수 임계값과 상기 저위험 I-PAT 점수 임계값 사이에 적어도 하나의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값을 포함하는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 적어도 하나의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값에 기초하여 상기 복수의 반도체 다이를 분류하는 것은 신뢰성 위험 프로파일에 기초하여 상기 복수의 반도체 다이를 상기 복수의 반도체 다이의 서브세트로 비닝하는 것을 포함하고, 상기 복수의 반도체 다이의 서브세트의 상기 신뢰성 위험 프로파일은 상기 적어도 하나의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값에 대응하는 I-PAT 점수를 포함하는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 8**

제7항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이의 서브세트의 상기 신뢰성 위험 프로파일은 상기 복수의 반도체 다이의 서브세트 내의 대응하는 반도체 다이에 대한 전기 테스트 데이터, 스트레스 테스트 데이터, 및 내장된 전자 칩 식별(Electronic Chip Identification; ECID)을 포함한 물리적 또는 전기적 식별자 중, 적어도 하나를 더 포함하는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 9**

제6항에 있어서, 상기 적어도 하나의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값에 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 중간 위험 서브세트는 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 2개로부터 수신된 반도체 다이 데이터에 기초하여 분류되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 10**

제6항에 있어서, 상기 적어도 하나의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값에 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 분류된 중간 위험 서브세트는 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 중 적어도 2개에 반도체 다이 신뢰성 데이터로서 전송되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 중간 위험 서브세트의 제1 비닝된 부분은 제1 가격 요구 사항을 갖는 제1 시장 세분화를 위해 상기 복수의 반도체 다이 패키지 중 제1 반도체 다이 포장업체에 의해 제조된 하나 이상의 반도체 다이 패키지에서 사용 가능하고,

반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 중간 위험 서브세트의 제2 비닝된 부분은 제2 가격 요구 사항을 갖는 제2 시장 세분화를 위해 상기 복수의 반도체 다이 패키지 중 제2 반도체 다이 포장업체에 의해 제조된 하나 이상의 반도체 다이 패키지에서 사용 가능한 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 일부는 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷을 사용하고, 상기 제어기는 표준화 데이터 포맷을 사용하고,

상기 하나 이상의 프로세서는 또한, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 상기 반도체 다이 데이터를 수신한 후에 상기 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷으로부터 상기 표준화 데이터 포맷으로 변환하게 하는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 13**

제1항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템 중 적어도 일부는 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷을 사용하고, 상기 제어기는 표준화 데이터 포맷을 사용하고,

상기 하나 이상의 프로세서는 또한, 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금 상기 반도체 다이 신뢰성 데이터를 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템 중 적어도 일부에 전송하기 전에 상기 표준화 데이터 포맷으로부터 상기 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷으로 변환하게 하는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 14**

반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법에 있어서,

제어기를 통해, 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템으로부터 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 데이터를 수신하는 단계 - 상기 반도체 다이 데이터는 상기 복수의 반도체 다이 각각에 대한 인라인 부품 평균 테스트(I-PAT) 점수를 포함하고, 상기 I-PAT 점수는 대응하는 반도체 다이의 가중 결함을 나타냄 -;

상기 제어기를 통해, 양품 보증 다이(KGD) 서브시스템으로 상기 복수의 반도체 다이의 고위험 서브세트를 필터링하는 단계 - 상기 복수의 반도체 다이의 고위험 서브세트는 복수의 I-PAT 점수 임계값 중 고위험 I-PAT 점수 임계값 이상의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 하나 이상의 반도체 다이 불합격품을 포함함 -;

상기 제어기를 통해, 상기 복수의 I-PAT 점수 임계값에 대한 상기 복수의 반도체 다이 각각의 I-PAT 점수의 비교에 기초하여 상기 KGD 서브시스템으로 상기 복수의 반도체 다이를 분류하는 단계; 및

상기 제어기를 통해, 상기 분류된 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 신뢰성 데이터를 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템에 전송하는 단계 - 상기 반도체 다이 신뢰성 데이터는 상기 복수의 I-PAT 점수 임계값에 대한 상기 복수의 반도체 다이 각각의 I-PAT 점수의 비교에 기초하여 상기 KGD 서브시스템에 의해 생성됨 -

를 포함하는 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 상기 고위험 I-PAT 점수 임계값 이상의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 상기 하나 이상의 반도체 다이 불합격품을 포함하는 상기 반도체 다이의 서브세트는 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 2개로부터 수신된 반도체 다이 데이터에 기초하여 불합격되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 16**

제14항에 있어서, 상기 복수의 I-PAT 점수 임계값은 상기 고위험 I-PAT 점수 임계값 미만의 저위험 I-PAT 점수 임계값을 포함하고, 상기 방법은,

상기 제어기를 통해, 상기 복수의 반도체 다이의 저위험 서브세트를 분류하는 단계

를 더 포함하고, 상기 복수의 반도체 다이의 저위험 서브세트는 상기 저위험 I-PAT 점수 임계값 이하의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 반도체 다이를 포함하는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서, 상기 저위험 I-PAT 점수 임계값 이하의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 저위험 서브세트는 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 2개로부터 수신된 반도체 다이 데이터에 기초하여 분류되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 18**

제16항에 있어서, 상기 저위험 I-PAT 점수 임계값 이하의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 저위험 서브세트는 십억분율(PPB) 범위의 불량률로 동작하는 자동차 또는 항공 산업에서 시장 세분화를 위해 제조된 하나 이상의 반도체 다이 패키지에 사용 가능한 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 19**

제16항에 있어서, 상기 복수의 I-PAT 점수 임계값은 상기 고위험 I-PAT 점수 임계값과 상기 저위험 I-PAT 점수 임계값 사이에 적어도 하나의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값을 포함하는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 20**

제19항에 있어서, 상기 적어도 하나의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값에 기초하여 상기 복수의 반도체 다이를 분류하는 단계는 신뢰성 위험 프로파일에 기초하여 상기 복수의 반도체 다이를 상기 복수의 반도체 다이의 서브세트로 비닝하는 단계를 포함하고, 상기 복수의 반도체 다이의 서브세트의 상기 신뢰성 위험 프로파일은 상기 적어도 하나의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값에 대응하는 I-PAT 점수를 포함하는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 21**

제20항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이의 서브세트의 상기 신뢰성 위험 프로파일은 상기 복수의 반도체 다이의 서브세트 내의 대응하는 반도체 다이에 대한 전기 테스트 데이터, 스트레스 테스트 데이터, 및 내장된 전자 칩 식별(ECID)을 포함한 물리적 또는 전기적 식별자 중, 적어도 하나를 더 포함하는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 22**

제19항에 있어서, 상기 적어도 하나의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값에 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 중간 위험 서브세트는 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 2개로부터 수신된 반도체 다이 데이터에 기초하여 분류되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 23**

제19항에 있어서, 상기 적어도 하나의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값에 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 분류된 중간 위험 서브세트는 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 중 적어도 2개에 반도체 다이 신뢰성 데이터로서 전송되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 24**

제23항에 있어서,

반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 중간 위험 서브세트의 제1 비닝된 부분은 제1 가격 요구 사항을 갖는 제1 시장 세분화를 위해 상기 복수의 반도체 다이 패키지 중 제1 반도체 다이 포장업체에 의해 제조된 하나 이상의 반도체 다이 패키지에서 사용 가능하고,

반도체 다이를 포함하는 상기 반도체 다이의 중간 위험 서브세트의 제2 비닝된 부분은 제2 가격 요구 사항을 갖는 제2 시장 세분화를 위해 상기 복수의 반도체 다이 패키지 중 제2 반도체 다이 포장업체에 의해 제조된 하나 이상의 반도체 다이 패키지에서 사용 가능한 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 25**

제14항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 일부는 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷을 사용하고, 상기 제어기는 표준화 데이터 포맷을 사용하는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 26**

제25항에 있어서,

상기 제어기를 통해, 상기 반도체 다이 데이터를 수신한 후에 상기 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷으로부터 상기 표준화 데이터 포맷으로 변환하는 단계

를 더 포함하는 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 27**

제25항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 일부는 상기 제어기에 의해 상기 반도체 다이 데이터를 수신하기 전에 상기 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷으로부터 상기 표준화 데이터 포맷으로 변환하도록 구성되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 28**

제14항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템 중 적어도 일부는 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷을 사용하고, 상기 제어기는 표준화 데이터 포맷을 사용하는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 29**

제28항에 있어서,

상기 제어기를 통해, 상기 반도체 다이 신뢰성 데이터를 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템 중 적어도 일부에 전송하기 전에 상기 표준화 데이터 포맷으로부터 상기 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷으로 변환하는 단계

를 더 포함하는 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 30**

제28항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템 중 적어도 일부는 상기 제어기에 의해 상기 반도체 다이 신뢰성 데이터를 전송한 후에 상기 표준화 데이터 포맷으로부터 상기 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷으로 변환하도록 구성되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 31**

제14항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템은 상기 반도체 다이 신뢰성 데이터에 기초하여 피드 포워드 또는 피드백 루프로 데이터를 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템에 전송하도록 구성되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법.

**청구항 32**

반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템에 있어서,

복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템;

복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템; 및

제어기

를 포함하며, 상기 제어기는 하나 이상의 프로세서 및 메모리를 포함하고, 상기 메모리는 프로그램 명령어 세트를 저장하도록 구성되고, 상기 하나 이상의 프로세서는 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금:

상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템으로부터 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 데이터를 수신하고 - 상기 반도체 다이 데이터는 복수의 반도체 다이 각각에 대한 인라인 부품 평균 테스트(I-PAT) 점수를 포함하고, 상기 I-PAT 점수는 대응하는 반도체 다이의 가중 결함을 나타냄 -;

양품 보증 다이(KGD) 서브시스템으로 상기 복수의 반도체 다이의 고위험 서브세트를 필터링하고 - 상기 복수의 반도체 다이의 고위험 서브세트는 복수의 I-PAT 점수 임계값 중 고위험 I-PAT 점수 임계값 이상의 대응하는 I-PAT 점수를 갖는 하나 이상의 반도체 다이 불합격품을 포함함 -;

상기 복수의 I-PAT 점수 임계값에 대한 상기 복수의 반도체 다이 각각의 I-PAT 점수의 비교에 기초하여 상기 KGD 서브시스템으로 상기 복수의 반도체 다이를 분류하며;

상기 분류된 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 신뢰성 데이터를 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템에 전송하게 하는 - 상기 반도체 다이 신뢰성 데이터는 상기 복수의 I-PAT 점수 임계값에 대한 상기 복수의 반도체 다이 각각의 I-PAT 점수의 비교에 기초하여 상기 KGD 서브시스템에 의해 생성됨 -

프로그램 명령어를 실행하도록 구성되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 33**

제32항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 일부는 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷을 사용하고, 상기 제어기는 표준화 데이터 포맷을 사용하고,

상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 중 적어도 일부는 상기 제어기에 의해 상기 반도체 다이 데이터를 수신하기 전에 상기 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷으로부터 상기 표준화 데이터 포맷으로 변환하도록 구성되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 34**

제32항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템 중 적어도 일부는 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷을 사용하고, 상기 제어기는 표준화 데이터 포맷을 사용하고,

상기 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템 중 적어도 일부는 상기 제어기에 의해 상기 반도체 다이 신뢰성 데이터를 전송한 후에 상기 표준화 데이터 포맷으로부터 상기 하나 이상의 비표준화 데이터 포맷으로 변환하도록 구성되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 35**

제32항에 있어서, 상기 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템은 상기 반도체 다이 신뢰성 데이터에 기초하여 피드 포워드 또는 피드백 루프로 데이터를 상기 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템에 전송하도록 구성되는 것인, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템.

**청구항 36**

삭제

**청구항 37**

삭제

**청구항 38**

삭제

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] [관련 출원에 대한 상호 참조]

[0002] 본 출원은 2021년 2월 15일자에 출원된 미국 가출원 제63/149,367호의 이익을 주장하며, 이 가출원은 그 전체가 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0003] [기술분야]

[0004] 본 개시는 일반적으로 반도체 디바이스에 관한 것으로, 특히 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0005] 반도체 디바이스의 제조는 일반적으로 기능성 디바이스를 형성하기 위해 수백 또는 수천 개의 처리 단계를 필요로 할 수 있다. 이러한 처리 단계 동안, 다양한 검사 및/또는 계측 측정이 수행되어 결함을 식별하고/하거나 디바이스 상의 다양한 파라미터를 모니터링할 수 있고, 디바이스의 기능을 확인하거나 평가하기 위해 다양한 검사 및/또는 계측 측정 대신에 또는 이에 추가하여 전기 테스트가 수행될 수 있다. 그러나, 일부 검출된 결함 및 계측 오차는 디바이스 불량을 명확하게 나타낼 만큼 클 수 있지만, 변동이 적으면 작업 환경에 노출된 후 디바이스의 초기 신뢰성 불량을 일으킬 수 있다. 위험을 회피하는 반도체 디바이스(예를 들어, 자동차, 군사, 항공 및 의료 애플리케이션) 사용자는 이제 현재의 백만분율(parts-per-million; PPM) 수준을 초과하는 십억분율(parts-

per-billion; PPB) 범위의 불량률을 찾고 있다. 자동차, 군사, 항공 및 의료 애플리케이션에서 반도체 디바이스에 대한 수요가 계속 증가함에 따라, 반도체 다이가 제조되는 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하는 것은 이러한 산업 요구 사항을 충족시키는 데 중요하다. 따라서, 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템 및 방법을 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

[0006] 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 시스템이 개시된다. 하나의 예시적인 실시예에서, 시스템은 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 및 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템에 통신 가능하게 결합된 제어기를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 제어기는 하나 이상의 프로세서 및 메모리를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 메모리는 프로그램 명령어 세트를 저장하도록 구성된다. 다른 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 프로세서는 하나 이상의 프로세서로 하여금 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템으로부터 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 데이터를 수신하게 하는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성된다. 다른 예시적인 실시예에서, 반도체 다이 데이터는 복수의 반도체 다이 각각에 대한 인라인 부품 평균 테스트(inline part average testing; I-PAT) 점수를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, I-PAT 점수는 대응하는 반도체 다이의 가중 결함을 나타낸다. 다른 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 프로세서는 하나 이상의 프로세서로 하여금 복수의 I-PAT 점수 임계값에 대한 복수의 반도체 다이 각각의 I-PAT 점수의 비교에 기초하여 양품 보증 다이(Known Good Die; KGD) 서브시스템으로 복수의 반도체 다이를 분류하게 하는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성된다. 다른 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 프로세서는 하나 이상의 프로세서로 하여금 분류된 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 신뢰성 데이터를 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템에 전송하게 하는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성된다.

[0007] 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 방법이 개시된다. 하나의 예시적인 실시예에서, 방법은 제어기를 통해, 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템으로부터 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 데이터를 수신하는 단계를 포함할 수 있지만 이에 제한되지는 않는다. 다른 예시적인 실시예에서, 반도체 다이 데이터는 복수의 반도체 다이 각각에 대한 인라인 부품 평균 테스트(I-PAT) 점수를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, I-PAT 점수는 대응하는 반도체 다이의 가중 결함을 나타낸다. 다른 예시적인 실시예에서, 방법은 제어기를 통해, 복수의 I-PAT 점수 임계값에 대한 복수의 반도체 다이 각각의 I-PAT 점수의 비교에 기초하여 양품 보증 다이(KGD) 서브시스템으로 복수의 반도체 다이를 분류하는 단계를 포함할 수 있지만 이에 제한되지는 않는다. 다른 예시적인 실시예에서, 방법은 제어기를 통해, 분류된 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 신뢰성 데이터를 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템에 전송하는 단계를 포함할 수 있지만 이에 제한되지는 않는다.

[0008] 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 시스템이 개시된다. 하나의 예시적인 실시예에서, 시스템은 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템을 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 시스템은 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템을 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 시스템은 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템 및 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템에 통신 가능하게 결합된 제어기를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 제어기는 하나 이상의 프로세서 및 메모리를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, 메모리는 프로그램 명령어 세트를 저장하도록 구성된다. 다른 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 프로세서는 하나 이상의 프로세서로 하여금 복수의 반도체 다이 공급업체 서브시스템으로부터 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 데이터를 수신하게 하는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성된다. 다른 예시적인 실시예에서, 반도체 다이 데이터는 복수의 반도체 다이 각각에 대한 인라인 부품 평균 테스트(I-PAT) 점수를 포함한다. 다른 예시적인 실시예에서, I-PAT 점수는 대응하는 반도체 다이의 가중 결함을 나타낸다. 다른 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 프로세서는 하나 이상의 프로세서로 하여금 복수의 I-PAT 점수 임계값에 대한 복수의 반도체 다이 각각의 I-PAT 점수의 비교에 기초하여 양품 보증 다이(KGD) 서브시스템으로 복수의 반도체 다이를 분류하게 하는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성된다. 다른 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 프로세서는 하나 이상의 프로세서로 하여금 분류된 복수의 반도체 다이에 관한 반도체 다이 신뢰성 데이터를 복수의 반도체 다이 포장업체 서브시스템에 전송하게 하는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성된다.

[0009] 전술한 일반적인 설명과 다음의 상세한 설명은 모두 단지 예시적이고 설명적인 것이며, 청구된 바와 같이 본 발명을 반드시 제한하는 것은 아님을 이해해야 한다. 본 명세서에 통합되어 그 일부를 구성하는 첨부 도면들은 본 발명의 실시예를 도시하고, 일반적인 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

## *도면의 간단한 설명*

[0010] 본 개시의 수많은 장점들은 첨부 도면들을 참조함으로써 본 기술 분야의 당업자에 의해 보다 잘 이해될 수 있다:

도 1a는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템의 블록도이다.

도 1b는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템의 블록도이다.

도 2a는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 반도체 다이 공급업체 서브시스템 또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템의 블록도이다.

도 2b는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 반도체 다이 공급업체 서브시스템 또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템의 블록도이다.

도 3은 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템의 개념적 예시이다.

도 4a는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법에서 수행되는 단계를 도시하는 흐름도이다.

도 4b는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법에서 수행되는 단계를 도시하는 흐름도이다.

도 4c는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 방법에서 수행되는 단계를 도시하는 흐름도이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0011] 이제 첨부 도면들에 도시되는 개시된 주제를 상세히 참조할 것이다. 본 개시는 특정 실시예 및 이의 특정 특징과 관련하여 특별히 도시되고 설명되었다. 본 명세서에 제시된 실시예는 제한적이기보다는 예시적인 것으로 간주된다. 본 개시의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 형태 및 세부 사항에서 다양한 변경 및 수정이 이루어질 수 있다는 것이 당업자에게 용이하게게 명백해야 한다.

[0012] 반도체 디바이스의 제조는 일반적으로 기능성 디바이스를 형성하기 위해 수백 또는 수천 개의 처리 단계를 필요로 할 수 있다. 이러한 처리 단계 동안, 다양한 검사 및/또는 계측 측정이 수행되어 결함을 식별하고/하거나 디바이스 상의 다양한 파라미터를 모니터링할 수 있고, 디바이스의 기능을 확인하거나 평가하기 위해 다양한 검사 및/또는 계측 측정 대신에 또는 이에 추가하여 전기 테스트가 수행될 수 있다. 예를 들어, 반도체 다이 제조업체는 결함을 식별하고/하거나 디바이스 상의 다양한 파라미터를 모니터링하기 위해 전기 테스트 및 기본 파레토 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어, 즉각적인 디바이스 불량을 초래할 수 있는 "킬러" 결함을 찾기 위해 전기 테스트 및 기본 파레토 방법을 사용할 수 있다.

[0013] 그러나, 일부 검출된 결함 및 계측 오차는 디바이스 불량을 명확하게 나타낼 만큼 클 수 있지만, 변동이 적으면 작업 환경에 노출된 후 디바이스의 초기 신뢰성 불량을 일으킬 수 있다. 예를 들어, 반도체 다이 제조업체는 잠재 신뢰성 결함(latent reliability defect; LRD)(또는 본 개시의 목적상 신뢰성 결함 또는 잠재 결함)을 찾기 위해 인라인 부품 평균 테스트(I-PAT)를 포함하지만 이에 제한되지 않는 부품 평균 테스트(PAT) 방법을 사용할 수도 있다. 예를 들어, LRD는 제조/테스트 동안 불량으로 이어지지 않거나 동작 중 즉각적인 디바이스 불량으로 이어지지 않을 수 있는 사소한 결함(예를 들어, 킬러 결함과 반대)일 수 있지만, 작업 환경에서 사용될 때 동작 중 디바이스의 초기 불량으로 이어질 수 있다. 반도체 디바이스 제조 동안 LRD를 결정하는 예는 2021년 1월 18일자에 출원된 미국 특허 출원 제17/151,583호에서 찾을 수 있으며, 이 출원은 그 전체가 본 명세서에 포함된다. 반도체 디바이스 제조 동안 I-PAT 방법을 포함하지만 이에 제한되지 않는 PAT 방법의 예시적인 사용은 2020년 9월 1일자에 등록된 미국 특허 제10,761,128호 및 2020년 11월 23일자에 출원된 미국 특허 출원 제17/101,856호에서 찾을 수 있으며, 이들은 각각 그 전체가 본 명세서에 포함된다.

[0014] 위험을 회피하는 반도체 디바이스(예를 들어, 자동차, 군사, 항공 및 의료 애플리케이션) 사용자는 이제 현재의 백만분율(PPM) 수준을 초과하는 십억분율(PPB) 범위의 불량률을 찾고 있다. 자동차, 군사, 항공 및 의료 애플리케이션에서 반도체 디바이스에 대한 수요가 계속 증가함에 따라, 반도체 다이가 제조되는 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하는 것은 이러한 산업 요구 사항을 충족시키는 데 중요하다.

[0015] 무어의 법칙 스케일링이 느려짐에 따라, 반도체 칩 설계자는 원하는 불량률을 계속해서 충족시키거나 초과하면서 반도체 다이 패키지 제조의 다양한 단계에서 디바이스 성능을 향상시킬 수 있는 추가적인 또는 대안적인 방

법을 찾을 수 있다. 이러한 방법 중 하나는 다양한 2.5D(또는 2.5차원) 및/또는 3D(또는 3차원) 다이 적층 기술이 사용될 수 있는 BEOL(back-end-of-line) 패키징을 포함한다. 예를 들어, 이러한 기술은 전체 패키지 크기를 줄이고, 전력 소비를 낮추며, 반도체 다이 패키지 등을 포함하는 시스템의 대역폭을 향상시키기 위해 사용될 수 있다.

[0016] 반도체 다이 패키지는 로직 상에 적층된 이미지 센서 또는 메모리 패키지에서부터 여러 공급업체(예를 들어, 제조업체, 판매업체 등)의 기능별 칩렛 구성 요소의 고성능 컴퓨터 시스템으로의 이종 통합에 이르기까지 복잡성이 다양할 수 있다. 복잡성이 증가함에 따라, 반도체 다이 패키지 내의 반도체 다이 개수도 거의 항상 급격히 증가한다. (종종 값비싼) 상호 연결 비용 외에 반도체 다이 패키지 내의 모든 반도체 다이의 총비용은 고가의 반도체 다이 패키지를 생성한다.

[0017] 반도체 다이 패키지를 테스트하려면 반도체 다이 패키지의 전체 기능을 테스트하기 전에 모든 반도체 다이를 통합해야 할 수 있다. 그러나, 반도체 다이의 일체적 성질로 인해 일반적으로 재작업이 불가능하기 때문에, 반도체 다이 패키지 내의 단일 다이 또는 칩렛이 불량한 경우에도 반도체 다이 패키지가 불량하게 되는 경우가 종종 있다. 또한, "베어" 다이, 즉 몰딩된 패키지 또는 리드가 없는 다이의 사용으로 인해 반도체 다이를 테스트하는 것이 점점 더 어려워지고 있다. 몰딩된 패키지 또는 리드가 없는 베어 다이를 프로빙하거나 테스트하기 어려울 수 있으며, 이는 반도체 다이가 반도체 다이 패키지에 통합되기 전이나 후에 다양한 전기 테스트 동안 각각의 다이의 평가를 제한할 수 있다.

[0018] 반도체 다이 패키지에 통합할 반도체 다이를 선택하는 이전 방법은 패키지에 통합된 반도체 다이가 양호한 반도체 다이일 확률을 높이기 위해 공지된 성숙한 디바이스 설계 및 전기 테스트 결과에 의존했다. 그러나, 전기 테스트는 다만 반도체 다이 수율 및 테스트 커버리지에 기초하여 불량 다이가 탈출하는(예를 들어, 검사를 잘못 통과하는) 양을 예측할 수 있다. 반도체 다이 패키지 내의 반도체 다이의 수가 증가함에 따라 탈출의 누적 효과가 증가하여 완성된 반도체 다이 패키지의 수율을 저하시킬 것이다. 또한, 베어 반도체 다이를 사용하는 기술에는 패키지 리드의 결여로 인해 전기 테스트를 쉽게 적용할 수 없으며, 이로 인해 신뢰성이 낮은 인스턴스에 대한 반도체 다이의 열악한 스크리닝을 초래한다. 또한, 반도체 다이 패키지 내의 특정 반도체 다이(예를 들어, 고급 설계 규칙 구성 요소 반도체 다이)는 프로세스 성숙도가 낮을 수 있으므로 신뢰성을 보장하기 위해 비용과 제조 가동 중지 시간을 증가시키는 추가 스크리닝 또는 전기 테스트가 필요하다. 또한, 반도체 패키지 통합업체는 전기 테스트를 통해 반도체 다이 패키지 내의 반도체 다이의 상대적인 신뢰성 점수를 평가할 수 없으며, 여기서 반도체 다이는 여러 공급업체로부터 기원하므로 통합업체는 고위험 반도체 다이를 거부할 수 없고/없거나 다양한 목표 신뢰성 수준과 가격대의 반도체 다이 패키지를 생성할 수 없다.

[0019] 도 1a 내지 도 4c는 일반적으로 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템 및 방법을 도시한다.

[0020] 본 개시의 실시예는 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

[0021] 특히, 본 개시의 실시예는 반도체 다이 포장업체가 반도체 다이 패키지에 사용하기 위한 양품 보증 다이(KGD)의 결정에 의존함으로써 수율 손실을 줄이는(따라서 비용, 제조 가동 중지 시간 등을 줄이는) 것에 관한 것이다.

[0022] 또한, 본 개시의 실시예는 하나 또는 다수의 반도체 판매업체에 걸쳐 하나 또는 다수의 반도체 다이에 대한 결함 점수 또는 순위(예를 들어, 가중 또는 비가중)를 생성하기 위해 I-PAT 방법을 구현하는 것에 관한 것이다. 예를 들어, 결함 점수 또는 순위는 반도체 다이 제조 동안 사용되는 점수 또는 순위에 추가로 또는 그 대신에 반도체 다이 패키징 동안 사용될 수 있다. 또한, 결함 점수 또는 순위는 KGD 또는 KGD를 포함하는 다이 패키지의 평가를 개선하는 데 활용될 수 있다. 또한, 결함 점수 또는 순위는 반도체 다이 패키지로부터 위험 상태 반도체 다이를 필터링하거나 거부하는 데 활용될 수 있다.

[0023] 또한, 본 개시의 실시예는 유사한 신뢰성 위험 프로파일을 갖는 반도체 다이 또는 반도체 다이 서브패키지를 페어링하는 것에 관한 것이다. 예를 들어, 반도체 다이 또는 반도체 다이 서브패키지는 반도체 칩 포장업체에 의해 획득될 수 있으며, 유사한 점수 또는 순위의 다른 반도체 다이 또는 반도체 다이 서브패키지와 함께 반도체 다이가 선택되고 페어링되어 선택 점수 또는 순위로 최종 반도체 다이 패키지 내에서 선택 신뢰성이 충족되도록 보장할 수 있다.

[0024] 또한, 본 개시의 실시예는 반도체 다이 패키지를 상이한 성능 및/또는 가격 또는 가치 카테고리로 세분화하는 것에 관한 것이다. 예를 들어, 반도체 다이 패키지의 선택 점수 또는 순위에 기초하여 반도체 다이 패키지를 분리하고 선택 업종에 제공할 수 있다.

[0025] 도 1a 내지 도 3은 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템(100)을 도시한다.

[0026] 이제 도 1a 및 도 1b를 참조하면, 일 실시예에서, 시스템(100)은 제어기 또는 서버(102)를 포함한다. 제어기 또는 서버(102)는 메모리(106)(예를 들어, 메모리 매체, 메모리 디바이스 등)에 유지되거나 저장되는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서(104)를 포함할 수 있다.

[0027] 이와 관련하여, 제어기 또는 서버(102)의 하나 이상의 프로세서(104)는 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 다양한 프로세스 단계 중 임의의 단계를 실행할 수 있다. 예를 들어, 제어기 또는 서버(102)의 하나 이상의 프로세서(104)는 하나 이상의 반도체 다이에 대한 점수를 수신하고, 하나 이상의 반도체 다이에 순위를 매기고, 하나 이상의 반도체 다이를 필터링 및 분류하고, 하나 이상의 필터링 및 분류된 반도체 다이에 관한 데이터를 전송하도록 구성될 수 있다.

[0028] 다른 실시예에서, 시스템(100)은 제어기 또는 서버(102)에 결합된(예를 들어, 물리적으로 결합된, 전기적으로 결합된, 통신 가능하게 결합된 등) 사용자 인터페이스(108)를 포함한다. 예를 들어, 사용자 인터페이스(108)는 제어기 또는 서버(102)에 결합된 별도의 디바이스일 수 있다. 다른 예로서, 사용자 인터페이스(108) 및 제어기 또는 서버(102)는 공통 또는 공유 하우징 내에 위치할 수 있다. 그러나, 본 명세서에서, 제어기 또는 서버(102)는 사용자 인터페이스(108)를 포함하거나, 요구하거나, 결합되지 않을 수 있음을 유념한다.

[0029] 다른 실시예에서, 시스템(100)은 제어기 또는 서버(102)에 결합된(예를 들어, 물리적으로 결합된, 전기적으로 결합된, 통신 가능하게 결합된 등) 하나 이상의 다이 공급업체 서브시스템(110)을 포함한다. 예를 들어, 하나 이상의 다이 공급업체 서브시스템(110)은 제어기 또는 서버(102)에 의해 수신될 수 있는 반도체 다이 데이터(112)를 전송할 수 있다.

[0030] 다른 실시예에서, 시스템(100)은 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)을 포함한다. 예를 들어, 제어기 또는 서버(102)는 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)를 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)에 전송할 수 있다.

[0031] 도 1a에 도시된 바와 같이, 반도체 다이 데이터(112)는 하나 이상의 다이 공급업체 서브시스템(110)과 제어기 또는 서버(102) 사이에서 직접 전송될 수 있고/있거나, 반도체 다이 데이터(112)는 제어기 또는 서버(102)와 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114) 사이에서 직접 전송될 수 있다.

[0032] 도 1b에 도시된 바와 같이, 반도체 다이 데이터(112)는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118)를 통해 하나 이상의 다이 공급업체 서브시스템(110)과 제어기 또는 서버(102) 사이에서 전송될 수 있고/있거나, 반도체 다이 데이터(112)는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(120)를 통해 제어기 또는 서버(102)와 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114) 사이에서 전송될 수 있다. 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)는 메모리(예를 들어, 메모리 매체, 메모리 디바이스 등)에 유지되거나, 결합된 사용자 인터페이스 등에 유지되는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있지만 이에 제한되지는 않는다. 반도체 다이 데이터(112) 및/또는 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)는 수정 없이 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)를 통과할 수 있다. 그러나, 본 명세서에서, 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)는 반도체 다이 데이터(112) 및/또는 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)가 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)를 각각 통과할 때 반도체 다이 데이터(112) 및/또는 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)를 수정하기 위한 프로그램 명령어를 실행하도록 구성될 수 있음을 유념한다.

[0033] 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110)에 정보를 전송하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 정보는 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)과 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 사이에서 직접 전송될 수 있다. 다른 예로서, 정보는 제어기 또는 서버(102)를 통해(그리고 잠재적으로 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)를 통해) 전송될 수 있다. 일반적으로, 정보는 설계 요청, 결함을 해결하기 위한 피드백 또는 피드 포워드 루프의 일부로서의 설계 반복 등일 수 있다.

[0034] 도 2a 및 도 2b는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템(100)의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)을 도시한다. 본 명세서에서, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110)은 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 바와 같이 반도체 다이를 제조 및/또는 분석하기 위한 처리 단계를 수행하도록 구성될 수 있음을 유념한다. 또한, 본 명세서에서, 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 바와 같이 반도체 다이 패키지를 제조 및/또는

분석하기 위한 처리 단계를 수행하도록 구성될 수 있음을 유념한다.

[0035] 일 실시예에서, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 샘플(202)의 하나 이상의 층에서 결함을 검출하기 위한 적어도 하나의 검사 도구(200)(예를 들어, 인라인 샘플 분석 도구)를 포함한다. 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 일반적으로 임의의 수 또는 유형의 검사 도구(200)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 검사 도구(200)는 레이저 소스, 램프 소스, X선 소스 또는 광대역 플라즈마 소스와 같은 그러나 이에 제한되지 않는 임의의 소스로부터의 광을 사용한 샘플(202) 조사에 기초하여 결함을 검출하도록 구성된 광학 검사 도구를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 검사 도구(200)는 전자 빔, 이온 빔, 또는 중성 입자 빔과 같은 그러나 이에 제한되지 않는 하나 이상의 입자 빔을 사용한 샘플 조사에 기초하여 결함을 검출하도록 구성된 입자 빔 검사 도구를 포함할 수 있다. 예를 들어, 검사 도구(200)는 투과 전자 현미경(transmission electron microscope; TEM) 또는 주사 전자 현미경(scanning electron microscope; SEM)을 포함할 수 있다. 본 개시의 목적을 위해, 본 명세서에서, 적어도 하나의 검사 도구(200)는 단일 검사 도구(200)일 수 있거나 검사 도구(200)의 그룹을 나타낼 수 있음을 유념한다.

[0036] 하나의 비제한적인 예에서, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110)의 경우, 샘플(202)은 복수의 반도체 웨이퍼의 반도체 웨이퍼일 수 있으며, 여기서 복수의 반도체 웨이퍼의 각각의 반도체 웨이퍼는 복수의 층을 포함하고, 복수의 층의 각각의 층은 복수의 반도체 다이를 포함하고, 복수의 반도체 다이의 각각의 반도체 다이는 복수의 블록을 포함한다.

[0037] 다른 비제한적인 예에서, 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)의 경우, 샘플(202)은 고급 다이 패키지 또는 3D 다이 패키지 내의 기판 상의 베어 다이의 2.5D 측면 조합으로 배열된 복수의 반도체 다이로부터 형성된 반도체 다이 패키지일 수 있다.

[0038] 본 개시의 목적을 위해, 결함은 제조된 층 또는 층 내의 제조된 패턴의 물리적, 기계적, 화학적 또는 광학적 특성을 포함하지만 이에 제한되지 않는 설계 특성의 임의의 편차로 간주될 수 있다. 또한, 결함은 제조된 반도체 다이 패키지의 구성 요소 정렬 또는 결합의 임의의 편차로 간주될 수 있다. 또한, 결함은 반도체 다이 또는 그 위의 피처에 대해 임의의 크기를 가질 수 있다. 이러한 방식으로, 결함은 반도체 다이보다 작을 수 있거나(예를 들어, 하나 이상의 패턴화된 피처의 스케일) 또는 반도체 다이보다 클 수 있다(예를 들어, 웨이퍼 스케일 스크래치 또는 패턴의 일부). 예를 들어, 결함은 패턴화 전 또는 후에 샘플 층의 두께 또는 조성의 편차를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 결함은 패턴화된 피처의 크기, 형상, 배향 또는 위치의 편차를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 결함은 리소그래피 및/또는 에칭 단계와 연관된 결함, 예컨대, 인접 구조물 사이의 브리지(또는 이의 결핍), 피트 또는 홀과 같은 그러나 이에 제한되지 않는 결함을 포함할 수 있다. 다른 예로서, 결함은 스크래치 또는 칩과 같은 그러나 이에 제한되지 않는 샘플(202)의 손상된 부분을 포함할 수 있다. 예를 들어, 결함의 심각도(예를 들어, 스크래치의 길이, 피트의 깊이, 결함의 측정된 크기 또는 극성 등)가 중요하게 고려될 수 있다. 다른 예로서, 결함은 샘플(202)에 도입된 이물질을 포함할 수 있다. 다른 예로서, 결함은 샘플(202)의 오정렬된 및/또는 오결합된 패키지 구성 요소일 수 있다. 따라서, 본 개시의 결함의 예는 단지 예시 목적으로 제공되고 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다는 것을 이해해야 한다.

[0039] 다른 실시예에서, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 샘플(202) 또는 샘플의 하나 이상의 층의 하나 이상의 특성을 측정하기 위한 적어도 하나의 계측 도구(204)(예를 들어, 인라인 샘플 분석 도구)를 포함한다. 예를 들어, 계측 도구(204)는 층 두께, 층 조성, 임계 치수(critical dimension; CD), 오버레이, 또는 리소그래피 처리 파라미터(예를 들어, 리소그래피 단계 동안 조명의 강도 또는 도즈)와 같은 그러나 이에 제한되지 않는 특성을 특성화할 수 있다. 이와 관련하여, 계측 도구(204)는 결과적으로 제조된 디바이스에 대한 신뢰성 문제로 이어질 수 있는 제조 결함의 확률과 관련될 수 있는 샘플(202), 샘플(202)의 하나 이상의 층, 또는 샘플(202)의 하나 이상의 다이의 제조에 관한 정보를 제공할 수 있다. 본 개시의 목적을 위해, 본 명세서에서, 적어도 하나의 계측 도구(204)는 단일 계측 도구(204)일 수 있거나 계측 도구(204)의 그룹을 나타낼 수 있음을 유념한다.

[0040] 다른 실시예에서, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 제조된 디바이스의 하나 이상의 부분의 기능을 테스트하기 위한 적어도 하나의 테스트 도구(206)를 포함한다.

[0041] 예를 들어, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 웨이퍼 레벨에서 예비 프로빙을 완료하기 위해 임의의 수 또는 유형의 전기 테스트 도구(206a)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 예비 프로빙은 웨이퍼 레벨에서 강제로 불량을 발생시키도록 설계되지 않을 수 있다.

[0042] 다른 예로서, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 제조 사이클의 임의의 지점에서 제조된 디바이스의 하나 이상의 부분의 특성을 테스트, 검사 또는 특성화하기 위해 임의의 수 또는 유형의 스트레스 테스트 도구(206b)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 스트레스 테스트 도구(206b)는 샘플(202)을 가열하고(예를 들어, 오븐 또는 기타 열원), 샘플(202)을 냉각하고(예를 들어, 냉동기 또는 기타 냉원), 샘플(202)을 잘못된 전압에서 동작시키도록(예를 들어, 전원 공급 장치) 구성된 사전 번인 전기 웨이퍼 분류 및 최종 테스트(예를 들어, e-테스트) 또는 사후 번인 전기 테스트를 포함할 수 있지만 이에 제한되지는 않는다.

[0043] 다른 실시예에서, 결함은 반도체 다이 및/또는 반도체 다이 패키지 내의 관심 층에 대한 하나 이상의 처리 단계(예를 들어, 리소그래피, 에칭, 정렬, 결합 등) 후에 인라인 샘플 분석 도구(예를 들어, 검사 도구(200), 계측 도구(204), 전기 테스트 도구(206a) 및/또는 스트레스 테스트 도구(206b) 등)의 임의의 조합을 사용하여 식별된다. 이와 관련하여, 제조 프로세스의 다양한 단계에서의 결함 검출은 인라인 결함 검출로서 지칭될 수 있다.

[0044] 다른 실시예에서, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 제어기(208)를 포함한다. 제어기(208)는 메모리(212)(예를 들어, 메모리 매체, 메모리 디바이스 등)에 유지되는 프로그램 명령어를 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서(210)를 포함할 수 있다. 또한, 제어기(208)는 검사 도구(200), 계측 도구(204), 전기 테스트 도구(206a) 및/또는 스트레스 테스트 도구(206b)를 포함하는 테스트 도구(206) 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)의 임의의 구성 요소와 통신 가능하게 결합될 수 있다.

[0045] 제어기(208)의 하나 이상의 프로세서(210), 제어기 또는 서버(102)의 하나 이상의 프로세서(104), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 하나 이상의 프로세서는 당업계에 공지된 임의의 프로세서 또는 처리 요소를 포함할 수 있다. 본 개시의 목적을 위해, 용어 "프로세서" 또는 "처리 요소"는 하나 이상의 처리 또는 논리 요소(예를 들어, 하나 이상의 마이크로프로세서 디바이스, 하나 이상의 주문형 집적 회로(Application Specific Integrated Circuit; ASIC) 디바이스, 하나 이상의 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array; FPGA) 또는 하나 이상의 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor; DSP))를 갖는 임의의 디바이스를 포함하도록 광범위하게 정의될 수 있다. 이러한 의미에서, 제어기(208)의 하나 이상의 프로세서(210), 제어기 또는 서버(102)의 하나 이상의 프로세서(104), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 하나 이상의 프로세서는 알고리즘 및/또는 명령어(예를 들어, 메모리에 저장된 프로그램 명령어)를 실행하도록 구성된 임의의 디바이스를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 제어기(208)의 하나 이상의 프로세서(210), 제어기 또는 서버(102)의 하나 이상의 프로세서(104), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 하나 이상의 프로세서는 데스크톱 컴퓨터, 메인프레임 컴퓨터 시스템, 워크스테이션, 이미지 컴퓨터, 병렬 프로세서, 네트워크로 연결된 컴퓨터, 또는 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 바와 같이 시스템(100)의 구성 요소를 동작하거나 이와 함께 동작하도록 구성된 프로그램을 실행하도록 구성된 임의의 다른 컴퓨터 시스템으로 구현될 수 있다.

[0046] 제어기(208)의 메모리(212), 제어기 또는 서버(102)의 메모리(106), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 메모리는 연관된 제어기(208)의 하나 이상의 프로세서(210), 제어기 또는 서버(102)의 하나 이상의 프로세서(104), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 하나 이상의 프로세서 각각에 의해 실행 가능한 프로그램 명령어를 저장하기에 적합한 당업계에 공지된 임의의 저장 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제어기(208)의 메모리(212), 제어기 또는 서버(102)의 메모리(106), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 메모리는 비일시적 메모리 매체를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 제어기(208)의 메모리(212), 제어기 또는 서버(102)의 메모리(106), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 메모리는 읽기 전용 메모리(ROM), 랜덤 액세스 메모리(RAM), 자기 또는 광학 메모리 디바이스(예를 들어, 디스크), 자기 테이프, 솔리드 스테이트 드라이브 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 또한, 제어기(208)의 메모리(212), 제어기 또는 서버(102)의 메모리(106), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 메모리는 하나 이상의 프로세서(210)와 함께 공통 제어기 하우징에 수용될 수 있음을 유념한다. 일 실시예에서, 제어기(208)의 메모리(212), 제어기 또는 서버(102)의 메모리(106), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 메모리는 제어기(208)의 하나 이상의 프로세서(210), 제어기 또는 서버(102)의 하나 이상의 프로세서(104), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 하나 이상의 프로세서 각각의 물리적 위치와 관련하여 원격으로 위치할 수 있다. 예를 들어, 제어기(208)의 하나 이상의 프로세서(210), 제어기 또는 서버(102)의 하나 이상의 프로세서(104), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 하나 이상의 프로세서 각각은 네트워크(예를 들어, 인터넷, 인트라넷 등)를 통해 액세스 가능한 원격 메모리(예를 들어, 서

버)에 액세스할 수 있다.

[0047] 다른 실시예에서, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 제어기(208)에 결합된(예를 들어, 물리적으로 결합된, 전기적으로 결합된, 통신 가능하게 결합된 등) 사용자 인터페이스(214)를 포함한다. 예를 들어, 사용자 인터페이스(214)는 제어기(208)에 결합된 별도의 디바이스일 수 있다. 다른 예로서, 사용자 인터페이스(214) 및 제어기(208)는 공통 또는 공유 하우징 내에 위치할 수 있다. 그러나, 본 명세서에서, 제어기(208)는 사용자 인터페이스(214)를 포함하거나, 요구하거나, 결합되지 않을 수 있음을 유념한다.

[0048] 제어기(208)의 사용자 인터페이스(214), 제어기 또는 서버(102)의 사용자 인터페이스(108), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)에 결합된 사용자 인터페이스는 하나 이상의 데스크톱, 랩톱, 태블릿, 태블릿 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 제어기(208)의 사용자 인터페이스(214), 제어기 또는 서버(102)의 사용자 인터페이스(108), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)에 결합된 사용자 인터페이스는 시스템(100)의 데이터를 사용자에게 디스플레이하는 데 사용되는 디스플레이를 포함할 수 있다. 제어기(208)의 사용자 인터페이스(214), 제어기 또는 서버(102)의 사용자 인터페이스(108), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)에 결합된 사용자 인터페이스의 디스플레이는 당업계에 공지된 임의의 디스플레이를 포함할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이는 액정 디스플레이(liquid crystal display; LCD), 유기 발광 다이오드(organic light-emitting diode; OLED) 기반 디스플레이, 또는 CRT 디스플레이를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 당업자는 제어기(208)의 사용자 인터페이스(214), 제어기 또는 서버(102)의 사용자 인터페이스(108), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)에 결합된 사용자 인터페이스와 통합 가능한 임의의 디스플레이 디바이스가 본 개시의 구현에 적합함을 인식해야 한다. 다른 실시예에서, 사용자는 제어기(208)의 사용자 인터페이스(214), 제어기 또는 서버(102)의 사용자 인터페이스(108), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)에 결합된 사용자 인터페이스의 사용자 입력 디바이스를 통해, 사용자에게 디스플레이된 데이터에 응답하는 선택 및/또는 명령어를 입력할 수 있다.

[0049] 일 실시예에서, 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 적어도 하나의 반도체 제작 도구 또는 반도체 제조 도구(216)를 포함한다. 예를 들어, 반도체 제조 도구(216)는 에칭기, 스캐너, 스테퍼, 클리너 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당업계에 공지된 임의의 도구를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제조 프로세스는 샘플(예를 들어, 반도체 웨이퍼 등)의 표면에 걸쳐 분포된 다수의 다이를 제조하는 것을 포함할 수 있으며, 여기서 각각의 다이는 디바이스 구성 요소를 형성하는 물질의 다수의 패턴화된 층을 포함한다. 각각의 패턴화된 층은 물질 성막, 리소그래피, 관심 패턴을 생성하기 위한 에칭 및/또는 하나 이상의 노광 단계(예를 들어, 스캐너, 스테퍼 등에 의해 수행됨)를 포함하는 일련의 단계를 통해 반도체 제조 도구(216)에 의해 형성될 수 있다. 다른 예로서, 반도체 제조 도구(216)는 반도체 다이를 2.5D 및/또는 3D 반도체 다이 패키지로 패키징 및/또는 결합하도록 구성된 당업계에 공지된 임의의 도구를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제조 프로세스는 반도체 다이 및/또는 반도체 다이 상의 전기 구성 요소를 정렬하는 것을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 또한, 제조 프로세스는 하이브리드 본딩(예를 들어, 다이 대 다이, 다이 대 웨이퍼, 웨이퍼 대 웨이퍼 등), 땜납, 접착제, 패스너 등을 통해 반도체 다이 및/또는 반도체 다이 상의 전기 구성 요소를 결합하는 것을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 본 개시의 목적을 위해, 본 명세서에서, 적어도 하나의 반도체 제조 도구(216)는 단일 반도체 제조 도구(216)일 수 있거나 반도체 제조 도구(216)의 그룹을 나타낼 수 있음을 유념한다.

[0050] 본 개시의 목적을 위해, 본 명세서에서, "제조 프로세스" 및 "제작 프로세스"라는 용어는 용어의 각각의 변형(예를 들어, "제조 라인" 및 "제작 라인", "제조자" 및 "제작자" 등)과 함께 동등한 것으로 간주될 수 있음을 유념한다.

[0051] 본 개시의 목적을 위해, 본 명세서에서, 도 2a에 도시된 실시예 및 도 2b에 도시된 실시예는 동일한 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114), 또는 상이한 시스템(100) 또는 상이한 시스템(100)의 서브시스템의 일부로 간주될 수 있음을 유념한다. 또한, 본 명세서에서, 도 2a에 도시된 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114) 내의 구성 요소와 도 2b에 도시된 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114) 내의 구성 요소가 직접 통신할 수 있거나 제어기(208)를 통해 통신할 수 있음을 유념한다.

[0052] 도 3은 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위한 시스템(100)을 도시한다. 도 4a 내지 도 4c는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위

한 방법 또는 프로세스를 도시한다. 본 명세서에서, 도 4a 내지 도 4c의 방법 또는 프로세스의 단계는 도 1a 내지 도 3에 도시된 시스템(100)에 의해 전부 또는 부분적으로 구현될 수 있음을 유념한다. 그러나, 도 4a 내지 도 4c의 방법 또는 프로세스는 추가적인 또는 대안적인 시스템 레벨 실시예가 방법 또는 프로세스의 단계의 전부 또는 일부를 수행할 수 있다는 점에서 도 1a 내지 도 3에 도시된 시스템(100)으로 제한되지 않음을 또한 인식한다.

[0053] 도 4a는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이를 제조하기 위한 방법 또는 프로세스(400)를 도시한다.

[0054] 본 명세서에서, 방법 또는 프로세스(400)의 임의의 단계는 임의의 선택된 수의 샘플(202) 내의 임의의 선택된 다이를 포함할 수 있음을 유념한다. 예를 들어, 모집단은 단일 샘플(202), 로트(예를 들어, 생산 로트) 내의 다수의 샘플(202), 또는 다수의 로트에 걸친 선택된 샘플(202)로부터의 선택된 다이를 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다.

[0055] 단계 402에서, 하나 이상의 반도체 다이가 제조된다. 일 실시예에서, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체는 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 바와 같이, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110)으로 하나 이상의 반도체 다이(302)를 포함하는 하나 이상의 반도체 웨이퍼(300)를 제조한다.

[0056] 단계 404에서, 하나 이상의 반도체 다이에 점수가 매겨진다. 일 실시예에서, 하나 이상의 반도체 다이(302)는 I-PAT 가중 이상치 검출에 의해 인에이블되는 인라인 스크리닝을 사용하여 점수가 매겨진다. 예를 들어, I-PAT는 여러 층에 걸쳐 다이당 결함을 집계한다. I-PAT 시스템은 실행 시 수집된 여러 결함 속성을 사용하여 결함을 인식하고 여러 가중 카테고리 중 하나에 할당할 수 있다. 각각의 반도체 다이는 검사된 층에 걸쳐 검출된 각각의 가중 결함 수량의 합산 값에 기초하여 집계 점수를 획득할 수 있다. 나머지 모집단의 이상치인 가장 높은 가중 점수를 갖는 반도체 다이는 전기 테스트 및/또는 스트레스 테스트 동안 제거 또는 폐쇄 처분이 권장된다. 본 명세서에서, 점수는 하나 이상의 반도체 다이(302)의 각각의 특정 반도체 다이(302)에 대해 추적 가능할 수 있음을 유념한다. 반도체 디바이스 제조 동안 I-PAT 방법을 포함하지만 이에 제한되지 않는 PAT 방법의 예시적인 사용은 2020년 9월 1일자에 등록된 미국 특허 제10,761,128호 및 2020년 11월 23일자에 출원된 미국 특허 출원 제17/101,856호에서 찾을 수 있으며, 이들은 각각 이전에 그 전체가 본 명세서에 포함된다.

[0057] 본 명세서에서, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체는 킬러 결함 또는 공지된 LRD를 갖는 반도체 다이(302)가 시장에 진입하는 것을 방지하기 위해 임계값을 구현할 수 있어, 예컨대 나머지 모집단의 이상치인 가장 높은 가중 점수가 고려되어 전기 테스트 및/또는 스트레스 테스트 동안 제거 또는 폐쇄 처분이 권장됨을 유념한다. 그러나, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체에 의해 구현된 임계값은 하나 이상의 반도체 다이 포장업체에 의해 구현된 임계값보다 덜 엄격할 수 있다. 따라서, I-PAT 가중 이상치 검출에 의해 인에이블되는 인라인 스크리닝을 사용하여 생성된 점수에 기초한 임계값을 포함하여 추가 임계값이 필요할 수 있다.

[0058] 단계 406에서, 하나 이상의 반도체 다이에 관한 데이터가 전송된다. 일 실시예에서, 하나 이상의 반도체 다이에 대한 점수가 전송된다. 본 명세서에서, 점수는 하나 이상의 반도체 다이(302)에 대한 전기 테스트 데이터 및/또는 스트레스 테스트 데이터와 결합될 수 있음을 유념한다. 또한, 점수는 싱귤레이션, 테스트 및/또는 다이 분류 이후에 지속되는 하나 이상의 반도체 다이(302)의 내장된 전자 칩 식별(Electronic Chip Identification; ECID) 또는 다른 고유한 물리적 또는 전기적 식별자와 같은 다른 지원 정보와 결합될 수 있다. 또한, 점수는 하나 이상의 반도체 다이(302) 및/또는 하나 이상의 반도체 다이(302)가 기원하는 하나 이상의 반도체 웨이퍼(300)에 대한 로트 점수, 범위 및 평균, 평균 이동 등과 같은 그러나 이에 제한되지 않는 컨텍스트를 각각의 순위에 추가하는 다른 지원 정보와 쌍을 이룰 수 있다.

[0059] 단계 408에서, 피드 포워드 또는 피드백 루프로 하나 이상의 반도체 다이 포장업체로부터 데이터가 수신된다. 일 실시예에서, 데이터는 반도체 다이 제조 시스템 및 프로세스 또는 방법을 개선하는 데 사용된다.

[0060] 도 4b는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이를 제조하기 위한 방법 또는 프로세스(410)를 도시한다. 본 명세서에서, 방법 또는 프로세스(410)는 방법 또는 프로세스(400) 직후에, 방법 또는 프로세스(400) 이후에 선택된 시간에, 또는 방법 또는 프로세스(400)와 독립적으로 수행될 수 있음을 유념한다.

[0061] 단계 412에서, 하나 이상의 반도체 다이에 대한 점수가 수신된다. 일 실시예에서, 하나 이상의 반도체 다이(302)에 대한 점수 및 기타 지원 정보를 포함하는 반도체 다이 데이터(112)는 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 바와 같이 하나 이상의 반도체 다이 공급업체로부터 (예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118)를 통해) 제어기 또는 서버(102)에 전송된다. 다른

실시예에서, 양품 보증 다이(KGD) 서브시스템(306)이 제어기 또는 서버(102) 상에서 동작하도록 구성된다. 다른 실시예에서, KGD 서브시스템(306)은 하나 이상의 반도체 다이(302)에 대한 점수 및 기타 지원 정보를 포함하는 데이터가 입력될 수 있는 KGD 데이터베이스(308)를 유지하도록 구성된다.

[0062] 본 명세서에서, KGD 서브시스템(306) 및/또는 KGD 데이터베이스(308)가 물리적 서버(예를 들어, 현장 또는 제3자) 또는 웹 기반 클라우드 저장 장치 상에서 동작하도록 유지 및/또는 구성될 수 있음을 유념한다. 예를 들어, 제3자 물리적 서버 및/또는 웹 기반 클라우드 저장 장치는 구독 서비스의 일부로 구현될 수 있다.

[0063] 단계 414에서, 하나 이상의 반도체 다이가 필터링된다. 일 실시예에서, 위험 상태 반도체 다이(302)는 반도체 다이 거부(310)로서 필터링된다. 예를 들어, 고위험 I-PAT 점수 임계값(312) 이상의 높은 가중 결함 점수를 갖는 위험 상태 반도체 다이(302)(예를 들어, 전체 반도체 다이 패키지(304)를 불량하게 할 수 있음)는 KGD 서브시스템(306)에 의해 반도체 다이 거부(310)로 라벨링되고 반도체 다이 패키지(304)에 대한 고려 대상에서 제거될 수 있다. 본 명세서에서, 고위험 I-PAT 점수 임계값(312) 이상의 높은 가중 결함을 갖는 위험 상태 반도체 다이(302)는 반도체 다이(302)의 제조 동안 결정되면 반도체 다이 공급업체에 의해 제거될 수 있음을 유념한다.

[0064] 단계 416에서, 하나 이상의 반도체 다이가 분류된다. 예를 들어, KGD 서브시스템(306)은 반도체 다이 패키지(304)에 권장될 반도체 다이(302)를 분류할 때 I-PAT 이상치 가중 메트릭을 포함하는 점수에 기초하여 하나 이상의 I-PAT 점수 임계값을 고려할 수 있다. 다른 예로서, KGD 서브시스템(306)은 전기 테스트 데이터, 스트레스 테스트 데이터 및/또는 다른 지원 정보와 함께 하나 이상의 반도체 다이(302)의 I-PAT 점수를 비교하여 하나 이상의 반도체 다이(302)를 분류하도록 구성될 수 있다.

[0065] 일 실시예에서, 하나 이상의 반도체 다이(302)는 하나 이상의 반도체 다이(302) 중 어느 것이 어느 반도체 다이 패키지(304)에 들어가야 하는지를 결정하기 위해 분류된다. 예를 들어, 고위험 I-PAT 점수 임계값(312) 미만의 가중 결함 점수를 갖는 보다 신뢰성 있는 반도체 다이(302)가 반도체 다이 패키지(304)에 대해 고려될 수 있고, 추가 I-PAT 점수 임계값이 적용되어 나머지 반도체 다이(302)의 품질을 결정하여 적합성과 가능한 신뢰성에 기초하여 반도체 다이(302)를 유사한 속성의 반도체 다이 스택으로 페어링하거나 비닝할 수 있다.

[0066] 하나의 비제한적인 예에서, 저위험 I-PAT 점수 임계값(314) 이하의 낮거나 가장 낮은 가중 결함 점수를 갖는 반도체 다이(302)는 프리미엄 또는 최고 품질 반도체 다이(304a)로 라벨링될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체로부터의 프리미엄 또는 최고 품질 반도체 다이(304a)는 KGD 서브시스템(306)에 의한 결정에 기초하여 고신뢰성 반도체 패키지에 포함될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체로부터의 적어도 20개의 프리미엄 또는 최고 품질 반도체 다이(304a)가 고신뢰성 반도체 패키지에 포함될 수 있다.

[0067] 다른 예로서, I-PAT 점수 범위(316) 내 및 I-PAT 점수 임계값(312, 314) 사이의 중간 위험 I-PAT 점수 임계값에 대응하는 중간 가중 결함 점수를 갖는 반도체 다이(302)는 통과 또는 저품질 반도체 다이(304b, 304c, … 304N)로 라벨링될 수 있으며, 여기서 N은 다수의 I-PAT 점수 임계값에 의해 정의된 임의의 수의 반도체 다이 그룹을 나타낸다. 예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체로부터의 통과 또는 저품질 반도체 다이(304b, 304c, … 304N))는 KGD 서브시스템(306)에 의한 결정에 기초하여 저신뢰성 또는 최저신뢰성 반도체 패키지에 포함될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체로부터의 5개 이하의 통과 또는 저품질 반도체 다이(304b, 304c, … 304N)가 저신뢰성 또는 최저신뢰성 반도체 패키지에 포함될 수 있다.

[0068] 본 명세서에서, KGD 서브시스템(306)은 I-PAT 점수 임계값(312, 314)보다 더 많은 임계값을 고려할 수 있으며, I-PAT 점수 범위(316) 내에서 중간 위험 I-PAT 점수 임계값을 추가로 정의할 수 있음을 유념한다. 따라서, 본 개시의 I-PAT 점수 임계값의 예는 단지 예시 목적으로 제공되고 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다는 것을 이해해야 한다.

[0069] 일반적으로, 유사한 신뢰성 위험 프로파일(예를 들어, 유사한 I-PAT 점수, 전기 테스트 데이터, 스트레스 테스트 데이터, 내장된 ECID를 포함한 물리적 또는 전기적 식별자 등을 포함함)을 갖는 반도체 다이는 시장 세분화를 제공하기 위해 분류될 수 있다. 예를 들어, 시장 세분화는 상이한 수준의 신뢰성(예를 들어, 백만분율(PPM), 십억분율(PPB) 등)을 요구할 수 있다. 다른 예로서, 시장 세분화는 상이한 가격 요구 사항을 가질 수 있다. 이러한 증가된 시장 세분화는 적층된 반도체 다이 패키지에 대한 광범위한 시장의 다양한 가격 및 성능 요구 사항을 충족하기 위해 예측된 다이 신뢰성을 허용할 수 있다. 예를 들어, 전기 테스트 및/또는 스트레스 테스트를 통과하는 높은 I-PAT 점수를 갖는 다이는 전체 반도체 다이 패키지에 대한 불량 원인이 될 가능성이 높기 때문에 수율을 향상시키고 비용을 절감하기 위해서는 모든 반도체 다이 스택에서 거부되어야 한다. 다른 예로서, 매우 낮은 I-PAT 점수 및 양호한 전기 테스트 및/또는 스트레스 테스트 결과를 갖는 반도체 다이는 가장 중요한

애플리케이션에 사용될 수 있는 프리미엄 "양품 보증 다이"로 간주될 수 있다. 다른 예로서, 통과했지만 높은 I-PAT 점수를 갖는 다이는 신뢰성 요구 사항이 낮은 저렴한 시장 세분화에서 여전히 유용할 수 있다.

[0070] 본 명세서에서, KGD 서브시스템(306)은 임의의 적층 방법론에서 사용되는 모든 반도체 다이 평가에 적합하고 현재 철저한 전기 테스트 능력이 부족한 고급 디바이스의 베어 반도체 다이에 대한 특정 값을 보유하는 것으로 믿어진다는 점을 유념한다.

[0071] 이와 관련하여, KGD 서브시스템(306)은 반도체 다이 포장업체에 대한 추가 임계값을 생성할 수 있다. I-PAT 정보를 추가하면 "양품 보증 다이"를 판정하고 보다 예측 가능한 다이 스택 신뢰성을 생성하는 공급망의 능력을 향상시키면서 여러 세분화의 고유한 요구 사항을 충족시킨다. I-PAT 가중 결함 이상치 스크리닝으로 생성된 점수를 활용함으로써, KGD 서브시스템(306)은 전기 테스트 및/또는 스트레스 테스트에 실패할 가능성이 있는 반도체 다이(302)에 대한 독립적이고 상관성이 높은 검출을 제공한다. 또한, KGD 서브시스템(306)은 테스트 커버리지 갭, 통계적 테스트 탈출, 테스트되지 않은 불량 모드, 테스트할 수 없는 다이 영역 및/또는 현재의 전기 테스트 및/또는 스트레스 테스트 중심 방법에서는 볼 수 없는 활성화되지 않은 잠재적 불량에 존재하는 잠재적 다이 결함 구동 불량 메커니즘을 인식하는 추가 이점을 제공할 수 있다. 또한, I-PAT 데이터가 기존 전기 테스트 데이터 및/또는 스트레스 테스트 데이터와 중복되면 반도체 다이의 적합성을 독립적으로 확인하는 동시에 적절한 반도체 다이 배치를 결정하기 위한 유용한 추가 데이터를 제공한다.

[0072] 다른 실시예에서, KGD 서브시스템(306)은 품질 향상 및 반도체 다이 공급업체 관리로 반도체 다이 포장업체를 돕기 위해 하나 이상의 반도체 다이 공급업체로부터의 반도체 다이에 대한 시간 경과에 따른 최종 패키지 수율에 대해 I-PAT 점수를 비교하고 추세를 파악할 수 있다.

[0073] 단계 418에서, 하나 이상의 필터링 및 분류된 반도체 다이에 관한 데이터가 전송된다. 일 실시예에서, 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)는 (예를 들어, 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)을 통해) 반도체 다이 포장업체에 전송된다.

[0074] 도 4c는 본 개시의 하나 이상의 실시예에 따른 반도체 다이 패키지를 제조하기 위한 방법 또는 프로세스(420)를 도시한다. 본 명세서에서, 방법 또는 프로세스(420)는 방법 또는 프로세스(410) 직후에, 방법 또는 프로세스(410) 이후에 선택된 시간에, 또는 방법 또는 프로세스(410)와 독립적으로 수행될 수 있음을 유념한다.

[0075] 단계 422에서, 하나 이상의 필터링 및 분류된 반도체 다이에 관한 데이터가 수신된다. 일 실시예에서, KGD 서브시스템(306)에 의해 결정된 하나 이상의 필터링 및 분류된 반도체 다이(302)에 관한 데이터는 제어기 또는 서버(102)로부터 (예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114) 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(120)를 통해) 하나 이상의 반도체 다이 포장업체에 전송된다.

[0076] 단계 424에서, 하나 이상의 반도체 다이 패키지(304)가 제조된다. 일 실시예에서, 하나 이상의 반도체 다이 포장업체가 하나 이상의 필터링 및 분류된 반도체 다이(302)를 획득한다. 예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 포장업체는 전달 전에 필터링 및 분류된 하나 이상의 반도체 다이(302)를 직접 선택할 수 있다. 다른 예로서, 하나 이상의 반도체 다이 포장업체는 반도체 다이(302)를 대량으로 구매할 수 있고, 그런 다음 하나 이상의 필터링 및 분류된 반도체 다이(302)를 분리할 수 있다.

[0077] 다른 실시예에서, 하나 이상의 반도체 다이 포장업체는 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 바와 같이, 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)으로 하나 이상의 필터링 및 분류된 반도체 다이(302)를 포함하는 하나 이상의 반도체 다이 패키지(304)를 생성한다. 예를 들어, 필터링 및 분류된 반도체 다이(302)가 획득되어 2.5D 및/또는 3D 배열로 하나 이상의 반도체 다이 패키지(304)의 제조에 사용될 수 있다.

[0078] 단계 426에서, 피드 포워드 또는 피드백 루프로 하나 이상의 반도체 다이 공급업체에 데이터가 전송된다. 일 실시예에서, 데이터는 적어도 KGD 서브시스템(306)에 의해 생성된 반도체 다이 신뢰성 데이터에 기초하여 반도체 다이 제조 시스템 및 프로세스 또는 방법을 개선하는 데 사용된다.

[0079] 본 명세서에서, 하나의 예시적인 예가 3개의 별도의 반도체 다이 공급업체로부터 3D 반도체 다이 스택용 베어 다이 구성 요소를 수신하는 자동차, 군사, 항공 및/또는 의료 산업의 반도체 다이 포장업체와 관련되어 있으며, 반도체 웨이퍼 프로브 동안 테스트를 방지하는 정보(예를 들어, 메모리 및 로직)의 부족으로 인해 신뢰성이 불확실한 각각의 베어 다이 구성 요소가 3개의 별도의 반도체 다이 공급업체에 의해 전달된다.

[0080] KGD 서브시스템(306)이 없으면, 십억분율(PPB) 범위의 불량률로 동작하는 자동차, 군사, 항공 및/또는 의료 산업의 반도체 다이 포장업체는 제한된 베어 다이 테스트 데이터 및 구성 요소의 무작위 페어링 또는 비닝에 기초

하여 구성 요소를 3D 반도체 다이 패키지에 통합해야 할 수 있다. 테스트할 수 없는 불량 및 기타 테스트 갭과 결합된 구성 요소 수율의 곱셈 효과는 명확한 소유권이나 개선 경로가 없는 패키징에서 비싸고 예측할 수 없는 수율 손실을 초래한다.

[0081] 그러나, KGD 서브시스템(306)을 사용하면, 십억분율(PPB) 범위의 불량률로 동작하는 자동차, 군사, 항공 및/또는 의료 산업의 반도체 다이 포장업체는 유입되는 각각의 반도체 다이 공급업체의 I-PAT 점수를 활용하여 이상치 구성 요소를 완전히 거부하여 다른 다이 구성 요소의 수율 손실 비용 및 통합 비용을 줄일 수 있다. 또한, 반도체 다이 포장업체는 유사한 I-PAT 점수의 반도체 다이를 임무 및 안전에 가장 중요한 역할에 사용하기 위해 가장 높은 신뢰성 확률을 갖는 스택으로 페어링 또는 비닝할 수 있으며, 덜 중요한 애플리케이션에서는 다른 구성 요소를 재사용할 수 있다. 또한, I-PAT 점수는 공급망 관리 및 지속적인 개선 추진의 품질 지표로 사용될 수 있다.

[0082] 본 명세서에서, 시스템(100) 및 그 서브시스템(110, 114, 306) 및 대응하는 방법 또는 프로세스(400, 410, 420)는 별도의 반도체 다이 공급업체(예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110)을 소유함), 반도체 다이 포장업체(예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)을 소유함), 제어기 또는 서버(102)의 제3자 운영자, 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)의 제3자 운영자에 의해 동작될 수 있음을 유념한다.

[0083] 게다가, 본 명세서에서, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110), 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114), 제어기 또는 서버(102), 및/또는 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118, 120)는 공통적으로 소유될 수 있음을 유념한다. 하나의 비제한적인 예에서, 반도체 다이 포장업체는 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114) 및 제어기 또는 서버(102)를 소유할 수 있으며, 이는 KGD 서브시스템(306)을 다수의 반도체 다이 공급업체로부터 (예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110)을 통해) 데이터를 수신할 수 있는 로컬 서브시스템으로 만들 수 있다.

[0084] 다른 비제한적인 예에서, 반도체 다이 공급업체는 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(118)를 소유할 수 있다. 다른 비제한적인 예에서, 반도체 다이 포장업체는 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114) 및 하나 이상의 보조 제어기 또는 서버(120)를 소유할 수 있다.

[0085] 따라서, 본 개시 전체에 걸쳐 설명된 서브시스템, 제어기 또는 서버, 소유의 예는 단지 예시 목적으로 제공되고 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다는 것을 이해해야 한다.

[0086] 반도체 다이 데이터(112) 및/또는 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)는 비표준화 포맷일 수 있어 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 비표준화 데이터 포맷의 데이터를 사용하여 동작하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 반도체 다이 데이터(112) 및/또는 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)는 Android, Apple iOS, Microsoft Windows, Apple macOS, Linux, ChromeOS, Unix, Ubuntu, 독점 또는 비독점 데이터 포맷을 요구하는 독점 운영 체제 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 상이한 운영 체제에서 사용하도록 포맷팅될 수 있다.

[0087] 제어기 또는 서버(102)는 반도체 다이 패키지의 신뢰성을 평가하기 위해 표준화 데이터 포맷의 데이터를 사용하여 동작하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 데이터는 위의 비제한적인 목록에 있는 단일 운영 체제(또는 보완적인 운영 체제)에서 사용하도록 포맷팅될 수 있다. 시스템(100)은 반도체 다이 데이터(112) 및/또는 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)를 다수의 비표준화 데이터 포맷으로부터 제어기 또는 서버(102)에 대한 표준화 데이터 포맷의 데이터로 변환하도록 구성될 수 있다.

[0088] 하나의 비제한적인 예에서, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110)은 방법 또는 프로세스(400) 동안 또는 이후에 비표준화 데이터 포맷의 반도체 다이 데이터(112)를 생성할 수 있다.

[0089] 예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110)은 반도체 다이 데이터(112)를 제어기 또는 서버(102)에 전송하기 전에 표준화 데이터 포맷으로 변환할 수 있다.

[0090] 또한, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110)은 비표준화 데이터 포맷의 반도체 다이 데이터(112)를 제어기 또는 서버(102)에 전송할 수 있고, 제어기 또는 서버(102)는 반도체 다이 데이터(112)를 수신한 후에 그리고 방법 또는 프로세스(410)에서 사용하기 전에 표준화 데이터 포맷으로 변환할 수 있다.

[0091] 다른 비제한적인 예에서, 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 비표준화 데이터 포맷의 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)를 사용할 수 있다.

[0092] 예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 표준화 데이터 포맷의 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)를 수신할 수 있고, 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)를 수신한 후에 그리고 방법 또는 프로세스(420)에서 사용하기 전에 비표준 데이터 포맷으로 변환할 수 있다.

[0093] 또한, 제어기 또는 서버(102)는 방법 또는 프로세스(410) 동안 또는 이후에 그리고 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)에 전송하기 전에 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)를 비표준화 데이터 포맷으로 변환할 수 있으며, 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 비표준화 데이터 포맷의 반도체 다이 신뢰성 데이터(116)를 수신할 수 있다.

[0094] 본 명세서에서, "표준화 데이터 포맷" 및/또는 "비표준화 데이터 포맷"으로 동작하는 것의 구별은 제한하려는 의도가 아님을 유념한다. 예를 들어, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110) 및/또는 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114)은 표준화 데이터로 동작하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 제어기 또는 서버(102)는 비표준화 데이터로 동작하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110), 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114), 및 제어기 또는 서버(102)는 표준화 데이터로 동작하도록 구성될 수 있다. 다른 예로서, 하나 이상의 반도체 다이 공급업체 서브시스템(110), 하나 이상의 반도체 다이 포장업체 서브시스템(114), 및 제어기 또는 서버(102)는 비표준화 데이터로 동작하도록 구성될 수 있다. 따라서, 본 개시의 데이터 포맷의 예는 단지 예시 목적으로 제공되고 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다는 것을 이해해야 한다.

[0095] 본 명세서에서, 방법 또는 프로세스(400, 410, 420)는 제공된 단계 및/또는 하위 단계로 제한되지 않음을 유념한다. 방법 또는 프로세스(400, 410, 420)는 더 많거나 더 적은 단계 및/또는 하위 단계를 포함할 수 있다. 방법 또는 프로세스(400, 410, 420)는 단계 및/또는 하위 단계를 동시에 수행할 수 있다. 방법 또는 프로세스(400, 410, 420)는 제공된 순서 또는 제공되지 않은 순서를 포함하여 단계 및/또는 하위 단계를 순차적으로 수행할 수 있다. 그러므로, 상기 설명은 본 개시의 범위에 대한 제한으로 해석되어서는 안 되고, 단지 예시로서 해석되어야 한다.

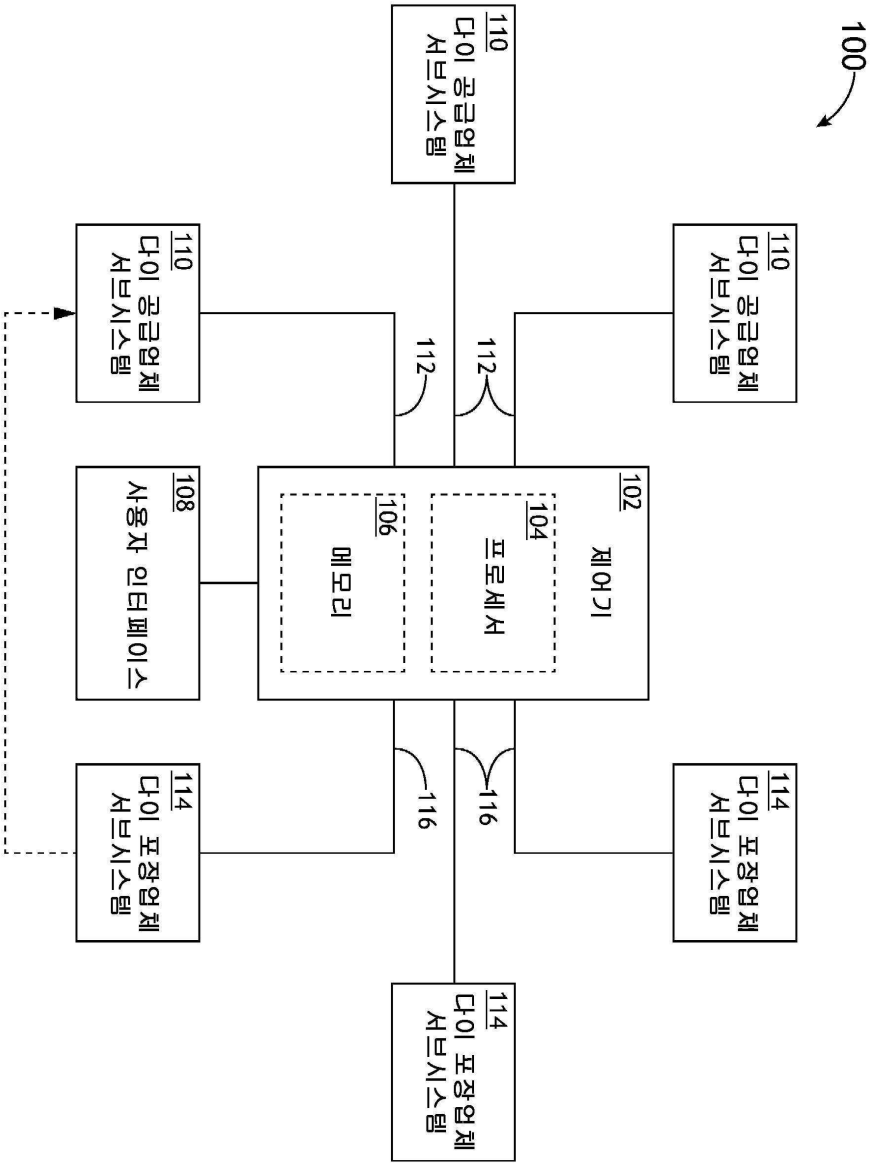
[0096] 이와 관련하여, 본 개시의 장점은 반도체 다이 포장업체가 반도체 다이 패키지에 사용하기 위한 양품 보증 다이(KGD)의 결정에 의존함으로써 수율 손실을 줄이는(따라서 비용, 제조 가동 중지 시간 등을 줄이는) 것을 포함한다. 본 개시의 장점은 또한 하나 또는 다수의 반도체 판매업체에 걸쳐 하나 또는 다수의 반도체 다이에 대한 결함 점수 또는 순위(예를 들어, 가중 또는 비가중)를 생성하기 위해 I-PAT 방법을 구현하는 것을 포함한다. 본 개시의 장점은 또한 유사한 신뢰성 위험 프로파일을 갖는 반도체 다이 또는 반도체 다이 서브패키지를 페어링하는 것을 포함한다. 본 개시의 장점은 또한 반도체 다이 패키지를 상이한 성능 및/또는 가격 또는 가치 카테고리로 세분화하는 것을 포함한다.

[0097] 본 명세서에 설명된 주제는 때때로 다른 구성 요소 내에 포함되거나 다른 구성 요소와 연결된 상이한 구성 요소를 나타낸다. 이와 같이 도시된 아키텍처는 단지 예시일 뿐이며 실제로 동일한 기능을 달성하는 많은 다른 아키텍처가 구현될 수 있음을 이해해야 한다. 개념적 의미에서, 동일한 기능을 달성하기 위한 구성 요소의 임의의 배열은 원하는 기능이 달성되도록 효과적으로 "연관"된다. 따라서, 특정 기능을 달성하기 위해 본 명세서에서 결합된 임의의 2개의 구성 요소는 아키텍처 또는 중간 구성 요소에 관계없이 원하는 기능이 달성되도록 서로 "연관"된 것으로 볼 수 있다. 마찬가지로, 이와 같이 연관된 임의의 2개의 구성 요소는 원하는 기능을 달성하기 위해 서로 "연결" 또는 "결합"된 것으로 볼 수 있으며, 이와 같이 연관될 수 있는 임의의 2개의 구성 요소는 원하는 기능을 달성하기 위해 서로 "결합 가능"한 것으로 볼 수도 있다. 결합 가능의 구체적인 예는 물리적으로 상호 작용할 수 있는 및/또는 물리적으로 상호 작용하는 구성 요소 및/또는 무선으로 상호 작용할 수 있는 및/또는 무선으로 상호 작용하는 구성 요소 및/또는 논리적으로 상호 작용할 수 있는 및/또는 논리적으로 상호 작용하는 구성 요소를 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

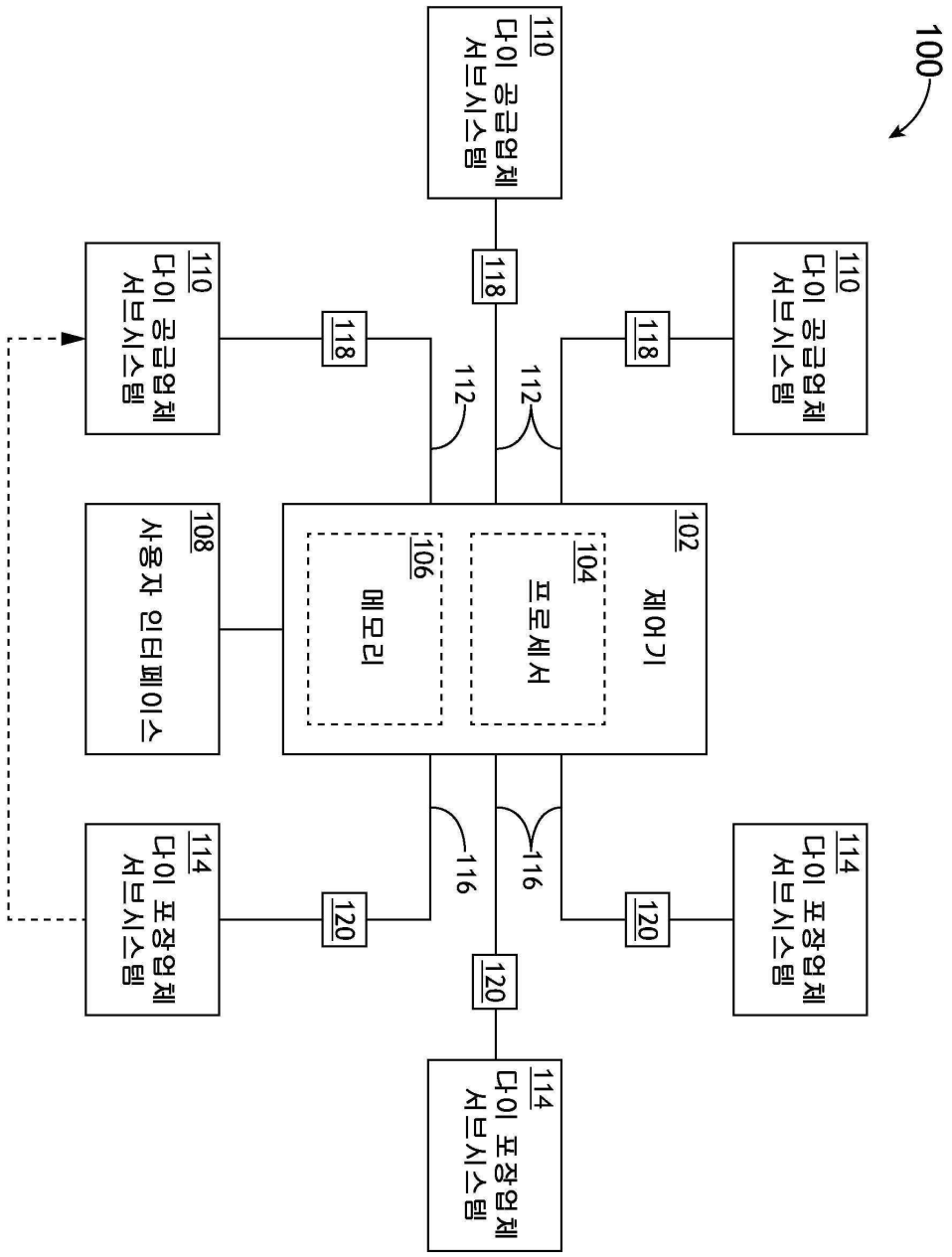
[0098] 본 개시 및 본 개시의 많은 부수적인 장점들이 전술한 설명에 의해 이해될 것으로 믿어지며, 개시된 주제를 벗어나지 않거나 본 개시의 모든 물질적 장점들을 희생시키지 않는 다양한 변경들이 구성 요소의 형태, 구성, 및 배열에 이루어질 수 있다는 것이 명백할 것이다. 설명된 형태는 단지 설명적인 것이며, 이러한 변경을 아우르고 포함하는 것은 다음 청구범위의 의도이다. 또한, 본 발명은 첨부된 청구범위에 의해 정의되는 것으로 이해되어야 한다.

도면

도면1a

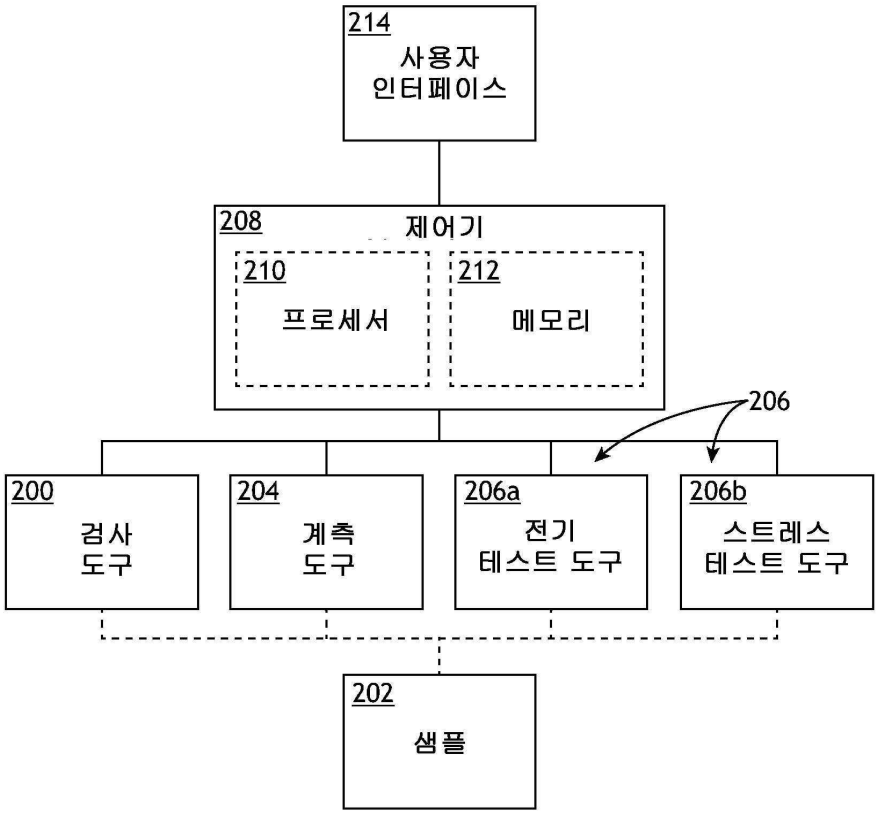

100
110
다이 공급업체
서브시스템
110
다이 공급업체
서브시스템
110
다이 공급업체
서브시스템
112
112
108
사용자 인터페이스
102
제어기
106
메모리
104
프로세서
114
다이 포장업체
서브시스템
114
다이 포장업체
서브시스템
116
116
114
다이 포장업체
서브시스템

도면1b


100
110
다이 공급업체 서브시스템
118
112
102
제어기
104
프로세서
106
메모리
108
사용자 인터페이스
114
다이 포장업체 서브시스템
116
120

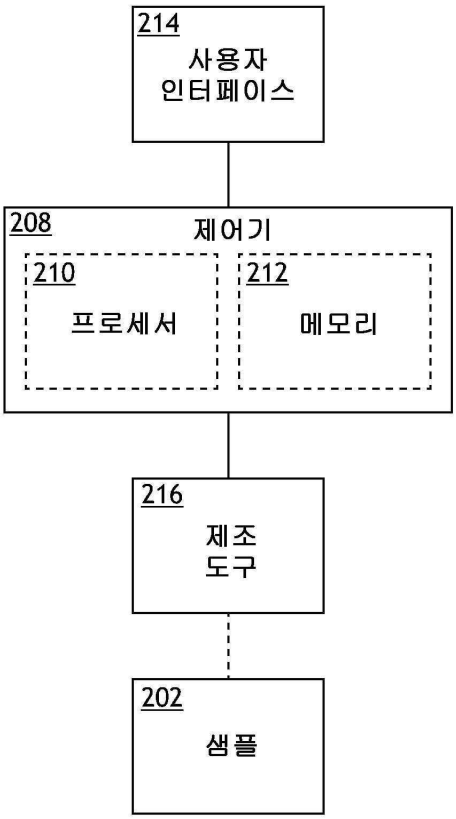
도면2a

110,114

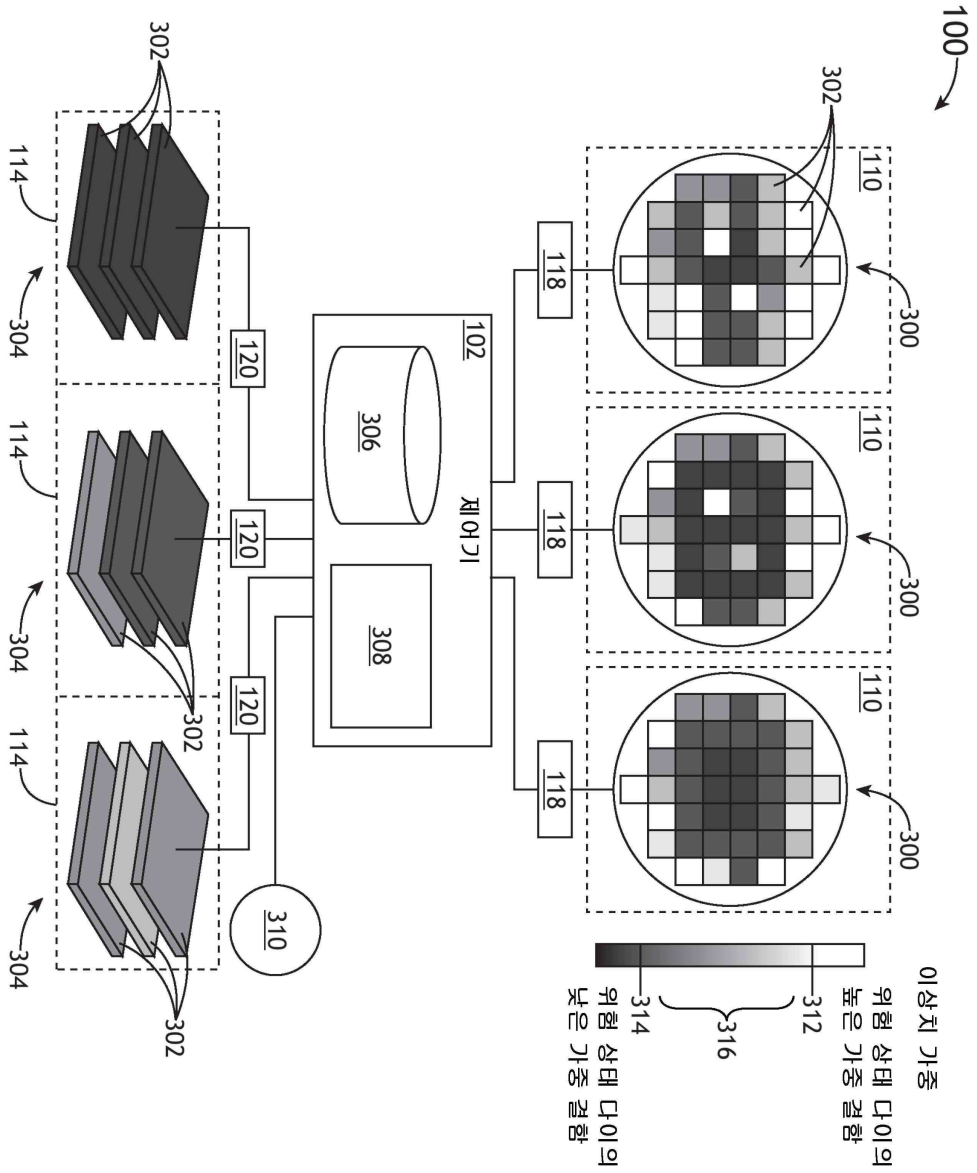

214
사용자
인터페이스
208
제어기
210
프로세서
212
메모리
206
200
검사
도구
204
계측
도구
206a
전기
테스트 도구
206b
스트레스
테스트 도구
202
샘플

도면2b

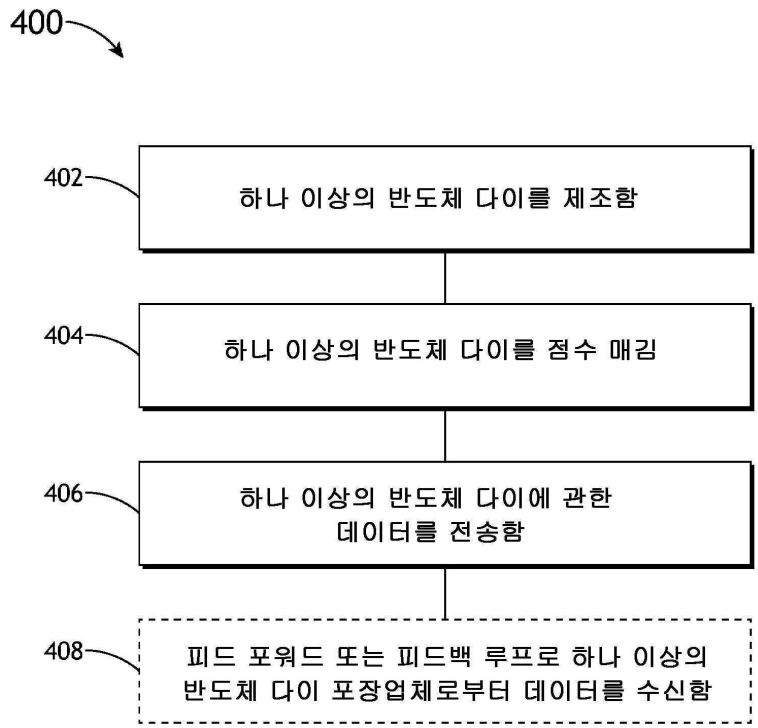
110,114



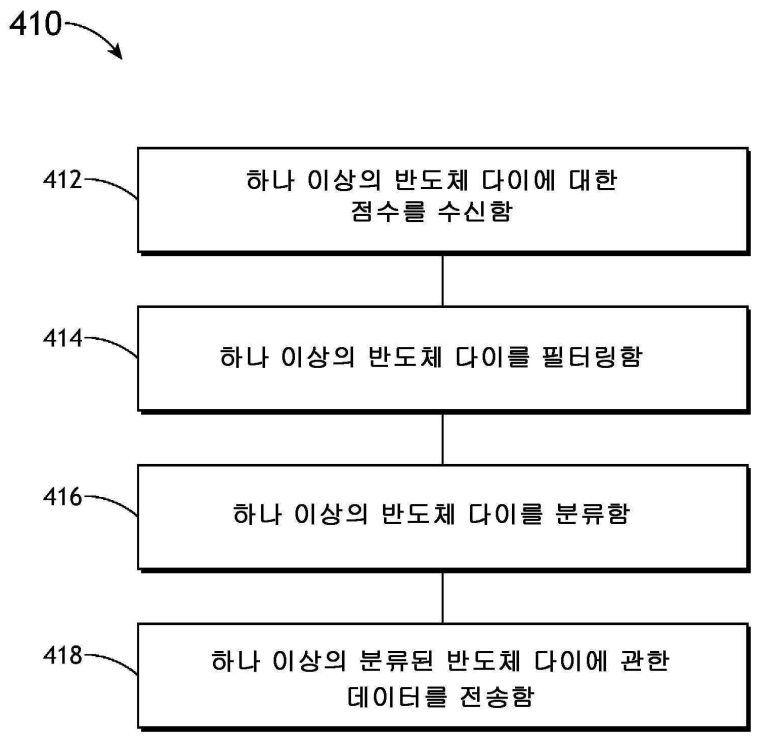
도면3


100
302
110
300
118
102
제어기
306
308
120
310
114
304
이상치 가중
위험 상태 다이의 높은 가중 결합
312
316
314
위험 상태 다이의 낮은 가중 결합

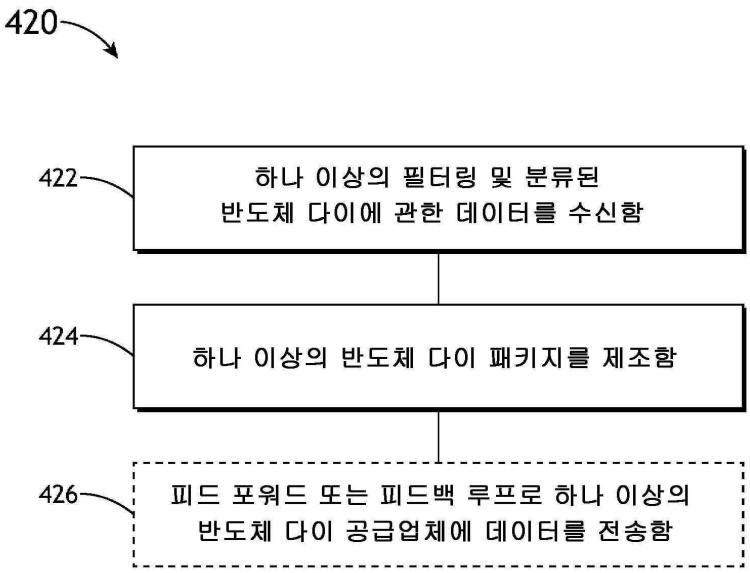
도면4a


400
402
하나 이상의 반도체 다이를 제조함
404
하나 이상의 반도체 다이를 점수 매김
406
하나 이상의 반도체 다이에 관한 데이터를 전송함
408
피드 포워드 또는 피드백 루프로 하나 이상의 반도체 다이 포장업체로부터 데이터를 수신함

도면4b


410
412
하나 이상의 반도체 다이에 대한 점수를 수신함
414
하나 이상의 반도체 다이를 필터링함
416
하나 이상의 반도체 다이를 분류함
418
하나 이상의 분류된 반도체 다이에 관한 데이터를 전송함

도면4c


420
422
하나 이상의 필터링 및 분류된
반도체 다이에 관한 데이터를 수신함
424
하나 이상의 반도체 다이 패키지를 제조함
426
피드 포워드 또는 피드백 루프로 하나 이상의
반도체 다이 공급업체에 데이터를 전송함