



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년05월17일
(11) 등록번호 10-2533845
(24) 등록일자 2023년05월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/67 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)
H01L 21/677 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/67242 (2013.01)
H01L 21/67742 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0009851
(22) 출원일자 2018년01월26일
심사청구일자 2021년01월25일
(65) 공개번호 10-2018-0091714
(43) 공개일자 2018년08월16일
(30) 우선권주장
15/425,921 2017년02월06일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2016146416 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
램 리써치 코퍼레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
타올라드 피터 에스.
미국, 캘리포니아 93135, 산호세, 파올러 코트 4108
제야팔란 아를셀람 시몬
미국, 캘리포니아 94538, 프리몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 30 항

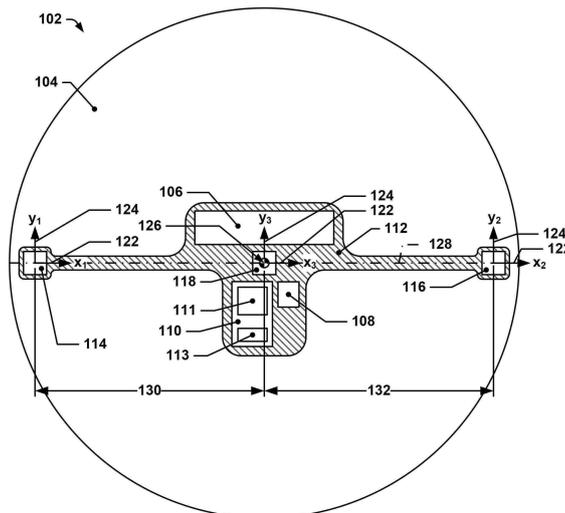
심사관 : 양광혁

(54) 발명의 명칭 반도체 프로세싱 툴과 선택가능하게 통합하는 스마트 진동 웨이퍼

(57) 요약

상부에 2 개의 이격된 가속도계들이 장착된 테스트 웨이퍼가 개시된다. 가속도계들은 테스트 웨이퍼의 무게 중심을 통과하는 공통 축을 따라 위치된 위치들에 위치될 수도 있다. 테스트 웨이퍼는 가속도계들에 의해 수집된 가속 데이터를 또 다른 디바이스로 송신하도록 사용될 수도 있는 제어기를 포함할 수도 있다. 일부 구현예들에서, 반도체 프로세싱 툴과 함께 남아 있고 그리고 웨이퍼 핸들링 로봇이 기관 이송 동작들을 수행하지 않을 때 기간들 동안 테스트 사이클을 수행하기 위한 웨이퍼 핸들링 로봇에 의해 검색될 수도 있는 테스트 웨이퍼를 저장하기 위한 테스트 웨이퍼 리셉터클을 포함하는 반도체 프로세싱 툴이 제공된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 22/30 (2013.01)

(72) 발명자

블랭크 리처드 엠.

미국, 캘리포니아 95130, 산호세, 파세오 올리보스
5033

링골드 타이슨 리

미국, 캘리포니아 94040, 마운틴 뷰, 보니타 에비
뉴 981, 19호

에스피노사 3세 빅터 에두아도

미국, 캘리포니아 93401, 산 루이스 오비스포, 팜
스트리트 1249, 2호

명세서

청구범위

청구항 1

반도체 프로세싱 툴의 특성을 평가하기 위한 장치로서, 상기 장치는,

플랫폼으로서, 상기 플랫폼은 반도체 프로세싱 툴 내 웨이퍼 핸들링 로봇의 엔드 이펙터에 의해 반송되도록 크기가 정해지는 (sized), 상기 플랫폼;

제 1 가속도계;

제 2 가속도계; 및

하나 이상의 프로세서들 및 상기 하나 이상의 프로세서들과 동작가능하게 연결된 메모리를 포함하는 제어기를 포함하고,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 2축 가속도계 또는 3축 가속도계이고 그리고 상기 플랫폼에 수직인 방향을 따라 볼 때 상기 장치의 무게 중심 (the center of gravity) 과 교차하는 공통 축을 따라 이격된 위치들의 상기 플랫폼 상에 위치되고; 그리고

상기 메모리는:

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계에 의해 생성된 가속도 데이터를 획득하고, 그리고

상기 가속도 데이터를 사용하여 상기 장치의 상기 무게 중심을 중심으로 상기 플랫폼의 평면에 서 회전 가속도를 결정하도록, 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장하는, 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 가속도 데이터는 상기 공통 축에 평행한 상기 제 1 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 1 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 상기 제 1 가속도계로부터의 데이터를 포함하고, 그리고

상기 가속도 데이터는 상기 공통 축에 평행한 상기 제 2 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 2 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 상기 제 2 가속도계로부터의 데이터를 더 포함하는, 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 가속도 데이터를 사용하여 상기 장치의 상기 무게 중심을 중심으로 상기 플랫폼의 상기 평면에서 회전 가속도를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은:

상기 장치의 상기 무게 중심에서 그리고 상기 제 2 축들에 평행한 축을 따른 CG (center-of-gravity) 가속도 크기를 결정하고,

상기 제 1 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도의 크기로부터 상기 CG 가속도 크기를 감산함으로써, 적어도 부분적으로, 제 1 접선 가속도 크기를 결정하고, 그리고

적어도 상기 제 1 접선 가속도 크기 및 상기 플랫폼의 상기 평면에서 상기 제 1 가속도계와 상기 장치의 상기 무게 중심 사이의 거리를 사용하여 상기 회전 가속도를 결정하도록, 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함하는, 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 플랫폼에 위치되고 상기 장치의 상기 무게 중심에 배치된 제 3 가속도계를 더 포함하고,

상기 가속도 데이터는 상기 제 1 가속도계의 상기 제 2 축에 평행한 축을 따른 가속도 크기를 나타내는 상기 제 3 가속도계로부터의 데이터를 더 포함하고, 그리고

상기 CG 가속도 크기를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 상기 인스트럭션들은 상기 하나 이상의 프로세서들로 하여금 상기 CG 가속도 크기로서, 상기 제 3 가속도계로부터 그리고 상기 제 1 가속도계의 상기 제 2 축에 평행한 상기 축을 따른 상기 가속도 크기를 사용하게 하는, 장치.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 상기 장치의 상기 무게 중심으로부터 등거리로 이격되고, 그리고

상기 CG 가속도 크기를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 상기 인스트럭션들은 상기 CG 가속도 크기를 얻기 위해 상기 하나 이상의 프로세서들로 하여금 상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계에 대한 상기 제 2 축들을 따른 가속도 크기들로 평균을 내게 하는, 장치.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 가속도 데이터를 사용하여 상기 장치의 상기 무게 중심을 중심으로 상기 플랫폼의 상기 평면에서 회전 가속도를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은 상기 하나 이상의 프로세서들로 하여금:

상기 제 2 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도의 크기로부터 상기 CG 가속도 크기를 감산함으로써, 적어도 부분적으로, 제 2 접선 가속도 크기를 결정하고, 그리고

적어도 상기 제 1 접선 가속도 크기, 상기 플랫폼의 상기 평면에서 상기 제 1 가속도계와 상기 장치의 상기 무게 중심 사이의 거리, 상기 제 2 접선 가속도 크기 및 상기 플랫폼의 상기 평면에서 상기 제 2 가속도계와 상기 장치의 상기 무게 중심 사이의 거리를 사용하여 상기 회전 가속도를 결정하게 하는 다른 인스트럭션들을 포함하는, 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 2축 가속도계 또는 3축 가속도계이고,

상기 가속도 데이터는 상기 공통 축에 평행한 상기 제 1 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 1 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 상기 제 1 가속도계에 대한 데이터를 포함하고,

상기 가속도 데이터는 또한 상기 공통 축에 평행한 상기 제 2 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 2 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 상기 제 2 가속도계에 대한 데이터를 포함하고,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 상기 장치의 상기 무게 중심으로부터 등거리로 이격되고, 그리고

상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은:

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계의 상기 제 1 축들을 따른 가속도 크기들을 평균함으로써 상기 제 1 축들에 평행한 제 1 CG 축을 따라 그리고 상기 장치의 상기 무게 중심에서 제 1 CG 가속도 크기를 결정하고, 그리고

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계의 상기 제 2 축들을 따른 가속도 크기들을 평균함으로써 상기 제 2 축들에 평행한 제 2 CG 축을 따라 그리고 상기 장치의 상기 무게 중심에서 제 2 CG 가속도 크기를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함하는, 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 2축 가속도계 또는 3축 가속도계이고,

상기 가속도 데이터는 상기 공통 축에 평행한 상기 제 1 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 1 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도 크기들을 나타내는 상기 제 1 가속도계에 대한 데이터를 포함하고,

상기 가속도 데이터는 또한 상기 공통 축에 평행한 상기 제 2 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 2 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도 크기들을 나타내는 상기 제 2 가속도계에 대한 데이터를 포함하고,

상기 장치의 상기 무게 중심이 상기 제 1 가속도계와 상기 제 2 가속도계 사이에 있도록, 상기 제 1 가속도계는 상기 장치의 상기 무게 중심으로부터 제 1 거리에 위치되고 상기 제 2 가속도계는 상기 장치의 상기 무게 중심으로부터 제 2 거리에 위치되고, 그리고

상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은:

상기 제 1 축들에 평행한 제 1 CG 축을 따라 그리고 상기 장치의 상기 무게 중심에서 상기 제 1 거리 × 상기 제 2 가속도계에 대한 상기 제 1 축을 따른 상기 가속도 크기와 상기 제 2 거리 × 상기 제 1 가속도계에 대한 상기 제 1 축을 따른 상기 가속도 크기의 합을 상기 제 1 거리와 상기 제 2 거리의 합으로 나눔으로써 CG 가속도 크기를 결정하고, 그리고

상기 제 2 축들에 평행한 제 2 CG 축을 따라 그리고 상기 장치의 상기 무게 중심에서 상기 제 1 거리 × 상기 제 2 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도 크기와 상기 제 2 거리 × 상기 제 1 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도 크기의 합을 상기 제 1 거리와 상기 제 2 거리의 합으로 나눔으로써 CG 가속도 크기를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함하는, 장치.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 플랫폼에 위치되고 상기 장치의 상기 무게 중심에 배치된 제 3 가속도계를 더 포함하고,

상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은:

상기 제 3 가속도계로부터 CG 가속도 데이터를 획득하고,

제 1 가속도 델타를 결정하기 위해 상기 제 1 CG 가속도 크기에 대해 상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계의 상기 제 1 축들에 평행한 축을 따른 상기 제 3 가속도계에 대한 가속도 크기를 비교하고,

제 2 가속도 델타를 결정하기 위해 상기 제 2 CG 가속도 크기에 대해 상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계의 상기 제 2 축들에 평행한 축을 따른 상기 제 3 가속도계에 대한 가속도 크기를 비교하고,

상기 제 1 가속도 델타, 상기 제 2 가속도 델타, 및 제 1 임계값 (threshold) 에 대한 상기 제 1 가속도 델타 및 상기 제 2 가속도 델타로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 아이টে를 비교함으로써 에러 상태가 존재하는지 여부를 결정하고, 그리고

통신 인터페이스로 하여금 상기 에러 상태가 존재한다는 결정에 응답하여 제 1 에러 코드 신호를 송신 하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 더 포함하는, 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은:

상기 장치의 상기 무게 중심에서 그리고 상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계의 상기 제 2 축들에 평행한 축을 따른 CG 가속도 크기를 결정하고,

적어도 부분적으로, 상기 제 1 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도 크기로부터 상기 CG 가속도 크기를 감산함으로써 제 1 접선 가속도 크기를 결정하고,

적어도 부분적으로, 상기 제 2 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도 크기로부터 상기 CG 가속도 크기를 감산함으로써 제 2 접선 가속도 크기를 결정하고,

a) 상기 제 1 접선 가속도 크기가 상기 제 2 접선 가속도 크기에 대해 방향이 반대인지 그리고 b) 상기 제 1 접선 가속도 크기의 절대값 및 상기 제 2 접선 가속도 크기의 절대값이 각각의 제 2 임계량 내인지 여부를 결정하도록 상기 제 1 접선 가속도 크기와 상기 제 2 접선 가속도 크기를 비교하고, 그리고

a) 또는 b) 중 하나 또는 둘다가 만족하지 않는다는 것에 응답하여 상기 통신 인터페이스로 하여금 제 2 에러 코드 신호를 송신하게 하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 더 포함하는, 장치.

청구항 11

공칭 기관 사이즈를 갖는 하나 이상의 기관들을 포함하는 FOUF (front-opening unified pod) 를 수용하도록 각각 구성된 하나 이상의 로드 포트들을 갖는 EFEM (equipment front end module);

하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들;

상기 EFEM과 상기 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들 사이에 개재된 로드록;

테스트 웨이퍼를 수용하도록 크기가 정해지는 테스트 웨이퍼 리셉터클로서, 상기 테스트 웨이퍼 리셉터클은 상기 EFEM 내 또는 상기 EFEM에 인접하여 배치되는, 상기 테스트 웨이퍼 리셉터클;

상기 EFEM 내에 배치되고 상기 하나 이상의 로드 포트들과 상기 로드록 사이에서 웨이퍼들을 이송하도록 구성된 엔드 이펙터를 갖는, 웨이퍼 핸들링 로봇; 및

하나 이상의 프로세서들 및 하나 이상의 메모리들을 포함하고,

상기 하나 이상의 메모리들은,

상기 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들로 하여금 상기 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들 내로 배치된 기관들 상에서 하나 이상의 반도체 프로세싱 동작들을 수행하게 하고,

상기 웨이퍼 핸들링 로봇으로 하여금 상기 기관들 상에서 수행된 상기 반도체 프로세싱 동작들에 의해 구동된 스케줄에 따라 상기 하나 이상의 로드 포트들과 상기 로드록 사이에서 기관들을 이송하게 하고, 그리고

상기 웨이퍼 핸들링 로봇으로 하여금 상기 하나 이상의 로드 포트들과 상기 로드록 간의 상기 기관들의 이송이 테스트 사이클에 의해 중단되지 않도록 선택된 테스트 인터벌 동안 상기 테스트 사이클을 수행하게 하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장하고,

상기 테스트 사이클은 상기 테스트 웨이퍼 리셉터클로부터 테스트 웨이퍼를 회수하는 단계, 상기 테스트 웨이퍼를 사용하여 진단 테스트를 수행하는 단계, 및 상기 테스트 웨이퍼를 상기 테스트 웨이퍼 리셉터클로 리턴하는 단계를 포함하는, 반도체 프로세싱 틀.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 테스트 웨이퍼를 더 포함하고,

상기 테스트 웨이퍼는,

플랫폼으로서, 상기 플랫폼은 상기 웨이퍼 핸들링 로봇의 상기 엔드 이펙터에 의해 반송되도록 크기가 정해지는, 상기 플랫폼;

제 1 가속도계; 및

제 2 가속도계를 포함하고,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 상기 플랫폼에 수직인 방향을 따라 볼 때 상기 테스트 웨이퍼의 무게 중심에 교차하는 공통 축을 따라 이격된 위치들에서 상기 플랫폼에 위치되고; 그리고

상기 하나 이상의 메모리들은:

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계로부터 가속도 데이터를 획득하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 다른 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장하는, 반도체 프로세싱 툴.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 테스트 웨이퍼 리셉터클은,

상기 EFEM에 대해 고정된 위치; 상기 테스트 웨이퍼 리셉터클이 상기 테스트 웨이퍼로 하여금 상기 EFEM으로부터 상기 테스트 웨이퍼 리셉터클 내로 삽입되게 하도록 크기가 정해진 개구부에 의해 상기 EFEM과 연결되도록 상기 EFEM에 인접한 위치로 구성된 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 위치들에 위치되고; 그리고 상기 EFEM의 코너부들 중 하나에 위치되는, 반도체 프로세싱 툴.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 테스트 사이클은 상기 테스트 웨이퍼에 대한 적어도 하나의 가속도계로부터 도출된 데이터에 대해 상기 테스트 웨이퍼에 대한 적어도 하나의 다른 가속도계로부터 도출된 데이터를 비교함으로써, 상기 테스트 웨이퍼에 대한 가속도계 캘리브레이션 체크를 수행하는 단계를 더 포함하는, 반도체 프로세싱 툴.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 메모리는:

상기 테스트 사이클 동안 상기 웨이퍼 핸들링 로봇으로 하여금 상기 테스트 사이클과 연관된 하나 이상의 모션들을 수행하게 하고,

상기 테스트 사이클 동안 상기 테스트 웨이퍼에 대한 하나 이상의 가속도계들에 의해 제어된 데이터를 수신하고,

상기 테스트 웨이퍼에 대한 상기 하나 이상의 가속도계들에 의해 수집된 상기 데이터가 상기 하나 이상의 모션들과 연관된 하나 이상의 기준을 수반하는 테스트 조건을 통과하는지 여부를 결정하고, 그리고

상기 하나 이상의 가속도계들에 의해 수집된 상기 데이터가 상기 테스트 조건을 통과한다는 결정에 응답하여 에러 상태 신호를 생성하도록, 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장하는, 반도체 프로세싱 툴.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 메모리는 기준 스케줄에 따라 재발하는 단위로 상기 테스트 사이클을 주기적으로 수행하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 더 저장하는, 반도체 프로세싱 툴.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 에러 상태 신호는 상기 웨이퍼 핸들링 로봇이 서비스를 필요로 한다는 것을 나타내는 정보를 포함하는, 반도체 프로세싱 툴.

청구항 18

제 12 항에 있어서,

상기 테스트 웨이퍼는 통신 인터페이스를 더 포함하고,

2 이상의 프로세서들 및 2 이상의 메모리들이 있고,

상기 2 이상의 프로세서들 중 적어도 하나 및 상기 2 이상의 메모리들 중 적어도 하나는 상기 플랫폼에 의해 지지된 테스트 웨이퍼 제어기의 일부이고 그리고 상기 2 이상의 프로세서들 중 적어도 다른 하나 및 상기 2 이상의 메모리들 중 적어도 다른 하나는 상기 테스트 웨이퍼로부터 분리된 디바이스 내에 있고, 그리고

상기 테스트 웨이퍼 제어기의 상기 적어도 하나의 메모리는 상기 통신 인터페이스를 통해 상기 테스트 웨이퍼로부터 분리된 상기 디바이스로 상기 가속도 데이터를 송신하도록 상기 테스트 웨이퍼 제어기의 상기 적어도 하나의 프로세서를 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장하는, 반도체 프로세싱 툴.

청구항 19

반도체 프로세싱 툴의 특성을 평가하기 위한 시스템으로서, 상기 시스템은,

플랫폼, 제 1 가속도계, 및 제 2 가속도계를 포함하는 테스트 웨이퍼로서, 상기 플랫폼은 반도체 프로세싱 툴 내 웨이퍼 핸들링 로봇의 엔드 이펙터에 의해 반송되도록 크기가 정해지는 (sized), 상기 테스트 웨이퍼; 및

하나 이상의 프로세서들 및 상기 하나 이상의 프로세서들과 동작가능하게 연결된 메모리를 포함하는 제어기를 포함하고,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 2축 가속도계 또는 3축 가속도계이고 그리고 상기 플랫폼에 수직인 방향을 따라 볼 때 상기 테스트 웨이퍼의 무게 중심 (the center of gravity) 과 교차하는 공통 축을 따라 이격된 위치들의 상기 플랫폼 상에 위치되고; 그리고

상기 메모리는:

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계에 의해 생성된 가속도 데이터를 획득하고, 그리고

상기 가속도 데이터를 사용하여 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심을 중심으로 상기 플랫폼의 평면에서 회전 가속도를 결정하도록, 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장하는, 시스템.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 가속도 데이터는 상기 공통 축에 평행한 상기 제 1 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 1 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 상기 제 1 가속도계로부터의 데이터를 포함하고, 그리고

상기 가속도 데이터는 상기 공통 축에 평행한 상기 제 2 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 2 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 상기 제 2 가속도계로부터의 데이터를 더 포함하는, 시스템.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 가속도 데이터를 사용하여 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심을 중심으로 상기 플랫폼의 상기 평면에서 회전 가속도를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은:

상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심에서 그리고 상기 제 2 축들에 평행한 축을 따른 CG (center-of-gravity) 가속도 크기를 결정하고,

상기 제 1 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도의 크기로부터 상기 CG 가속도 크기를 감산함으로써, 적어도 부분적으로, 제 1 접선 가속도 크기를 결정하고, 그리고

적어도 상기 제 1 접선 가속도 크기 및 상기 플랫폼의 상기 평면에서 상기 제 1 가속도계와 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심 사이의 거리를 사용하여 상기 회전 가속도를 결정하도록, 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함하는, 시스템.

청구항 22

제 21항에 있어서,

상기 플랫폼에 위치되고 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심에 배치된 제 3 가속도계를 더 포함하고,

상기 가속도 데이터는 상기 제 1 가속도계의 상기 제 2 축에 평행한 축을 따른 가속도 크기를 나타내는 상기 제 3 가속도계로부터의 데이터를 더 포함하고, 그리고

상기 CG 가속도 크기를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 상기 인스트럭션들은 상기 하나 이상의 프로세서들로 하여금 상기 CG 가속도 크기로서, 상기 제 3 가속도계로부터 그리고 상기 제 1 가속도계의 상기 제 2 축에 평행한 상기 축을 따른 상기 가속도 크기를 사용하게 하는, 시스템.

청구항 23

제 21 항에 있어서,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심으로부터 등거리로 이격되고, 그리고

상기 CG 가속도 크기를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 상기 인스트럭션들은 상기 CG 가속도 크기를 얻기 위해 상기 하나 이상의 프로세서들로 하여금 상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계에 대한 상기 제 2 축들을 따른 가속도 크기들로 평균을 내게 하는, 시스템.

청구항 24

제 21 항에 있어서,

상기 가속도 데이터를 사용하여 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심을 중심으로 상기 플랫폼의 상기 평면에서 회전 가속도를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은 상기 하나 이상의 프로세서들로 하여금:

상기 제 2 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도의 크기로부터 상기 CG 가속도 크기를 감산함으로써, 적어도 부분적으로, 제 2 접선 가속도 크기를 결정하고, 그리고

적어도 상기 제 1 접선 가속도 크기, 상기 플랫폼의 상기 평면에서 상기 제 1 가속도계와 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심 사이의 거리, 상기 제 2 접선 가속도 크기 및 상기 플랫폼의 상기 평면에서 상기 제 2 가속도계와 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심 사이의 거리를 사용하여 상기 회전 가속도를 결정하게 하는 다른 인스트럭션들을 포함하는, 시스템.

청구항 25

제 19 항에 있어서,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 2축 가속도계 또는 3축 가속도계이고,

상기 가속도 데이터는 상기 공통 축에 평행한 상기 제 1 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 1 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 상기 제 1 가속도계에 대한 데이터를 포함하고,

상기 가속도 데이터는 또한 상기 공통 축에 평행한 상기 제 2 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 2 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 상기 제 2 가속도계에 대한 데이터를 포함하고,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심으로부터 등거리로 이격되고, 그리고

상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은:

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계의 상기 제 1 축들을 따른 가속도 크기들을 평균함으로써 상기 제 1 축들에 평행한 제 1 CG 축을 따라 그리고 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심에서 제 1 CG 가속도 크기를 결정하고, 그리고

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계의 상기 제 2 축들을 따른 가속도 크기들을 평균함으로써 상기 제 2 축들에 평행한 제 2 CG 축을 따라 그리고 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심에서 제 2 CG 가속도 크

기를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함하는, 시스템.

청구항 26

제 19 항에 있어서,

상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계는 2축 가속도계 또는 3축 가속도계이고,

상기 가속도 데이터는 상기 공통 축에 평행한 상기 제 1 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 1 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도 크기들을 나타내는 상기 제 1 가속도계에 대한 데이터를 포함하고,

상기 가속도 데이터는 또한 상기 공통 축에 평행한 상기 제 2 가속도계의 제 1 축 및 상기 제 1 축에 수직인 상기 제 2 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도 크기들을 나타내는 상기 제 2 가속도계에 대한 데이터를 포함하고,

상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심이 상기 제 1 가속도계와 상기 제 2 가속도계 사이에 있도록, 상기 제 1 가속도계는 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심으로부터 제 1 거리에 위치되고 상기 제 2 가속도계는 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심으로부터 제 2 거리에 위치되고, 그리고

상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은:

상기 제 1 축들에 평행한 제 1 CG 축을 따라 그리고 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심에서 상기 제 1 거리 × 상기 제 2 가속도계에 대한 상기 제 1 축을 따른 상기 가속도 크기와 상기 제 2 거리 × 상기 제 1 가속도계에 대한 상기 제 1 축을 따른 상기 가속도 크기의 합을 상기 제 1 거리와 상기 제 2 거리의 합으로 나눈으로써 CG 가속도 크기를 결정하고, 그리고

상기 제 2 축들에 평행한 제 2 CG 축을 따라 그리고 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심에서 상기 제 1 거리 × 상기 제 2 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도 크기와 상기 제 2 거리 × 상기 제 1 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도 크기의 합을 상기 제 1 거리와 상기 제 2 거리의 합으로 나눈으로써 CG 가속도 크기를 결정하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함하는, 시스템.

청구항 27

제 25 항에 있어서,

상기 플랫폼에 위치되고 상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심에 배치된 제 3 가속도계를 더 포함하고,

상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은:

상기 제 3 가속도계로부터 CG 가속도 데이터를 획득하고,

제 1 가속도 델타를 결정하기 위해 상기 제 1 CG 가속도 크기에 대해 상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계의 상기 제 1 축들에 평행한 축을 따른 상기 제 3 가속도계에 대한 가속도 크기를 비교하고,

제 2 가속도 델타를 결정하기 위해 상기 제 2 CG 가속도 크기에 대해 상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계의 상기 제 2 축들에 평행한 축을 따른 상기 제 3 가속도계에 대한 가속도 크기를 비교하고,

상기 제 1 가속도 델타, 상기 제 2 가속도 델타, 및 제 1 임계값 (threshold) 에 대한 상기 제 1 가속도 델타 및 상기 제 2 가속도 델타로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 아이템을 비교함으로써 에러 상태가 존재하는지 여부를 결정하고, 그리고

통신 인터페이스로 하여금 상기 에러 상태가 존재한다는 결정에 응답하여 제 1 에러 코드 신호를 송신하게 하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 더 포함하는, 시스템.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은:

상기 테스트 웨이퍼의 상기 무게 중심에서 그리고 상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계의 상기 제 2 축들에 평행한 축을 따른 CG 가속도 크기를 결정하고,

적어도 부분적으로, 상기 제 1 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도 크기로부터 상기 CG 가속도 크기를 감산함으로써 제 1 접선 가속도 크기를 결정하고,

적어도 부분적으로, 상기 제 2 가속도계에 대한 상기 제 2 축을 따른 상기 가속도 크기로부터 상기 CG 가속도 크기를 감산함으로써 제 2 접선 가속도 크기를 결정하고,

a) 상기 제 1 접선 가속도 크기가 상기 제 2 접선 가속도 크기에 대해 방향이 반대인지 그리고 b) 상기 제 1 접선 가속도 크기의 절대값 및 상기 제 2 접선 가속도 크기의 절대값이 각각의 제 2 임계량 내인지 여부를 결정하도록 상기 제 1 접선 가속도 크기와 상기 제 2 접선 가속도 크기를 비교하고, 그리고

a) 또는 b) 중 하나 또는 둘다가 만족하지 않는다는 것에 응답하여 상기 통신 인터페이스로 하여금 제 2 에러 코드 신호를 송신하게 하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 더 포함하는, 시스템.

청구항 29

제 19 항 내지 제 28 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어기는 상기 테스트 웨이퍼 이외의 디바이스의 일부인, 시스템,

청구항 30

제 29 항에 있어서,

상기 테스트 웨이퍼는 통신 인터페이스를 더 포함하고 상기 메모리는 상기 제 1 가속도계 및 상기 제 2 가속도계에 의해 생성된 상기 가속도 데이터를 획득하도록 상기 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 부가적인 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 더 저장하는, 시스템.

발명의 설명

기술 분야

배경 기술

[0001] 기관들의 반도체 프로세싱 동안, 통상적으로 일부 타입의 웨이퍼 핸들링 로봇을 사용하여 이루어지는, 반도체 프로세싱 챔버들 내외로 기관들을 이송하는 것이 필수적이다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어들 "웨이퍼" 및 "기관"은 상호교환가능하게 사용되고 반도체 기관 또는 유리 기관을 지칭하도록 사용될 수도 있다. 통상적인 웨이퍼 핸들링 로봇은 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들, 또는 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들로 유도하는 이송 챔버의 로드록과 하나 이상의 로드 포트들 또는 로드 스테이션들 사이에서 기관들을 이송하기 위해 독립적으로 연장, 철수 (retract), 회전 및 많은 경우들에서 상승 및 하강하도록 구성된 멀티-조인트 암을 가질 수도 있다. 이러한 웨이퍼 핸들링 로봇은 기관 밑에 위치될 수도 있고 엔드 이펙터가 기관과 콘택트하도록 상승될 때 기관의 에지 또는 아래에 콘택트하도록 구성된 복수의 콘택트 패드들 또는 다른 지점들을 갖는 박형, 블레이드-형 또는 스페큘라-형 엔드 이펙터를 포함할 수도 있다. 엔드 이펙터는 통상적으로 엔드 이펙터와 기관 사이의 콘택트량을 감소시키도록 이들 위치들 사이들에서 기관과만 콘택트하도록 설계되고, 따라서 미립자 생성 및 기관에 대한 대미지 기회들을 감소시킨다.

[0002] 통상적인 반도체 프로세싱 툴은 툴을 통해 동시에 이동되는 복수의 기관들과 함께 대량의 기관들을 프로세싱하도록 설계될 수도 있다. 예를 들어, 많은 반도체 프로세싱 툴들은 이송 챔버로 지칭될 수도 있는, 중앙 허브 둘레에 배치된 복수의 반도체 프로세싱 챔버들을 포함한다. 반도체 프로세싱 챔버 각각은 반도체 프로세싱 챔버로 하여금 이송 챔버를 시일링되게 하는 게이트 밸브 또는 슬릿 도어 인터페이스에 의해 이송 챔버에 연결될 수도 있다. 진공-측 웨이퍼 핸들링 로봇은 이송 챔버 내에 배치될 수도 있고 다양한 부착된 반도체 프로세싱 챔버들 사이에서 기관들을 이동시키도록 구성될 수도 있다.

[0003] 이송 챔버는 또한 반도체 프로세싱 툴이 배치되는 프로세싱 설비의 주변 분위기로부터 이송 챔버 (및 반도체 프로세싱 챔버들) 를 분리하는 에어록들로서 기능할 수도 있는 하나 이상의 로드록들과 연결될 수도 있다. 로드

록들은 이송 챔버 (및 반도체 프로세싱 챔버들) 로 하여금 예를 들어, milliTorr 범위 내에서 동작되게 하는 한편, 여전히 계속해서 기관들로 하여금 주변 분위기로부터 이송 챔버로 들어가고 나오게 한다.

[0004] 로드록들은 대형이고, 통상적으로 대기측 웨이퍼 핸들링 로봇을 포함할 수도 있는 고립된 구조인, EFEM (equipment front end module) 과 연결될 수도 있다. EFEM은 또한 EFEM을 하우징하는 반도체 프로세싱 설비를 통한 기관들의 흐름의 일부로서 기관들이 EFEM으로 들어가고 나올 수도 있는 인테페이스들인, 하나 이상의 로드 포트들을 포함할 수도 있다. 대기측 웨이퍼 핸들링 로봇은 로드 포트(들)와 로드록(들) 사이에서 기관들을 이송하도록 구성될 수도 있다.

[0005] 통상적인 반도체 프로세싱 설비에서, 반도체 프로세싱 툴들 간 기관들의 움직임은 다수, 예를 들어, 25 또는 30 개의 기관들을 한번에 지지하기 위한 수직으로 배치된 선반들을 갖는 실링가능한 컨테이너들인, FOUF들 (front-opening unified pods) 의 사용을 통해 달성된다. FOUF는 EFEM 로드 스테이션에 도킹될 수도 있고, FOUF에 담긴 기관들은 대기측 웨이퍼 핸들링 로봇에 의해 FOUF로부터 제거될 수도 있고 진공측 웨이퍼 핸들링 로봇에 의한 회수 및 반도체 프로세싱 챔버들로/간 이송을 위해 로드록으로 이송될 수도 있다. 특정한 기관을 수반하는 반도체 프로세싱 동작들의 결론시, 기관은 이송 챔버로부터 제거될 수도 있고 유사한 방식으로 FOUF로 또는 또 다른 FOUF로 리턴될 수도 있다.

[0006] 분명한 바와 같이, 기관이 웨이퍼 핸들링 로봇에 의해 반도체 프로세싱 툴을 중심으로 이동될 수도 있는 특정한 반도체 프로세싱 툴 내에 기관이 상주하는 복수의 시간 기간들이 있을 수도 있다. 통상적으로, 기관들을 이송하는데 소비된 시간이 기관이 실제 반도체 프로세싱 동작들을 겪지 않는 시간이기 때문에, 가능한 신속하게 이러한 웨이퍼 이송 동작들을 수행하는 것이 바람직하다. 반도체 프로세싱 동작들에서, 쓰루풋이 가장 중요하고, 반도체 프로세싱 툴들은 통상적으로 임의의 미리 결정된 기관이 반도체 프로세싱 툴 내에서 소비하는 총 시간량을 최소화 (또는 감소) 하도록 구성된다.

[0007] 따라서, 웨이퍼 핸들링 로봇들이 통상적으로 신속하게 이동하는 동안, 기관들을 노출하는 것을 방지하도록 통상적으로 제어되어, 기관들로 하여금 엔드 이펙터 콘택트 패드들 상의 위치에 기관들을 홀딩하는 마찰력들을 극복하는 것을 회피하게 하는 미리 결정된 가속도 레벨보다 크게 이송한다. 기관에 의해 경험된 가속도들이 매우 크고 콘택트 패드 마찰력들을 극복한다면, 기관은 미끄러질 수도 있고 오정렬하게 될 수도 있고, 최악의 경우, 엔드 이펙터로부터 떨어질 수도 있어서, 기관의 손실을 유발한다.

[0008] 웨이퍼 핸들링 동작들 동안 기관에 의해 경험된 가속도들의 측정을 허용하는 상업적 제품들이 존재한다. 이러한 제품들은 통상적으로 단일 3축 가속도계를 갖고 X-방향 및 Y-방향을 웨이퍼 중심을 벗어난 가속도들을 보고하도록 구성된 테스트 웨이퍼의 형태를 취한다.

발명의 내용

[0009] 본 개시의 시스템들, 방법들, 및 디바이스들 각각은 몇몇 혁신적인 양태들을 갖고, 이들 중 어떠한 것도 본 명세서에 개시된 바람직한 속성들에 단독으로 책임이 없다. 본 개시에 기술된 주제의 일 혁신적인 양태는 다양한 방식으로 구현될 수 있다.

[0010] 본 발명자들은 기존의, 상업적으로 입수가 가능한 테스트 웨이퍼 시스템들은, 이러한 기존의 테스트 웨이퍼 시스템들은 기관 무게 중심 (center of gravity) 을 중심으로 기관의 회전을 고려하지 않을 수 있기 때문에 이러한 기존의 테스트 웨이퍼 시스템들만이 기관 무게 중심에 명목상으로 배치된 단일 3축 가속도계를 활용하기 때문에, 웨이퍼 핸들링 동작들 동안 기관들에 의해 경험되는 가속도들에 관한 정확한 피드백을 제공하지 않는다고 결정하였다. 본 발명자들은 웨이퍼 이송 동작들 동안 기관에 의해 경험된 대규모 가속도가 기관의 무게 중심을 중심으로 한 기관의 회전 이외의 기관의 움직임에 기여할 수도 있는 동안, 기관의 무게 중심을 중심으로 한 기관의 회전이 기관의 가속도 크기들에 기여할 수 있고 따라서 움직임 동안 기관에 대해 작용하는 힘들 및 기관과 엔드 이펙터 콘택트 패드들 간의 계면에서 마찰력이 극복되게 할 수도 있는 힘들에 기여할 수 있다고 결정하였다.

[0011] 본 발명자들은 또한 테스트 웨이퍼와 반도체 프로세싱 툴 간 보다 집적된 관계를 착안하였다. 통상적인 상업적으로 입수가 가능한 테스트 웨이퍼들은 종종 전체 웨이퍼의 이송 프로세싱 레짐 동안 기관이 통과하는 분위기에 관한 데이터를 수집하고 독립형 테스트 또는 독립된 진단 시스템들이도록 구성된다. 예를 들어, 일부 상업적으로 입수가 가능한 테스트 웨이퍼들은 테스트 웨이퍼들로 하여금 정상 기관과 동일한 방식으로 복수의 반도체 프로세싱 툴들을 통해 이동되게 하는 특정하게 설계된 FOUF들을 수반한다. 이들 FOUF들은 테스트 웨이퍼가 FOUF 내에 도킹될 때 테스트 웨이퍼를 재충전하고 테스트 웨이퍼로부터 데이터를 회수하는 충전 시스템들 및 데이터 저장 시

시스템들을 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 논의된 테스트 웨이퍼의 일부 구현예들에서, 테스트 웨이퍼는 특정한 반도체 프로세싱 톨 내에 "상주"할 수도 있고 사용 중이 아닐 때에도 남아 있을 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 반도체 프로세싱 톨은 테스트 웨이퍼가 사용되지 않을 때, 테스트 웨이퍼를 홀딩하는 특수한 리셉터클 또는 홀더를 가질 수도 있다. 반도체 프로세싱 톨은 또한 리셉터클로부터 테스트 웨이퍼를 주기적으로 회수하고 테스트 웨이퍼를 사용하여 테스트 사이클을 수행하도록 프로그래밍될 수도 있다.

- [0012] 본 명세서에 논의된 구현예들의 이들 및 다른 특징들은 첨부된 도면들 및 이하의 기술에 언급된다. 다른 피쳐들, 양태들, 및 장점들은 기술, 도면들, 및 청구항들로부터 자명해질 것이다.
- [0013] 일부 구현예들에서, 반도체 프로세싱 톨 내 웨이퍼 핸들링 로봇의 엔드 이펙터에 의해 반송되도록 크기가 정해지는 (sized) 플랫폼을 포함하는 장치가 제공될 수도 있다. 장치는 또한 제 1 가속도계, 제 2 가속도계, 전력 소스, 통신 인터페이스, 하나 이상의 프로세서들 및 하나 이상의 프로세서들과 동작가능하게 연결된 메모리를 포함하는 제어기를 포함할 수도 있다. 제어기는, 전력 소스, 통신 인터페이스, 제 1 가속도계, 및 제 2 가속도계와 동작가능하게 연결될 수도 있다. 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계는 플랫폼에 수직인 방향을 따라 볼 때 장치의 무게 중심 (the center of gravity) 과 교차하는 공통 축을 따라 이격된 위치들의 플랫폼 상에 위치될 수도 있다. 메모리는 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계로부터 가속도 데이터를 획득하고, 그리고 통신 인터페이스를 통해 가속도 데이터를 송신하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장할 수도 있다.
- [0014] 일부 이러한 구현예들에서, 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계는 2축 가속도계 또는 3축 가속도계일 수도 있다.
- [0015] 일부 구현예들에서, 가속도 데이터는 공통 축에 평행한 제 1 가속도계의 제 1 축 및 제 1 축에 수직인 제 1 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 제 1 가속도계로부터의 데이터뿐만 아니라 공통 축에 평행한 제 2 가속도계의 제 1 축 및 제 1 축에 수직인 제 2 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 제 2 가속도계로부터의 데이터를 포함할 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 메모리는 가속도 데이터를 사용하여 장치의 무게 중심을 중심으로 플랫폼의 평면에서 회전 가속도를 결정하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 더 저장할 수도 있다.
- [0016] 일부 구현예들에서, 가속도 데이터를 사용하여 장치의 무게 중심을 중심으로 플랫폼의 평면에서 회전 가속도를 결정하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은: 장치의 무게 중심에서 그리고 제 2 축들에 평행한 축을 따른 CG 가속도 크기를 결정하고, 제 1 가속도계에 대한 제 2 축을 따른 가속도의 크기로부터 CG 가속도 크기를 감산함으로써, 적어도 부분적으로, 제 1 접선 가속도 크기를 결정하고, 그리고 적어도 제 1 접선 가속도 크기 및 장치의 평면에서 제 1 가속도계와 장치의 무게 중심 사이의 거리를 사용하여 회전 가속도를 결정하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수도 있다.
- [0017] 일부 이러한 구현예들에서, 장치는 플랫폼에 위치되고 장치의 무게 중심에 배치된 제 3 가속도계를 더 포함할 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 가속도 데이터는 제 1 가속도계의 제 2 축에 평행한 축을 따른 가속도 크기를 나타내는 제 3 가속도계로부터의 데이터를 더 포함할 수도 있고, 그리고 CG 가속도 크기를 결정하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들은 하나 이상의 프로세서들로 하여금 CG 가속도 크기로서, 제 3 가속도계로부터 그리고 제 1 가속도계의 제 2 축에 평행한 축을 따른 가속도 크기를 사용하게 할 수도 있다. 대안적인 또는 부가적인 이러한 구현예들에서, 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계는 장치의 무게 중심으로부터 등거리로 이격될 수도 있고, 그리고 CG 가속도 크기를 결정하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들은 CG 가속도 크기를 얻기 위해 하나 이상의 제어기들로 하여금 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계에 대한 제 2 축들을 따른 가속도 크기들로 평균을 내게 할 수도 있다.
- [0018] 장치의 일부 구현예들에서, 가속도 데이터를 사용하여 장치의 무게 중심을 중심으로 플랫폼의 평면에서 회전 가속도를 결정하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은 하나 이상의 프로세서들로 하여금: 제 2 가속도계에 대한 제 2 축을 따른 가속도의 크기로부터 CG 가속도 크기를 감산함으로써, 적어도 부분적으로, 제 2 접선 가속도 크기를 결정하고, 그리고 적어도 제 1 접선 가속도 크기, 장치의 평면에서 제 1 가속도계와 장치의 무게 중심 사이의 거리, 제 2 접선 가속도 크기 및 장치의 평면에서 제 2 가속도계와 장치의 무게 중심 사이의 거리를 사용하여 회전 가속도를 결정하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 다른 인스트럭션들을 포함할 수도 있다.
- [0019] 장치의 일부 구현예들에서, 가속도 데이터는 공통 축에 평행한 제 1 가속도계의 제 1 축 및 제 1 축에 수직인 제 1 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 제 1 가속도계에 대한 데이터뿐만 아니라 공통 축

에 평행한 제 2 가속도계의 제 1 축 및 제 1 축에 수직인 제 2 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도의 크기들을 나타내는 제 2 가속도계에 대한 데이터를 포함할 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계는 장치의 무게 중심으로부터 등거리로 이격될 수도 있고, 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은: 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계의 제 1 축들을 따른 가속도 크기들을 평균함으로써 제 1 축들에 평행한 제 1 CG 축을 따라 그리고 장치의 무게 중심에서 CG 가속도 크기를 결정하고, 그리고 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계의 제 2 축들을 따른 가속도 크기들을 평균함으로써 제 2 축들에 평행한 제 2 CG 축을 따라 그리고 장치의 무게 중심에서 CG 가속도 크기를 결정하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수도 있다.

[0020] 장치의 일부 구현예들에서, 가속도 데이터는 공통 축에 평행한 제 1 가속도계의 제 1 축 및 제 1 축에 수직인 제 1 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도 크기들을 나타내는 제 1 가속도계에 대한 데이터뿐만 아니라 공통 축에 평행한 제 2 가속도계의 제 1 축 및 제 1 축에 수직인 제 2 가속도계의 제 2 축을 따른 가속도 크기들을 나타내는 제 2 가속도계에 대한 데이터를 포함할 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 장치의 무게 중심이 제 1 가속도계와 제 2 가속도계 사이에 있도록, 제 1 가속도계는 장치의 무게 중심으로부터 제 1 거리에 위치될 수도 있고 제 2 가속도계는 장치의 무게 중심으로부터 제 2 거리에 위치될 수도 있고, 그리고 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은: 제 1 축들에 평행한 제 1 CG 축을 따라 그리고 장치의 무게 중심에서 제 1 거리 \times 제 2 가속도계에 대한 제 1 축을 따른 가속도 크기와 제 2 거리 \times 제 1 가속도계에 대한 제 1 축을 따른 가속도 크기의 합을 제 1 거리와 제 2 거리의 합으로 나눔으로써 CG 가속도 크기를 결정하고, 그리고 제 2 축들에 평행한 제 2 CG 축을 따라 그리고 장치의 무게 중심에서 제 1 거리 \times 제 2 가속도계에 대한 제 2 축을 따른 가속도 크기와 제 2 거리 \times 제 1 가속도계에 대한 제 2 축을 따른 가속도 크기의 합을 제 1 거리와 제 2 거리의 합으로 나눔으로써 CG 가속도 크기를 결정하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수도 있다.

[0021] 장치의 일부 구현예들에서, 장치는 플랫폼에 위치되고 장치의 무게 중심에 배치된 제 3 가속도계를 더 포함할 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은: 제 3 가속도계로부터 CG 가속도 데이터를 획득하고, 제 1 가속도 델타를 결정하기 위해 제 1 CG 가속도 크기에 대해 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계의 제 1 축들에 평행한 축을 따른 제 3 가속도계에 대한 가속도 크기를 비교하고, 제 2 가속도 델타를 결정하기 위해 제 2 CG 가속도 크기에 대해 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계의 제 2 축들에 평행한 축을 따른 제 3 가속도계에 대한 가속도 크기를 비교하고, 제 1 가속도 델타, 제 2 가속도 델타, 및 제 1 임계값 (threshold) 에 대한 제 1 가속도 델타 및 제 2 가속도 델타로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 아이템을 비교함으로써 에러 상태가 존재하는지 여부를 결정하고, 그리고 통신 인터페이스로 하여금 에러 상태가 존재한다는 결정에 응답하여 제 1 에러 코드 신호를 송신하게 하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 더 포함할 수도 있다.

[0022] 일부 이러한 구현예들에서, 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들은 장치의 무게 중심에서 그리고 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계의 제 2 축들에 평행한 축을 따른 CG 가속도 크기를 결정하고, 적어도 부분적으로, 제 1 가속도계에 대한 제 2 축을 따른 가속도 크기로부터 CG 가속도 크기를 감산함으로써 제 1 접선 가속도 크기를 결정하고, 적어도 부분적으로, 제 2 가속도계에 대한 제 2 축을 따른 가속도 크기로부터 CG 가속도 크기를 감산함으로써 제 2 접선 가속도 크기를 결정하고, a) 제 1 접선 가속도 크기가 제 2 접선 가속도 크기에 대해 방향이 반대인지 그리고 b) 제 1 접선 가속도 크기의 절대값 및 제 2 접선 가속도 크기의 절대값이 각각의 제 2 임계량 내인지 여부를 결정하도록 제 1 접선 가속도 크기와 제 2 접선 가속도 크기를 비교하고, 그리고 a) 또는 b) 중 하나 또는 둘다 만족하지 않는다는 것에 응답하여 통신 인터페이스로 하여금 제 2 에러 코드 신호를 송신하게 하도록 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 더 포함할 수도 있다.

[0023] 일부 구현예들에서, 공칭 기관 사이즈를 갖는 하나 이상의 기관들을 포함하는 FOUP (front-opening unified pod) 를 수용하도록 구성된 하나 이상의 로드 포트들을 각각 갖는 EFEM (equipment front end module); 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들; EFEM과 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들 사이에 개재된 로드록; 공칭 기관 사이즈의 테스트 웨이퍼를 수용하도록 크기가 정해지는 테스트 웨이퍼 리셉터클로서, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 EFEM 내 그리고 EFEM에 인접한 것으로 구성된 그룹으로부터 선택된 위치에 배치되는, 테스트 웨이퍼 리셉터클; EFEM 내에 배치되고 하나 이상의 로드 포트들과 로드록 사이에서 웨이퍼들을 이송하도록 구성된 엔드 이펙터를 갖는, 웨이퍼 핸들링 로봇; 및 하나 이상의 프로세서들 및 하나 이상의 프로세서들과 동작가능하게 연결된 메모리를 갖는 틀 제어기를 포함하는 장치가 제공될 수도 있다. 틀 제어기는 웨이퍼 핸들링 로봇과 동작가능하게 연결될 수도 있고 메모리는 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들로 하여금 하나 이상의 반도체 프로세싱 챔버들 내로 배치된 기관들 상에서 하나 이상의 반도체 프로세싱 동작들을 수행하게 하고, 웨이퍼 핸들링 로봇으로 하여금 기관들 상에서 수행된 반도체 프로세싱 동작들에 의해 구동된 스케줄에 따라 하나 이상의 로드 포트들과

로드록 사이에서 기관들을 이송하게 하고, 그리고 웨이퍼 핸들링 로봇으로 하여금 하나 이상의 로드 포트들과 로드록 간의 기관들의 이송이 테스트 사이클에 의해 중단되지 않도록 선택된 테스트 인터벌 동안 테스트 사이클을 수행하게 하도록 톨 제어기의 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장할 수도 있다. 테스트 사이클은 테스트 웨이퍼 리셉터클로부터 테스트 웨이퍼를 회수하는 단계, 테스트 웨이퍼를 사용하여 진단 테스트를 수행하는 단계, 및 테스트 웨이퍼를 테스트 웨이퍼 리셉터클로 리턴하는 단계를 포함할 수도 있다.

[0024] 장치의 일부 이러한 구현예들에서, 장치는 테스트 웨이퍼를 더 포함할 수도 있다. 테스트 웨이퍼는 플랫폼으로서, 플랫폼은 웨이퍼 핸들링 로봇의 엔드 이펙터에 의해 반송되고 기관의 공칭 외측 주변부에 의해 규정된 수평으로 인벨롭 내에 피팅 (fit) 하도록 크기가 정해지는, 플랫폼; 제 1 가속도계; 제 2 가속도계; 전력 소스; 통신 인터페이스; 및 하나 이상의 제 2 프로세서들 및 하나 이상의 제 2 프로세서들에 동작가능하게 연결된 제 2 메모리를 포함하는 테스트 웨이퍼 제어기를 포함할 수도 있다. 테스트 웨이퍼 제어기는 전력 소스, 통신 인터페이스, 제 1 가속도계, 및 제 2 가속도계와 동작가능하게 연결될 수도 있고, 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계는 플랫폼에 수직인 방향을 따라 볼 때 테스트 웨이퍼의 무게 중심에 교차하는 공통 축을 따라 이격된 위치들에서 플랫폼에 위치될 수도 있다. 제 2 메모리는: 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계로부터 가속도 데이터를 획득하고, 그리고 통신 인터페이스를 통해 톨 제어기로 가속도 데이터를 송신하도록 하나 이상의 제 2 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장할 수도 있다.

[0025] 일부 구현예들에서, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 EFEM에 대해 고정될 수도 있다.

[0026] 일부 구현예들에서, 테스트 사이클은 테스트 웨이퍼에 대한 적어도 하나의 가속도계로부터 도출된 데이터에 대해 테스트 웨이퍼에 대한 적어도 하나의 다른 가속도계로부터 도출된 데이터를 비교함으로써, 테스트 웨이퍼에 대한 가속도계 캘리브레이션 체크를 수행하는 단계를 더 포함할 수도 있다.

[0027] 장치의 일부 구현예들에서, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 EFEM에 인접하게 배치될 수도 있고 테스트 웨이퍼로 하여금 EFEM로부터 테스트 웨이퍼 리셉터클 내로 삽입되게 하도록 크기가 정해진 개구부에 의해 EFEM와 연결될 수도 있다.

[0028] 장치의 일부 구현예들에서, EFEM은 기관들에 수직인 방향에서 볼 때 실질적으로 직사각형 내부 볼륨을 가질 수도 있고, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 직사각형 내부 볼륨의 코너부들 중 하나에 위치될 수도 있다.

[0029] 장치의 일부 구현예들에서, 메모리는 테스트 사이클 동안 웨이퍼 핸들링 로봇으로 하여금 테스트 사이클과 연관된 하나 이상의 모션들을 수행하게 하고, 테스트 사이클 동안 테스트 웨이퍼에 대한 하나 이상의 가속도계들에 의해 제어된 데이터를 수신하고, 테스트 웨이퍼에 대한 하나 이상의 가속도계들에 의해 수집된 데이터가 하나 이상의 모션들과 연관된 하나 이상의 기준을 수반하는 테스트 조건을 통과하는지 여부를 결정하고, 그리고 테스트 조건을 데이터가 하나 이상의 가속도계들에 의해 수집된다는 결정에 응답하여 에러 상태 신호를 생성하도록, 톨 제어기의 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장할 수도 있다.

[0030] 장치의 일부 이러한 구현예들에서, 에러 상태 신호는 웨이퍼 핸들링 로봇이 서비스를 필요로 한다는 것을 나타내는 정보를 포함할 수도 있다.

[0031] 장치의 일부 구현예들에서, 메모리는 기준 스케줄에 따라 재발하는 단위로 테스트 사이클을 주기적으로 수행하도록 톨 제어기의 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 더 저장할 수도 있다.

[0032] 상술한 바는 본 명세서에 개시된 구현예들의 완전한 리스트가 아니고, 다양한 다른 구현예들이 이하의 논의로부터 자명해질 것이고, 이러한 다른 구현예들은 또한 본 개시의 범위 내인 것으로 간주된다는 것이 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 예시적인 테스트 웨이퍼의 평면도를 도시한다.

도 2는 동일한 예시적인 테스트 웨이퍼의 측면도를 도시한다.

도 3은 예시적인 테스트 웨이퍼 프로토타입의 사진을 도시한다.

도 4는 테스트 웨이퍼의 CG에서 가속도들을 추정하기 위한 기법의 플로우차트를 도시한다.

도 5는 테스트 웨이퍼의 CG를 중심으로 회전 가속도를 결정하기 위한 기법의 플로우차트를 도시한다.

도 6은 테스트 웨이퍼의 셀프-체크를 수행하기 위한 기법의 흐름도를 도시한다.

도 7은 테스트 웨이퍼의 또 다른 셀프-체크를 수행하기 위한 기법의 흐름도를 도시한다.

도 8 및 도 9는 단일 3축 가속도계뿐만 아니라 도 3에 도시된 프로토타입 테스트 웨이퍼를 갖는 상업적으로 입수가능한 테스트 웨이퍼를 사용하여 수집된 데이터의 플롯들을 도시한다.

도 10은 빌트-인 테스트 웨이퍼 피쳐를 갖는 예시적인 반도체 프로세싱 툴의 평면도를 도시한다.

도 11은 반도체 프로세싱 툴에서 테스트 웨이퍼를 사용하는 예시적인 기법에 대한 흐름도를 도시한다.

도 12는 테스트 웨이퍼 리셉터클이 EFEM의 외부에 부착되는, 반도체 프로세싱 툴의 측면도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 관련 출원들에 대한 교차 참조

[0035] 본 출원은 2017년 2월 6일 출원된 명칭이 "SMART VIBRATION WAFER WITH OPTIONAL INTEGRATION WITH SEMICONDUCTOR PROCESSING TOOL"이고, 전체가 모든 목적들을 위해 본 명세서에 참조로서 인용된 미국 특허 가출원 번호 제 15/425,921 호의 우선의 이익을 주장한다.

[0036] 다양한 실시예들의 예들이 첨부 도면들에 예시되고 이하에 더 기술된다. 본 명세서의 논의는 기술된 특정한 실시예들로 청구항들을 제한하도록 의도되지 않았다는 것이 이해될 것이다. 반대로, 이는 첨부된 청구항들에 의해 규정된 바와 같이 본 발명의 정신 및 범위 내에 포함될 수도 있는 바와 같이, 대안들, 변형들 및 등가물들을 커버하도록 의도된다. 이하의 기술에서, 본 발명의 전체적인 이해를 제공하기 위해 다수의 구체적인 상세들이 언급된다. 본 발명은 이들 구체적인 상세들 중 일부 또는 전부가 없이 실시될 수도 있다. 다른 예들에서, 공지의 프로세스 동작들은 본 발명을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않는다.

[0037] 도 1은 예시적인 테스트 웨이퍼의 평면도를 도시한다. 도 2는 동일한 예시적인 테스트 웨이퍼의 측면도를 도시한다. 도 1에서, 테스트 웨이퍼 (102) 는 제어기 (110), 전력 소스 (106), 통신 인터페이스 (108), 제 1 가속도계 (114), 및 제 2 가속도계 (116) 를 링크하는 인쇄 회로 (112) 를 가질 수도 있다. 제어기 (110) 는 본 명세서에서 나중에 보다 상세히 논의된 바와 같이, 다양한 기능들을 수행하도록 하나 이상의 프로세서들 (111) 및 전력 소스 (106), 제 1 가속도계 (114), 제 2 가속도계 (116), 및 통신 인터페이스 (108) 를 사용하기 위해 하나 이상의 프로세서들을 제어하기 위해 컴퓨터 실행가능한 인스트럭션들을 저장하는 메모리 (113) 를 포함할 수도 있다. 일부 구현예들에서, 선택가능한 제 3 가속도계 (118) 는 또한 테스트 웨이퍼 (102) 의 CG (center-of-gravity) (126) 에 포함되고 배치될 수도 있다. 테스트 웨이퍼 (102) 는 또한 반도체 프로세싱 툴의 표준 사이즈 반도체 웨이퍼와 동일한 방식으로 이송될 수 있도록 크기가 정해질 수도 있는 플랫폼 (104) 을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 플랫폼은 300 mm 직경 디스크일 수도 있고 300 mm 직경 기판들을 프로세싱하도록 크기가 정해진 반도체 프로세싱 툴 내에서 이송되도록 구성될 수도 있다. 플랫폼 (104) 이 표준 사이즈의 반도체 웨이퍼들과 형상이 정확하게 매칭하지 않을 수도 있지만, 플랫폼은 적어도 표준 사이즈의 반도체 웨이퍼와 동일한 방식으로 웨이퍼 핸들링 로봇의 엔드 이펙터와 인터페이싱하도록 크기가 정해질 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 플랫폼은 표준 사이즈의 반도체 웨이퍼와 보다 밀접하게 정렬하도록 테스트 웨이퍼의 질량 분포를 조정하도록 외주부 내에 하나 이상의 컷아웃들을 가질 수도 있다.

[0038] 상업적으로 입수가능한 테스트 웨이퍼들과 반대로, 테스트 웨이퍼 (102) 는 테스트 웨이퍼 (102) 의 CG (126) 로부터 오프셋된 적어도 2 개의 가속도계들—제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116), 예를 들어—복수의 가속도계들을 포함한다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, "가속도계"는 서로 연관되고 공간 내 공통 지점에 대한 가속도 데이터를 제공하도록 구성되는 복수의 가속도계들을 지칭한다. 예를 들어, 3축 가속도계들은 상업적으로 입수가능하고, 공통 지점을 명목상으로 통과하는 3 개의 명목상 직교하는 축들을 따라 가속도 데이터를 제공하도록 구성되는 3 개의 단일-축 가속도계들을 기술적으로 포함한다. 이들 3 개의 단일-축 가속도계들은 본 명세서에 사용된 관례에 따라, 공통 지점에 대한 가속도 데이터를 제공하도록 구성되기 때문에 단일 "가속도계"로 보일 것이다. 반대로, 이들 3 개의 단일-축 가속도계들은 본 명세서에 사용된 관례에 따라, 3 개의 가속도계들이 공간의 단일 지점을 중심으로 가속도 데이터를 제공하기 위해 협력하여 작동하도록 설계되기 때문에 3 개의 별도의 가속도계들로 보여질 것이다. 따라서, 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계는 2축 가속도계들 또는 3축 가속도계들로서 제공될 수도 있다. 2축 가속도계들이 사용된다면, 가속도계들은 2축 가속도계들의 XY 평면

이 플랫폼에 평행하도록 장착될 수도 있다.

- [0039] 다양한 구현예들에서, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 는, 제어기 (110), 전력 소스 (106), 통신 인터페이스 (108), 제 1 가속도계 (114), 제 2 가속도계 (116), 그리고 존재한다면 제 3 가속도계 (118) 사이에 전력 및 신호를 제공하기 위한 도전성 트레이스들을 포함할 수도 있는, PCB 또는 가요성 인쇄 회로 (112) 에 장착될 수도 있다. 일부 구현예들에서, 인쇄 회로 (112) 는 예를 들어, 재충전가능한 배터리를 포함할 수도 있는, 전력 소스 (106) 로 하여금 재충전되게 하도록 사용될 수도 있는 유도 코일 또는 도전성 회로 트레이스를 포함할 수도 있다.
- [0040] 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 는 모두 가속도계 각각이 테스트 웨이퍼 CG (126) 를 통과하는 공통 축 (128) 을 따라 놓인 가속도 데이터를 수집하는 지점들에 위치될 수도 있다. 더욱이, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 는 또한 제 1 축들 (122) 을 따른 그리고 제 1 축들 (122) 에 수직인 제 2 축들 (124) 을 따른 가속도 크기들이 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 로부터 획득될 수도 있도록 구성될 수도 있다. 예를 들어, 도시된 구현예에서, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 의 제 1 축들 (122) 로 생각될 수도 있는, x-축들은 공통 축 (128) 과 일치하는 한편, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 의 제 2 축들 (124) 로서 생각될 수도 있는, y-축들은 플랫폼 (104) 과 동일 평면이고 제 1 축들 (122) 에 수직인 방향으로 배향된다.
- [0041] 물론, 가속도계를 임의의 목표된 배향으로 회전하고, 이 배향에서 데이터를 수집하고, 그리고 이어서 임의의 다른 배향의 맥락으로 표현되도록 수집된 데이터를 변환하는 것이 가능하다는 것이 이해될 것이다 (2축 가속도계 구성에 대해, 가속도계의 제 1 축 및 제 2 축, 예를 들어, x-축 및 y-축이 서로 동일 평면에 남아 있는 한, 가속도계를 임의의 배향으로 재배향하고 이렇게 하는 것이 가능하다; 3축 가속도계 구성에 대해, 가속도계는 임의의 배향으로 회전할 수도 있다). 이러한 관점에서, 가속도계로부터의 데이터가 여전히 가속도계의 주 축들 이외의 축들을 따른 가속도의 크기들을 나타낼 수도 있다는 것이 더 이해된다—예를 들어, 가속도계 x-축이 공통 축에 대해 45° 로 배향되도록 가속도계가 플랫폼 (104) 상에 장착된다면, 출력되는 가속도 데이터는 여전히 (좌표 시스템 변환이 적용되어야 할 수도 있지만) 공통 축 (128) 에 평행한 제 1 축 (122) 및 공통 축 (128) 에 수직인 제 2 축 (124) 을 따른 가속도 크기의 지표일 것이다.
- [0042] 제 3 가속도계 (118) 가 또한 사용되는 구현예들에서, 제 3 가속도계 (118) 는 CG (126) 에 배치될 수도 있고; 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 와 유사하게, 제 3 가속도계 (118) 는 제 3 가속도계 (118) 가 공통 축 (128) 을 따라 놓인 가속도 데이터를 수집하는 지점에 위치될 수도 있다. 더욱이, 제 3 가속도계 (118) 는 또한 (본 명세서에서 제 1 CG 축으로 지칭될 수도 있는) 제 1 축 (122) 을 따른 그리고 제 1 축 (122) 에 수직인 (본 명세서에서 제 2 CG 축으로 지칭될 수도 있는) 제 2 축 (124) 을 따른 가속도 크기들이 제 3 가속도계 (118) 로부터 획득될 수도 있도록 구성될 수도 있다.
- [0043] 논의의 용이함을 위해, 제 1 가속도계 (114), 제 2 가속도계 (116), 및 제 3 가속도계 (118) 는, 가속도계들의 주요 축들이 제 1 축들 (122) 및 제 2 축들 (124) 과 일렬로 배열되도록, 공통 축 (128) 과 각각 정렬된 x-축들 x_1 , x_2 , 및 x_3 및 공통 축 (128) 에 각각 수직인 y-축들, y_1 , y_2 , 및 y_3 를 갖는 것으로 도시된다.
- [0044] 도 1에 도시된 바와 같이, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 는 공통 축을 따른 CG (126) 로부터 각각 제 1 거리 (130) 및 제 2 거리 (132) 만큼 이격될 수도 있다. 이 예에 도시된 바와 같이, 제 1 거리 (130) 및 제 2 거리 (132) 가 같다면, CG (126) 를 중심으로 한 테스트 웨이퍼 (102) 의 순수 회전 움직임이 제 1 축들 (122) 에 대해 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 에 의해 같고 방향이 반대인 크기들의 가속도 생성을 발생시킬 것이다. 유사하게, 테스트 웨이퍼 (102) 의 이러한 회전 움직임이 증가하거나 감소하는 즉, 테스트 웨이퍼 (102) 의 각 가속도가 가변하는, 기간들 동안, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 는 제 2 축들 (124) 을 따라 같고 방향이 반대인 크기들인 가속도를 생성할 것이다. 일부 구현예들에서, 제 1 거리 (130) 및 제 2 거리 (132) 는, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 에 대해 제 1 축들 (122) 을 따른 가속도들이 제 1 거리 (130) 와 제 2 거리 (132) 의 비와 동일한 비로 서로 비례할 수도 있는 경우 상이할 수도 있고; 유사한 관찰이 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 에 대한 제 2 축들 (124) 을 따른 가속도에 대해 이루어질 수도 있다.
- [0045] 도 1에 도시된 바와 같은 테스트 웨이퍼는 다양한 상업적으로 입수가 가능한 테스트 웨이퍼들과 같은 단일-가속도계 테스트 웨이퍼에 의해 수집될 수도 있는 대신 웨이퍼 핸들링을 겪기 때문에 기판이 겪는 가속도 환경에 관한 보다 신뢰할 수 있는 데이터를 수집하도록 사용될 수도 있다.

[0046] 도 3은 예시적인 테스트 웨이퍼 CG (326) 로부터 등가로 이격되어 배치되는 제 1 가속도계 (314) 및 제 2 가속도계 (316) 를 갖는 예시적인 테스트 웨이퍼 프로토타입 (302) 의 사진을 도시한다. 전력 소스 (306), 통신 인터페이스 (308), 및 제어기(310) 가 또한 도시된다. 이들 컴포넌트들 모두는, 이 경우, 탄소 섬유 디스크이고, 예시적인 테스트 웨이퍼 프로토타입 (302) 이 유사한 사이즈의 표준 사이즈 기판 (이 예에서, 표준 사이즈 기판은 300 mm 직경 기판임) 에 대해 공칭적으로 동일한 CG (326) 를 갖도록 분포되는, 플랫폼 (304) 에 장착된다. 테스트 웨이퍼 프로토타입은 또한, 테스트 웨이퍼 프로토타입의 회전 움직임을 평가하기 위한 대안적인 또는 부가적인 수단을 제공하도록 사용될 수도 있는, 선택가능한 자이로스코프 (338) 를 포함한다. 다양한 다른 구현예들에서, 다양한 전자 컴포넌트들, 예를 들어, 제어기, 통신 인터페이스, 및 가속도계들은, 나중에 저-프로파일, 고도로 집적된 테스트 웨이퍼 패키지를 생산하도록 플랫폼에 본딩되는, 가요성 기판, 예를 들어, 가요성 인쇄 회로에 장착된다는 것이 장착될 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 전력 소스는 플랫폼에 장착된 후 가요성 회로에 별도로 연결될 수도 있고, 또는 가요성 회로에 또한 집적될 수도 있다. 일부 구현예들에서, 플랫폼 스스로 플랫폼을 형성하는 합성물의 층들 내 또는 상에 형성되는 인쇄 회로를 가질 수도 있다. 이러한 경우들에서, 가속도계들, 제어기, 통신 인터페이스, 및 전력 소스는 플랫폼에 바로 표면 장착될 수도 있다.

[0047] 제 1 가속도계 (114 또는 314) 및 제 2 가속도계 (116 또는 316) 와 같은 적어도 2 개의 가속도계들의 포함은 기존의, 상업적으로 입수가능한, 단일-가속도계 테스트 웨이퍼들을 사용하여 가능하지 않은 특정한 기능을 인에이블한다. 이 부가적인 기능성은 예를 들어, 제어기 (110 또는 310) 에 의해, 테스트 웨이퍼 상에 제공될 수도 있고 또는 예를 들어, 제어기 또는 테스트 웨이퍼로부터의 데이터, 예를 들어, 테스트 웨이퍼로부터 통신 인터페이스 (108) 를 사용하여 또 다른 디바이스로 송신되는 데이터가 공급되는 프로세서에 의해 리모트로 제공될 수도 있다. 이러한 부가적인 기능성은 도 1의 구현예에 대해 이하에 논의되지만, 물론 프로토타입 테스트 웨이퍼 (302) 를 사용하여 구현될 수도 있다.

[0048] 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 의 사용을 통해 인에이블될 수도 있는 일 부가적인 기능은 CG (126) 에서 가속도 크기들의 계산이다—CG (126) 에 가속도계가 존재하지 않더라도—. 도 4는 테스트 웨이퍼의 무게 중심으로부터 등거리로 이격되는 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계를 갖는 테스트 웨이퍼들에 사용될 수도 있는 기법의 플로우 차트를 도시한다. 예를 들어, 블록 402에서, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 로부터 제 1 축들 (122) 을 따라 가속도 크기들이 획득될 수도 있고, 블록 404에서, 제 1 축들 (122) 에 평행한 CG (126) 에서 축을 따른 가속도를 결정하도록 평균되고; CG (126) 에서 이 축은 본 명세서에서 제 1 CG 축으로 지칭될 수도 있다. 유사하게, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 가 CG (126 또는 326) 로부터 등거리로 이격되는 경우에서, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 로부터 제 2 축들 (124) 을 따른 가속도 크기들은 블록 406에서 획득될 수도 있고 CG (126) 에서 제 2 축들 (124) 에 평행한 축을 따른 가속도를 결정하도록 블록 408에서 평균될 수도 있다; CG (126) 에서 이 축은 본 명세서에서 제 2 CG 축으로 지칭될 수도 있다. 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 가 CG (126) 로부터 등가로 이격되지 않는다면, 그러나, 제 1 축들 (122) 및 제 2 축들 (124) 을 따른 가속도 크기들은 CG (126) 에서 가속도 크기들의 계산 동안 제 1 거리 (130) 및 제 2 거리 (132) 의 비들에 기초하여 적절히 스케일링될 수도 있다. 예를 들어, CG (126) 에서 제 1 축 및 제 2 축에 평행한 축들을 따른 가속도 크기들은 다음 식들을 사용하여 계산될 수도 있다:

[0049]
$$a_{xCG} = \frac{d_1 a_{x_2} + d_2 a_{x_1}}{d_1 + d_2}$$

[0050]
$$a_{yCG} = \frac{d_1 a_{y_2} + d_2 a_{y_1}}{d_1 + d_2}$$

[0051] 여기서 a_{y_1} = 제 1 가속도계에서 제 2 축을 따른 가속도, a_{y_2} = 제 2 가속도계에서 제 2 축을 따른 가속도, d_1 = 제 1 거리 (130) 이고, d_2 = 제 2 거리 (132) 이다 (두 가속도계들의 좌표 시스템들이 동일한 방향으로 배향된다고 가정함).

[0052] 일단 제 1 축들 (122) 및 제 2 축들 (124) 에 평행한 축들을 따라 CG에서의 가속도들이 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 로부터의 데이터에 기초하여 결정되면, 일부 구현예들에서, 선택가능한 제 3 가속도계 (118) (존재한다면) 로부터의 가속도 데이터에 대해 비교된다 (일부 구현예들에서, 도 4의 기법은 제 3 가속도계 (118) 로부터의 데이터에 대해 계산된 CG 가속도들을 체크하는 것이 목표되지 않으면, 블록들 404/408 후에 중단될 수도 있다). 예를 들어, 블록 410에서 제 1 CG 축 및 제 2 CG 축을 따른 가속도 크기들은 제 3 가속도

계 (118) 로부터 획득될 수도 있다. 이는 2 개의 상이한 센서 시스템들로부터의 무게 중심에서의 가속도 크기들로 하여금 블록 412에서 비교되게 한다-제 1 축들 (122) 및 제 2 축들 (124) 에 평행한 축들을 따른 제 3 가속도계 (118) 에 의해 CG (126) 에서 측정된 데이터와 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 로부터의 가속도 데이터로부터 도출된 계산된 가속도 크기들-. 일반적으로 말하면, 2 개의 소스들로부터의 가속도 크기들은 시간 상으로 상관되어야 하고 크기가 동일하거나 유사해야 하고, 즉, 제 3 가속도계에 대한 가속도 크기들과 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계에 대한 가속도 데이터로부터 계산된 가속도 크기들 간의 델타들이 미리 결정된 양보다 작아야 한다. 따라서, 제 3 가속도계 (118) 는 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 의 체크 또는 검증으로서 사용될 수도 있고, 그 반대도 된다-체크 또는 검증이 실패하면, 예러 상태가 존재하는 것을 나타내는, 예러 코드 신호가 블록 414에서, 예를 들어, 제어기에 의해, 생성될 수도 있다 (체크 또는 검증을 통과하면, 예러 코드 신호가 생성되지 않을 수도 있다 (블록 416 참조)). 제어기, 예를 들어, 테스트 웨이퍼의 제어기 또는 웨이퍼 핸들링 로봇과 같은 리모트 시스템의 테스트 웨이퍼의 오프-보드로 이루어지는 시스템들 내 제어기는 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 로부터 획득된 데이터로부터 계산된 가속도 크기들에 대해 제 3 가속도계 (118) 로부터의 가속도 크기들을 비교할 수도 있다. 이러한 비교들은 컴포넌트 당 기준으로 이루어질 수도 있고, 예를 들어, 대응하는 가속도 컴포넌트 각각을 별도로 비교, 즉, 제 1 축들을 따른 가속도 크기들을 체크하고 이어서 제 2 축들을 따른 가속도 크기들을 별도로 체크하고, 또는 보다 전체적인 방식으로, 예를 들어, CG 데이터의 세트 각각에 대해 CG (126) 에서 평면적 결과를 계산함으로써 이루어질 수도 있다. 예를 들어, 평면적 결과는 a) 제 1 축들에 평행한 축을 따른 CG에서 가속도 크기의 제곱과 b) 제 2 축들에 평행한 축을 따른 CG에서 가속도 크기의 제곱의 합의 제곱근을 취함으로써 결정될 수도 있다. 유사한 계산이 제 3 가속도계 (118) 로부터의 데이터에 대해 이루어질 수도 있다.

[0053] 일단 CG (126) 에서의 가속도 크기들이 공지되면, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 로부터의 가속도 데이터로부터 가속도 크기들의 계산, 제 3 가속도계 (118) (존재한다면) 로부터 가속도 크기를 직접적으로 획득하는 것을 통해, 또는 둘의 조합을 통해, 테스트 웨이퍼 (102) 의 움직임과 연관된 CG (126) 를 중심으로 회전 가속도 컴포넌트들이 결정될 수도 있다. 도 5는 이러한 기법의 플로우차트를 도시한다. CG (126) 를 중심으로 테스트 웨이퍼 (102) 의 회전 동안, 공통 축 (128) 을 따른 구심/방사상 가속도 및 제 2 축들을 따른 접선 가속도 둘다는 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 에 의해 검출될 수도 있다. 그러나, 접선 가속도는 회전 가속도가 변화될 때 회전 움직임으로 인해서만 발생할 수도 있고; 테스트 웨이퍼 (102) 의 일정한 회전 동안, 접선 가속도가 발생하지 않을 것이다. 일부 웨이퍼 핸들링 로봇들이 테스트 웨이퍼의 순수 회전 움직임을 생성할 수도 있는 동안, 예를 들어, 웨이퍼 핸들링 로봇들이 웨이퍼 핸들링 로봇의 Schulter joint) 바로 위에 위치한 CG (126) 를 갖는 테스트 웨이퍼를 위치시킬 수도 있고, 대부분의 경우들에서, CG (126) 를 중심으로 테스트 웨이퍼 (102) 의 회전으로부터 발생하는 가속도 컴포넌트들은 테스트 웨이퍼의 병진 (translation) 으로부터 그리고 CG (126) 이외의 위치를 중심으로 테스트 웨이퍼의 회전으로부터의 가속도들과 조합될 수도 있다. 이들 부가적인 가속도 컴포넌트들은 테스트 웨이퍼 전체에 적용되고 테스트 웨이퍼 (102) 의 CG (126) 에서의 가속도 크기들에 대한 크기 및 방향에 대응한다. 부가적인 가속도 컴포넌트들에 의해 오염되지 않은 회전 가속도 컴포넌트 데이터를 획득하기 위해, 블록 504에서 획득될 수도 있는, CG (126) 에서의 가속도 크기들은 블록 502에서 획득될 수도 있는, 제 1 가속도계 (114) 및/또는 제 2 가속도계 (116) 로부터 도출된 대응하는 가속도 크기들로부터 블록 506에서 감산될 수도 있다.

[0054] 따라서, 예를 들어, 제 1 가속도계 (114) 에서 제 2 축 (124) 을 따른 가속도 크기는 5 유닛들이고, 제 1 가속도계 (114) 에서 제 2 축 (124) 에 평행한 축을 따른 CG (126) 에서의 가속도 크기는 -3 유닛들이고, 제 1 가속도계 (114) 에서 CG (126) 를 중심으로 접선 회전 가속도 컴포넌트는 $5 - (-3) = 8$ 유닛들이다. 일단 CG (126) 를 중심으로 접선 가속도 컴포넌트가 특정한 위치에서 공지되면, CG (126) 를 중심으로 회전 가속도는 예를 들어, 접선 가속도를 이 위치와 CG (126) 간 거리로 나눔으로써, 블록 508에서 결정될 수도 있고, 예를 들어, 제 1 가속도계 (114) 에서 접선 가속도가 8 유닛들이고 제 1 가속도계 (114) 와 CG (126) 간의 거리가 2 유닛들이라면, 각도 가속도 또는 회전 가속도 α 는 다음 식에 따라 4 유닛들이도록 결정될 것이다:

[0055]
$$\alpha = \frac{a_t}{d_1}$$

[0056] 접선 가속도 컴포넌트는 제 1 가속도계 (114) 또는 제 2 가속도계 (116) 에 의해 측정된 가속도들을 사용하여 결정될 수도 있다는 것이 이미 자명할 것이다. 일부 구현예들에서, 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 둘다에 의해 측정된 가속도들은 접선 가속도들을 결정하는데 사용될 수도 있고, 두 접선 가속도들로부터

발생하는 각도 가속도들은 테스트 웨이퍼에 대해 보다 정확한 각도 가속도 값에 도달하도록 평균될 수도 있다. 일단 각도 가속도가 공지되면, 테스트 웨이퍼 (102) 상의 임의의 지점에서 가속도를 결정하기 위해, 각도 가속도가 CG (126) 에서 가속도 컴포넌트들과 함께 사용될 수도 있다. 이는 테스트 웨이퍼에 걸쳐, 특히, 테스트 웨이퍼 (102) 가 웨이퍼 핸들링 로봇의 엔드 이펙터의 콘택트 패드들과 콘택트하는 위치들에서 실제 가속도 필드의 보다 정밀한 결정을 허용한다.

[0057] 일부 구현예들에서, 복수의 가속도계들이 부가적인 레벨들의 셀프-체크를 테스트 웨이퍼에 제공하도록 사용될 수도 있다. 도 6은 이러한 기법의 흐름도를 도시한다. 예를 들어, 블록 602에서, 로봇 암은 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계에 대한 제 1 축 및 제 2 축을 따른 가속도 데이터가 블록 604 및 블록 606에서 각각 획득되는 동안 테스트 웨이퍼 (102) 의 회전이 전혀 없이 연장하거나 철수되게 (retract) 할 수도 있다. 이러한 경우들에서, 제 1 가속도계 (114), 제 2 가속도계 (116), 및 제 3 가속도계 (118) (사용된다면) 로부터의 가속도 데이터는 동일해야 하고, 블록 608에서 비교될 때 이들 가속도계들 중 임의의 2 개의 가속도계들 간의 가속도 데이터의 차들이 특정한 임계값을 초과하면, 이는 하나 이상의 가속도계들이 고장을 경험하였다는 것을 나타낼 수도 있고 블록 610에서 결정될 수도 있는 바와 같이, 테스트 웨이퍼가 서비스로부터 철수되어야 한다는 것을 나타낼 수도 있다. 고장이 검출되면, 블록 612에서 에러 코드 신호가 검출될 수도 있고; 고장이 검출되지 않으면, 이 기법은 블록 614로 진행할 수도 있고 에러 코드가 생성되지 않을 수도 있다.

[0058] 일부 구현예들에서, 웨이퍼 핸들링 로봇이 테스트 웨이퍼에 대한 순수 회전을 제공하는 것을 지원하면, 예를 들어, 웨이퍼 핸들링 로봇이 웨이퍼 핸들링 로봇의 회전 중심 바로 위에 CG (126) 를 갖는 테스트 웨이퍼를 위치시킬 수 있다면, 다른 회전 또는 병진 움직임 없이 웨이퍼 핸들링 로봇에 의해 CG (126) 를 중심으로 테스트 웨이퍼 (102) 가 회전될 수도 있는지에 대한 부가적인 체크가 수행될 수도 있다. 도 7은 이러한 기법의 흐름도를 도시한다. 블록 702에서, 테스트 웨이퍼 (102) 는 웨이퍼 핸들링 로봇에 의한 순수 회전 움직임시 중심을 중심으로 회전될 수도 있다. 블록 704 및 블록 706에서, 각각 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계에 대한 제 1 축 및 제 2 축을 따른 가속도 데이터가 획득될 수도 있다. 블록 708에서, 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계로부터의 가속도 데이터가 비교될 수도 있다. 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 가 CG (126) 로부터 등거리로 이격된다면, 제 1 축들을 따른 같고 방향이 반대인 크기들의 가속도 및 또한 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 에 대한 제 2 축들을 따른 같고 방향이 반대인 크기들의 가속도를 생성한다. 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 가 등거리로 이격되지 않는다면, 제 2 축 (124) 을 따른 제 1 가속도계 (114) 의 크기는 제 2 거리 (132) 로 승산될 수도 있고 제 2 축 (124) 을 따른 제 2 가속도계 (116) 의 크기는 2 가속도 크기들을 비교하기 전에 제 1 거리 (130) 로 승산될 수도 있다. 제 2 축들 (124) 을 따른 제 1 가속도계 (114) 및 제 2 가속도계 (116) 의 가속도 크기들이 같지 않고 방향이 반대이지 않다면, 가속도계들 중 하나 또는 둘에 고장 상태가 있다는 결정이 블록 710에서 이루어질 수도 있고, 테스트 웨이퍼는 수리에 사용으로부터 철회될 수도 있고 그리고/또는 블록 712에서 에러 코드 메시지가 생산될 수도 있다. 고장 상태가 식별되지 않으면, 이 기법은 에러 코드가 생성되지 않을 수도 있는 블록 714로 진행될 수도 있다.

[0059] 도 8 및 도 9는 도 3에 도시된 단일 3축 가속도계를 사용할뿐만 아니라 프로토타입 테스트 웨이퍼를 사용하여 상업적으로 입수가 가능한 테스트 웨이퍼를 사용하여 수집된 데이터의 플롯들을 도시한다. 상업적으로 입수가 가능한 테스트 웨이퍼 및 프로토타입 테스트 웨이퍼 둘다는 동일한 웨이퍼 핸들링 로봇 상에서 동일한 동적 환경에 동시에 노출된다 (웨이퍼 핸들링 로봇은 듀얼-암 로봇이고 따라서 테스트 웨이퍼들 둘다를 동시에 반송할 수 있다—도 8은 반시계 방향으로 180 ° 회전을 나타내는 한편, 도 9는 시계 방향으로 180 ° 회전을 나타낸다). 플롯들은 회전 움직임의 2 초 동안 테스트 웨이퍼의 무게 중심에서 측정된 평면적 결과를 도시한다 (수직 축은 유닛들을 갖지 않고, 본질적으로 선형임). 알 수 있는 바와 같이, 프로토타입과 상업적으로 입수가 가능한 유닛 사이의 가속도 트레이스들은 매우 유사하지만, 도 8의 데이터에서 편차가 가시적이다—구체적으로, 약 3.1 내지 3.7 초에서, 상업적으로 입수가 가능한 유닛은 보다 높은 결과적인 가속도를 기록하고, 약 4.5 내지 5 초에서, 상업적으로 입수가 가능한 유닛은 보다 낮은 결과적인 가속도를 기록한다. 도 9에서, 상업적으로 입수가 가능한 유닛은 처음 0.5 초에서 보다 낮은 결과적인 가속도를 기록하고, 1.3 내지 1.8 초에서 상당히 높은 결과를 기록한다. 프로토타입 테스트 웨이퍼에 사용된 가속도계들은 CG (예를 들어, 도 3에서 가속도계들의 배치를 참조하라) 를 통과하는 공통 축과 정밀하게 정렬되지 않고 이 데이터가 수집될 때 캘리브레이팅되지 않고, 따라서 도시된 데이터는 다소 에러를 가질 수도 있지만, 일반적으로 정확하다고 여겨진다는 것을 주의한다.

[0060] 알 수 있는 바와 같이, 가속도계들에 의해 생성된 가속도계 신호들은 상당한 잡음량을 갖고, 동일한 가속도 조건들을 측정할 때 또는 예를 들어, 앞서 논의된 테스트와 같이 이론적으로 같거나 같고 방향이 반대인 가속도 크기들을 생성할 때에도 서로 상이할 수도 있다. 가속도계들로부터의 데이터를 사용하여 생성되는 가속도 크기

들은, 데이터 수집 목적들을 위해 또는 셀프-테스팅 목적들을 위해 사용되기 전에 평활화, 평균, 또는 달리 프로세싱될 수도 있다는 것이 이해된다. 따라서, 예를 들어, 제 1 가속도계 및 제 2 가속도계로부터의 가속도 데이터는 두 가속도계들로부터의 가속도 데이터가 크기가 같은지 체크하기 전에 미리 규정된 인터벌에 걸쳐 평균되고 평활화될 수도 있다. 부가적으로, 2 개의 별도의 가속도계들로부터의 가속도계 데이터의 임의의 비교는 물론 오차를 포함할 수도 있고, 예를 들어, 2 개의 가속도계들의 공통 축들을 따른 가속도 크기들이 서로 $\pm 0.5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, 또는 $\pm 5\%$ 이내라면, 이러한 가속도 크기들은 테스트 웨이퍼를 셀프-테스팅할 목적으로 "동일한" 것으로 여겨질 수도 있다.

[0061] 기관 이송 동작들 동안 기관들에서 본 (또는 기관들에서 본 것으로 예상된) 피크 가속도들에 기초하여 웨이퍼 핸들링 로봇 동작 파라미터들을 규정하는 것이 일반적이다. 예를 들어, 다양한 인자들, 예컨대 콘택트 패드 콘택트 면적, 마찰 계수, 마모 인자들, 안전 인자들, 등이 기관 이송 동안 기관이, 특정한 임계값, 예를 들어, 0.3 g 이상인 가속도들에 노출되어야 한다는 결정에 모두 기여할 수도 있다. 기관 이송 동작들의 지속시간을 최소화하기 위해, 웨이퍼 핸들링 로봇은 이 가속도 임계값에서 또는 근방에서 동작하도록 시도하는 움직임 프로파일에 따라 기관들을 이송하도록 구성될 수도 있다. 테스트 웨이퍼는 이러한 움직임 프로파일을 검증하도록 사용될 수도 있다—그러나, 테스트 웨이퍼가 기관에 의해 경험된 피크 가속도들을 부정확하게 리포팅하면, 움직임 프로파일의 검증이 의심받을 수도 있다. 이에 따라, 본 명세서에 논의된 멀티-가속도계 테스트 웨이퍼들과 같은 테스트 웨이퍼의 사용은 웨이퍼 핸들링 로봇을 셋업할 때 보다 정확한 움직임 프로파일 구성을 가능하게 할 수도 있다.

[0062] 본 명세서에서 앞서 논의된 바와 같이, 다른 구현예들은 상기 기술된 바와 같은 테스트 웨이퍼와 직접적으로 또는 간접적으로 연통하도록 구성된 반도체 프로세싱 툴을 포함할 수도 있다. 도 10은 빌트-인 테스트 웨이퍼 피처를 갖는 예시적인 반도체 프로세싱 툴 (1000)의 평면도를 도시한다. 반도체 프로세싱 툴 (1000)은 한 쌍의 로드록들 (1044)에 의해 복수의 로드 포트들 (1054) 및 이송 챔버 (1064)에 연결되는 EFEM (1042)을 포함할 수도 있다. 이송 챔버 (1064)는 이송 챔버 (1064) 주변부 둘레에 연결된 복수의 반도체 프로세싱 챔버들 (1060)을 가질 수도 있다. 반도체 프로세싱 챔버들 (1060) 및 로드록들 (1044)은 하나 이상의 게이트 밸브들 (1058)을 사용하여 실링가능할 수도 있다. EFEM (1042)은 로드록들 (1044)과 로드 포트들 (1054)과 인터페이스하는 FOUPL (미도시) 사이에서 기관 (1066)과 같은 기관들을 이송하도록 사용될 수도 있는 웨이퍼 핸들링 로봇 (1050)을 가질 수도 있다. 이송 챔버 (1064)는 웨이퍼 핸들링 로봇 (1050)과 유사하지만, 반도체 프로세싱 챔버들 (1060) 내에서 로드록들 (1044)과 기관 스테이션들 (1062) 사이에서 기관들을 이송하도록 구성된 웨이퍼 핸들링 로봇 (1052)을 가질 수도 있다. 다른 기관 스테이션들 (1062)은 로드록들 (1044) 내의 기관 스테이션들 (1062), 뿐만 아니라 로드 포트 (1054) 각각과 연관된 기관 스테이션들 (1062)을 포함할 수도 있다. 웨이퍼 핸들링 로봇들 (1050 및 1052)은 반도체 프로세싱 툴 (1000)을 통해 기관들 (1066)을 이송하도록 회전 및 연장/철수될 수도 있다; 웨이퍼 핸들링 로봇들 (1050 및 1052)의 일부 예시적인 대안적인 위치들이 점선 아웃라인들로 도시되었다.

[0063] 도 10에서 EFEM의 모서리들 중 2 개에서 EFEM 내에 배치된 2 개의 테스트 웨이퍼 리셉터클들 (1046)이 보여진다. 2 개의 테스트 웨이퍼 리셉터클들 (1046)이 도시되지만, 일부 구현예들은 단일 테스트 웨이퍼 리셉터클 (1046)만을 특징으로 할 수도 있다. 테스트 웨이퍼 리셉터클들 (1046)은, 웨이퍼 핸들링 로봇 (1050)에 의해 주기적으로 회수될 수도 있고 테스트 사이클을 수행하도록 사용될 수도 있는, 본 명세서에 기술된 테스트 웨이퍼들과 같은 테스트 웨이퍼를 하우징하는 홀딩 영역들로서 기능할 수도 있다. 테스트 웨이퍼의 움직임 또는 재위치를 필요로 하지 않는 정상 동작 동안 반도체 웨이퍼들로 하여금 반도체 프로세싱 툴을 통과하게 하는 동안, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 반도체 프로세싱 툴을 사용하여 프로세싱되는 웨이퍼들을 저장하도록 정상적으로 사용된 리셉터클이 아니고, 예를 들어, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 웨이퍼 버퍼, 로드록, FOUPL, 등이 아니라, 대신 테스트 웨이퍼를 저장하도록 사용될 수도 있는 전용 리셉터클이라는 것이 이해된다. 예를 들어, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 테스트 웨이퍼와 인터페이스하도록 구체적으로 맞춤될 (tailored) 수도 있는 시스템들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 일부 구현예들에서, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 테스트 웨이퍼가 테스트 웨이퍼 리셉터클 내에 도킹될 때 테스트 웨이퍼 상의 재충전가능 배터리로 하여금 테스트 사이클들 사이에 재충전되게 하도록 테스트 웨이퍼 상 또는 내의 유도 충전 코일과 유도적으로 커플링할 수도 있는 유도 충전 시스템을 포함할 수도 있다. 일부 구현예들에서, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 또한 테스트 사이클들 사이에 테스트 웨이퍼를 정렬하거나 재정렬하도록 사용될 수도 있는 회전 및/또는 선형 정렬 메커니즘들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 특정한 각도 배향으로 테스트 웨이퍼를 회전하도록 사용될 수도 있는 턴테이블을 포함할 수도 있다. 다른 예에서, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 테스트 웨이퍼로 하여금 하나 이상의 축들을 따라 이동하게 하는 단일 축 또는 듀얼 축 병진 메커니즘을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 테스트 웨이퍼가 테스트 사

이클 동안 웨이퍼 핸들링 로봇 엔드 이펙터에 대해 약간 이동한다면, 이러한 미끄러짐은 테스트 웨이퍼가 테스트 웨이퍼 리셉터클로 리턴될 때 테스트 웨이퍼가 테스트 웨이퍼 리셉터클 내에서 중심이 벗어나 위치되게 할 수도 있다. 이러한 중심이 벗어나 위치되는 것은 예를 들어, 테스트 웨이퍼 위치로 하여금 테스트 웨이퍼 리셉터클에 대해 결정되게 하는, 테스트 웨이퍼의 에지들을 따른 복수의 위치들을 검출할 수도 있는, 예를 들어, 테스트 웨이퍼 리셉터클 내 광학 또는 기계 시각 센서들을 사용하여 검출될 수도 있다. 테스트 웨이퍼는 테스트 웨이퍼 각도 위치로 하여금 이러한 센서들에 의해 결정되게 하도록 외측 에지, 예를 들어, 노치 또는 달리 검출 가능한 마킹을 따른 신뢰할 수 있는 마크 또는 인택싱 마크를 포함할 수도 있다. 테스트 웨이퍼가 오정렬되는 것으로 식별되는 상황들에서, 테스트 웨이퍼 리셉터클의 정렬 메커니즘들은 테스트 웨이퍼가 테스트 웨이퍼 리셉터클 내에 정확하게 위치되도록 테스트 웨이퍼를 이동 및/또는 회전하도록 인게이지될 수도 있다. 일단 테스트 웨이퍼가 정확하게 위치되면, 일부 구현예들에서, 웨이퍼 핸들링 로봇은 정렬 메커니즘으로 하여금 최초 위치로 리셋(re-set) 되게 하도록 정렬 메커니즘으로부터 테스트 웨이퍼를 리프팅하도록 사용될 수도 있다; 일단 정렬 메커니즘이 최초 위치로 리셋되면, 테스트 웨이퍼는 테스트 웨이퍼 및 정렬 메커니즘 둘다를 정렬된 상태로 남기면서, 정렬 메커니즘 상으로 다시 배치될 수도 있다.

[0064] 웨이퍼 핸들링 로봇 (1052) 의 테스트가 목표된다면, 웨이퍼 핸들링 로봇 (1050) 은 웨이퍼 핸들링 로봇 (1052) 으로 하여금 테스트 사이클을 수행하게 하도록 테스트 웨이퍼를 로드록 (1044) 을 통해 웨이퍼 핸들링 로봇 (1052) 으로 전달할 수도 있다.

[0065] 사용되는 테스트 웨이퍼는 예를 들어, 반도체 프로세싱 툴 (1000) 의 전체 동작을 제어할 수도 있는 반도체 프로세싱 툴용 시스템 제어기를 사용하여, 또는 반도체 프로세싱 툴 (1000) 의 컴포넌트의 서브-제어기를 사용하여, 예를 들어, 웨이퍼 핸들링 로봇 제어기를 사용하여 또 다른 디바이스와의 무선 통신을 제공하는 통신 인터페이스를 가질 수도 있다.

[0066] 앞서 언급된 바와 같이, 반도체 프로세싱 툴용 시스템 제어기는 반도체 프로세싱 툴을 통한 기관들의 움직임을 제어할 수도 있고, 그리고 기관 처리량의 목표된 레벨을 발생시키는 방식으로 기관들의 움직임을 스케줄링할 수도 있다. 도 11은 반도체 프로세싱 툴 내에서 테스트 웨이퍼를 사용하기 위한 기법과 같은 일 예의 흐름도를 도시한다. 블록 1102에서, 예를 들어, 웨이퍼 핸들링 로봇 (WHR) 은 반도체 프로세싱 툴의 위치로부터 기관을 회수하도록 제어될 수도 있고, 후속하여 블록 1104에서, 툴 내 새로운 위치 내에 배치될 수도 있다. 기관 각각이 배치된 후, 다음으로 스케줄된 기관 이송 동작 전에 테스트 웨이퍼를 사용하여 웨이퍼 핸들링 로봇으로 테스트 사이클을 완료하기에 충분한 시간이 있는지 여부에 대한 결정이 블록 1106에서 이루어질 수도 있다. 테스트 사이클을 완료하기에 시간이 불충분하다고 블록 1106에서 결정된다면, 기법은 다른 기관 이송 동작들을 위해 블록 1102으로 리턴할 수도 있다. 그러나, 블록 1106에서 테스트 사이클을 수행하기 충분한 시간이 있다고 결정되면, 웨이퍼 핸들링 로봇은 블록 1108에서 테스트 웨이퍼 리셉터클로부터 테스트 웨이퍼를 회수하도록 제어될 수도 있고, 웨이퍼 핸들링 로봇이 테스트 웨이퍼를 테스트 웨이퍼 리셉터클로 리턴하도록 제어될 수도 있다는 결론시 블록 1110에서 테스트 사이클을 수행하도록 제어될 수도 있다. 블록 1112에서 테스트 사이클을 통과하였다고 결정되면, 기법은 다른 기관 이송 동작들을 위해 블록 1102로 리턴할 수도 있다. 그러나, 블록 1112에서 테스트 사이클을 통과하지 못하였다고 결정되면, 기법은 기법은 웨이퍼 핸들링 로봇이 서비스를 필요로 할 수도 있다는 것을 나타내는 에러 코드가 생성될 수도 있는, 블록 1114로 진행할 수도 있다.

[0067] 예를 들어, 반도체 프로세싱 툴용 시스템 제어기는 테스트 사이클이 웨이퍼 핸들링 로봇들 (1050 및 1052) 중 하나 또는 둘에 의해 수행되어야 한다고 주기적으로 결정할 수도 있고, 이러한 결정을 하는 것은 반도체 프로세싱 툴 (1000) 전체적으로 기관들의 움직임에 영향을 주지 않고, 또는 가능하지 않다면, 최소량의 영향으로 테스트 사이클을 수행할 수 있도록, 테스트될 웨이퍼 핸들링 로봇이 다음에 충분히 긴 인터벌에 대해 유틸일 때를 결정할 수도 있다.

[0068] 시스템 제어기가 테스트 사이클을 수행할 시간이라고 결정할 때, 시스템 제어기는, 예를 들어, 웨이퍼 핸들링 로봇 (1050) 을 제어하는 로봇 암 제어기로 하여금 테스트 사이클을 실행하게 할 수도 있다. 테스트 사이클 동안, 웨이퍼 핸들링 로봇 제어기는 웨이퍼 핸들링 로봇 (1050) 으로 하여금 테스트 웨이퍼 리셉터클 (1046) 로부터 테스트 웨이퍼를 회수하게 하고 예를 들어, Bluetooth와 같은 무선 통신 기법을 통해 테스트 웨이퍼와의 통신 연결을 개시하게 할 수도 있다. 테스트 웨이퍼와 통신 연결을 확립한 후, 웨이퍼 핸들링 로봇 제어기는 테스트 웨이퍼 상의 가속도계들이 적절히 기능한다고 검증하기 위해 사용될 수도 있는 하나 이상의 검증 동작들을 선택가능하게 개시할 수도 있다. 예를 들어, 웨이퍼 핸들링 로봇 제어기는 웨이퍼 핸들링 로봇의 엔드 이펙터로 하여금 단일 축을 따라 연장 및 철수되게 할 수도 있고, 테스트 웨이퍼 내 가속도계 각각에 의해 측정된 가속도들은 이들 가속도들 간 차가 임계값 허용가능 차를 초과하는지 알기 위해 비교될 수도 있다. 측정된 가속

도들 간 차가 충분히 크다면, 웨이퍼 핸들링 로봇 제어기는 테스트 웨이퍼의 여러 상태를 나타내는 신호를 생성할 수도 있고 그리고/또는 나머지 테스트 사이클을 수행하지 않고 테스트 웨이퍼를 테스트 웨이퍼 리셉터클로 리턴시킬 수도 있다. 일부 구현예들에서, 테스트 웨이퍼는 테스트 사이클 각각 전에 공공 배향으로 회전가능하게 정렬될 수도 있다. 예를 들어, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 테스트 웨이퍼로 하여금 웨이퍼 핸들링 로봇에 의해 회수되기 전에 특정한 회전 배향으로 인덱싱되게 하는 정렬기 또는 다른 회전 엘리먼트를 포함할 수도 있다. 이는 테스트 웨이퍼로 하여금 테스트 각각에 대해 동일한 배향으로 배향되게 하고, 이는 데이터 분석을 단순화할 수도 있다.

[0069] 테스트 웨이퍼가 검증된 후, 이러한 검증 동작들이 수행되면, 웨이퍼 핸들링 로봇 제어기는 웨이퍼 핸들링 로봇의 엔드 이펙터로 하여금 테스트 웨이퍼를 지지하는 동안 하나 이상의 미리 규정된 움직임들을 수행하는 진단 테스트를 수행하게 할 수도 있다. 미리 결정된 움직임들은 다양한 레벨들의 가속도들 (또는 일부 경우들에서, 평균 가속도들) 이 예상되는 분위기들로 테스트 웨이퍼를 노출하도록 선택될 수도 있다. 측정된 가속도들은 상당한 충분한 마진, 예를 들어, ± 10 %만큼 가속도의 예상된 레벨들로부터 벗어난다면, 웨이퍼 핸들링 로봇이 테스트 사이클을 통과하지 못한다는 결정이 이루어질 수도 있다. 예를 들어, 측정된 가속도들이 예상된 것보다 작다면, 이는 테스트 웨이퍼가 미끄러진다는 것을 나타낼 수도 있고, 이는 웨이퍼 핸들링 로봇 내 오작동 구동 시스템 또는 과마모된 콘택트 패드들을 나타낼 수도 있다. 측정된 가속도들이 예상된 것보다 크다면, 웨이퍼가 미끄러졌고 갑자기 정지한다 (caught itself) 는 것을 나타낼 수도 있고 또는 웨이퍼 핸들링 로봇 구동 시스템 이 엔드 이펙터를 매우 신속하게 구동한다는 것을 나타낼 수도 있다.

[0070] 일단 테스트 사이클이 완료되면, 테스트 웨이퍼는 테스트 웨이퍼 리셉터클의 일부인 충전 시스템, 예를 들어, 테스트 웨이퍼 상의 재충전 단자들과 전기적 콘택트를 형성하는 시스템 또는 유도성 루프 또는 코일을 사용하여 테스트 웨이퍼의 전력 소스를 재충전하도록 유도성 충전을 사용하는 시스템에 의해 재충전될 수도 있는, 테스트 웨이퍼 리셉터클로 리턴될 수도 있다.

[0071] 일부 구현예들에서, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 EFEM 외부에 위치될 수도 있지만, 통로 또는 다른 개구부를 통해 결합될 수도 있다. 예를 들어, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 EFEM의 측벽들, 예를 들어, 로드 포트(들) 및 로드록(들) 을 갖는 EFEM의 측면들 사이에 걸치는 EFEM의 짧은 측면들 상에 볼트 접합되거나 달리 부착되는 인클로저를 포함할 수도 있다. 일부 구현예들에서, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 로드록(들)과 인터페이스하는 EFEM의 동일한 벽을 따라 위치될 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 테스트 웨이퍼 리셉터클은 테스트 웨이퍼 리셉터클이 EFEM의 측면으로부터 돌출하는 것을 회피하도록 로드록들 중 하나 또는 둘다 위에 위치될 수도 있다.

[0072] 도 12는, 예를 들어, 테스트 웨이퍼 리셉터클 (1246) 이 EFEM (1242) 의 외부에 부착되고; 테스트 웨이퍼 리셉터클 (1246) 이 복수의 로드 포트들 (1254) 이 위치한 측면과 마주보는 EFEM (1242) 의 측면 상에 위치되는, 반도체 프로세싱 툴 (1200) 의 측면도를 도시한다. 로드 포트 (1254) 각각은 게이트 밸브 (1258) 를 통해 웨이퍼 핸들링 로봇 (1250) 에 의해 로드록들 (1244) 로 이송될 수도 있는 복수의 기관들을 담은 FOUP (1256) 를 수용하기 위한 인터페이스를 가질 수도 있다. 이로부터, 기관은 로드록들 (1244) 과 반도체 프로세싱 챔버들 (1260) 간 이송을 위해 이송 챔버 (1264) 내 웨이퍼 핸들링 로봇 (1252) 에 의해 회수될 수도 있다.

[0073] 테스트 사이클 동안, 웨이퍼 핸들링 로봇 (1250) 은 웨이퍼 핸들링 로봇 (1250) 의 엔드 이펙터로 하여금 테스트 웨이퍼 리셉터클 (1246) 에 액세스하고 테스트 웨이퍼 (1248) 를 회수하게 하도록 상향으로 병진할 수도 있다. 유사하게, 일단 테스트 사이클이 완료되면, 웨이퍼 핸들링 로봇 제어기는 웨이퍼 핸들링 로봇 (1250) 으로 하여금 테스트 웨이퍼를 테스트 웨이퍼 리셉터클로 리턴하게 할 수도 있다.

[0074] EFEM의 외부에 장착된 테스트 웨이퍼 리셉터클들에 대해, 로드 포트들의 하부 부분의 공간이 FOUP 도어 개방 및 폐쇄 메커니즘들에 의해 점유될 수도 있기 때문에, FOUP 위의 공간이 FOUP들로 하여금 로드 포트들로부터 상승되고 로드 포트들로 하강되게 하도록 빈 (clear) 채로 유지되어야 할 수도 있기 때문에, 테스트 웨이퍼 리셉터클들을 제자리들 또는 로드 포트들 아래에 위치시키는 것이 일반적으로 실현가능하지 않다.

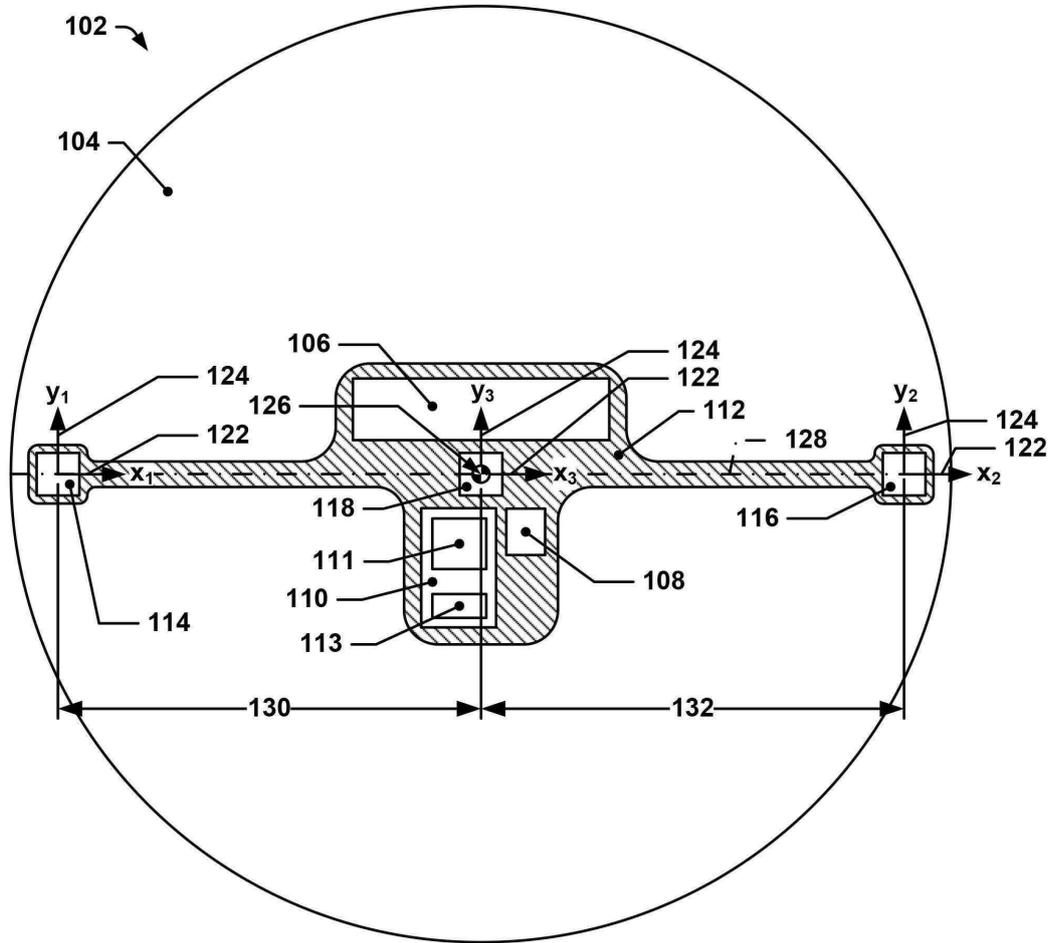
[0075] 앞서 논의된 바와 같이, 집적된 테스트 웨이퍼 리셉터클들을 갖는 반도체 프로세싱 툴들 내에서, 테스트 웨이퍼 리셉터클들은 반도체 프로세싱 툴에 영구적으로 고정된 채로 남아 있게 하도록 구성되어 테스트 사이클을 수행하기 위해 언제나 테스트 웨이퍼로 하여금 웨이퍼 핸들링 로봇에 의해 회수되게 한다.

[0076] 구체적으로 기술된 임의의 구현예들에서 피쳐들이 서로 양립가능하지 않은 것으로 명시적으로 식별되거나 주변 맥락이 상호 배타적이고 상보적이고 그리고/또는 지원하는 관점에서 용이하게 조합가능하지 않다는 것을 암시하지 않는 한, 본 개시 전체가 이들 상보적인 구현예들의 특정한 피쳐들이 하나 이상의 포괄적이지만, 약간 상이

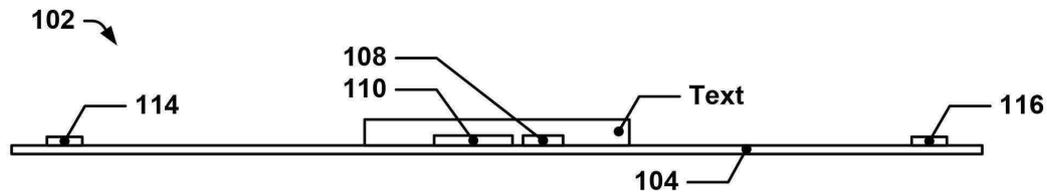
한 기술적 솔루션들을 제공하도록 선택적으로 조합될 수 있다는 것이 또한 이해되어야 한다. 따라서 상기 기술은 단지 예로서 주어지고 상세의 수정들이 본 발명의 범위 내에서 이루어질 수도 있다는 것이 더 이해될 것이다.

도면

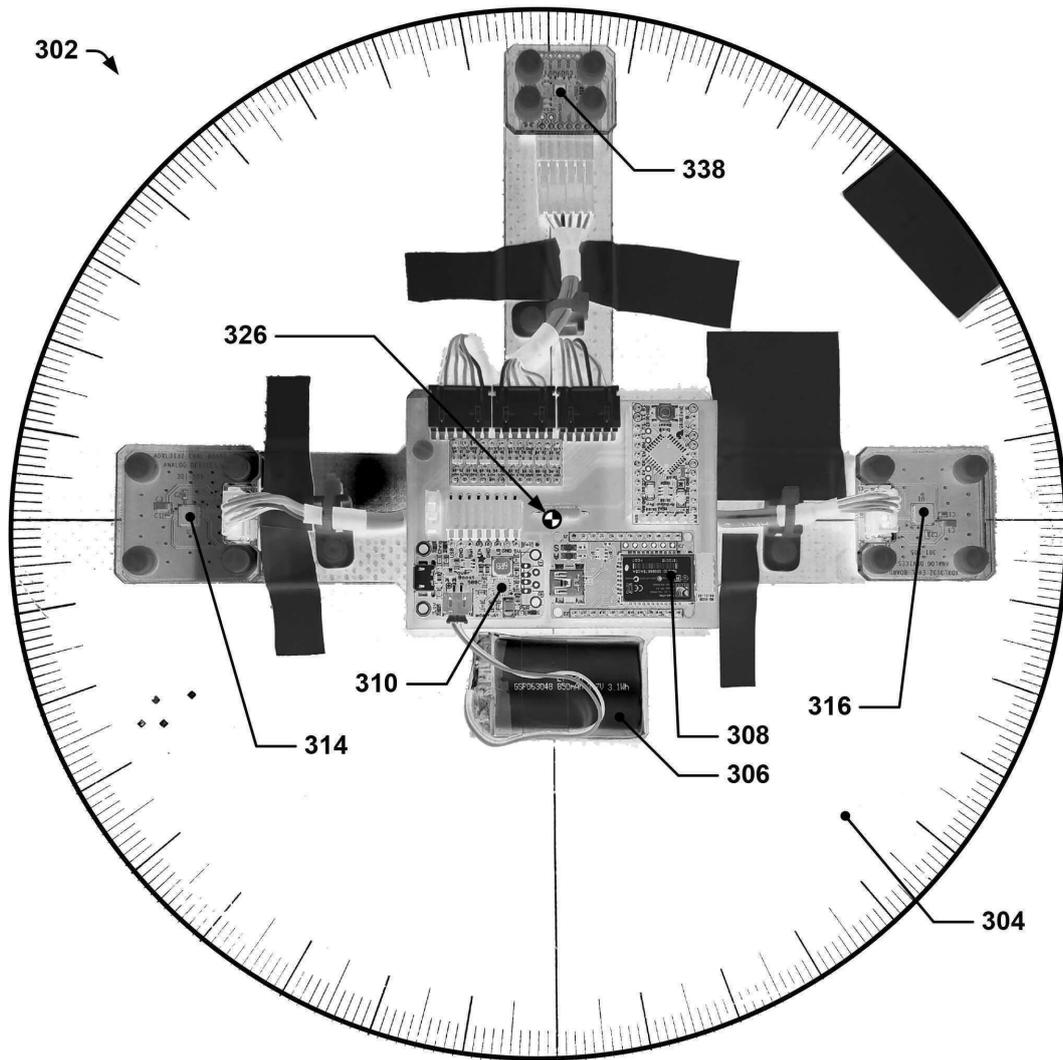
도면1



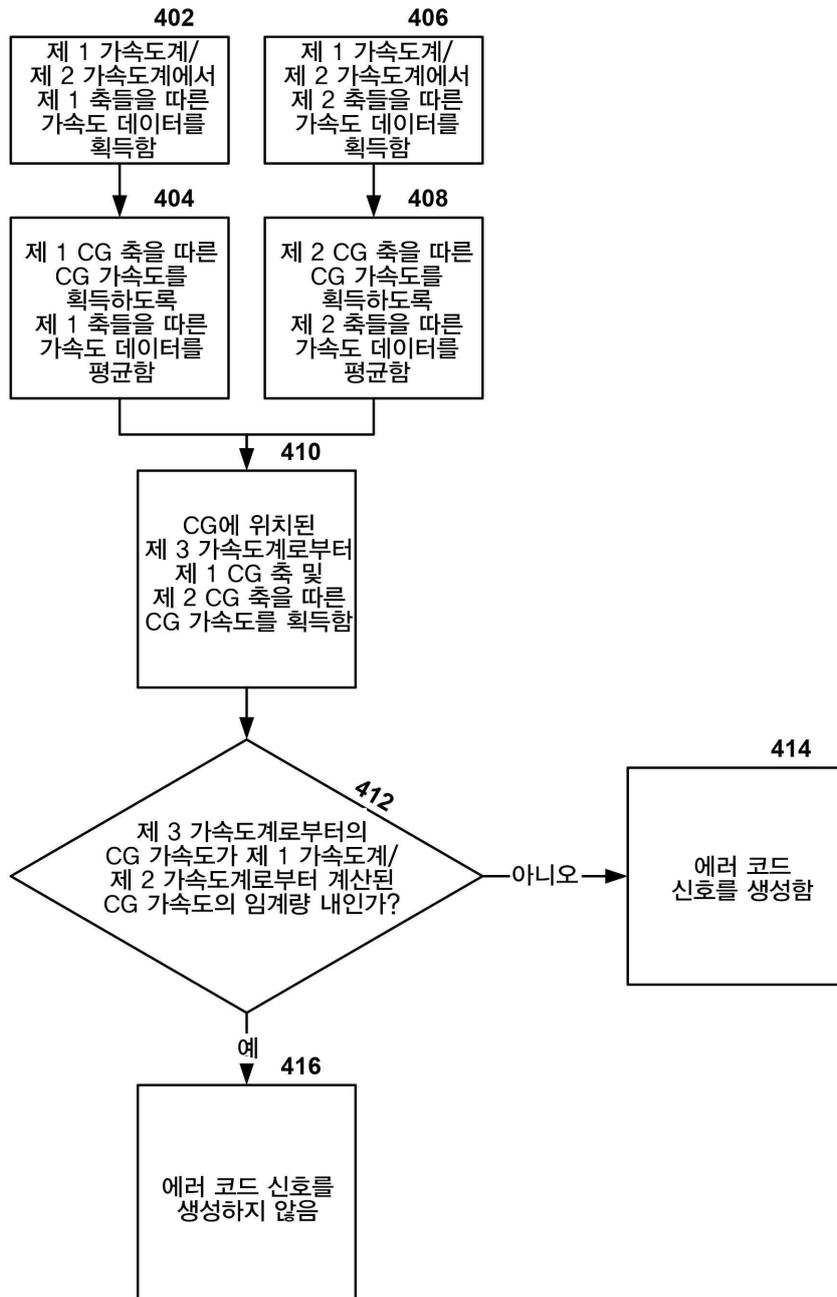
도면2



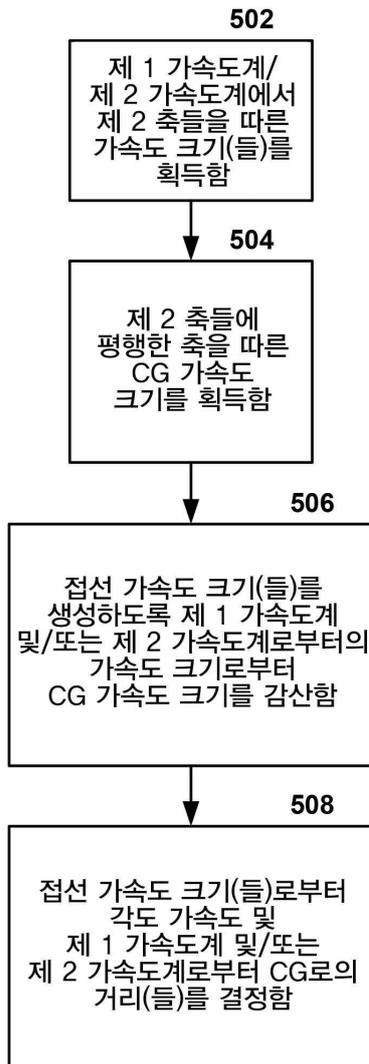
도면3



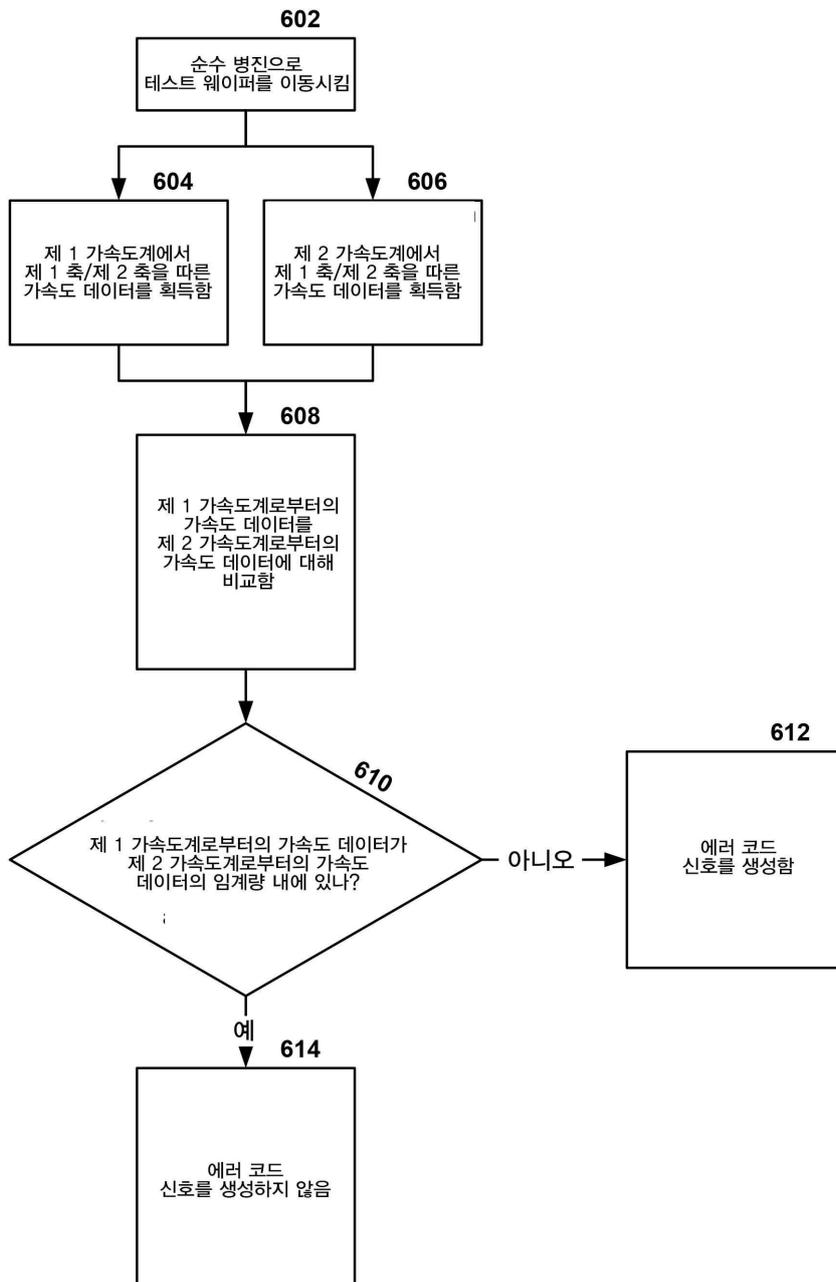
도면4



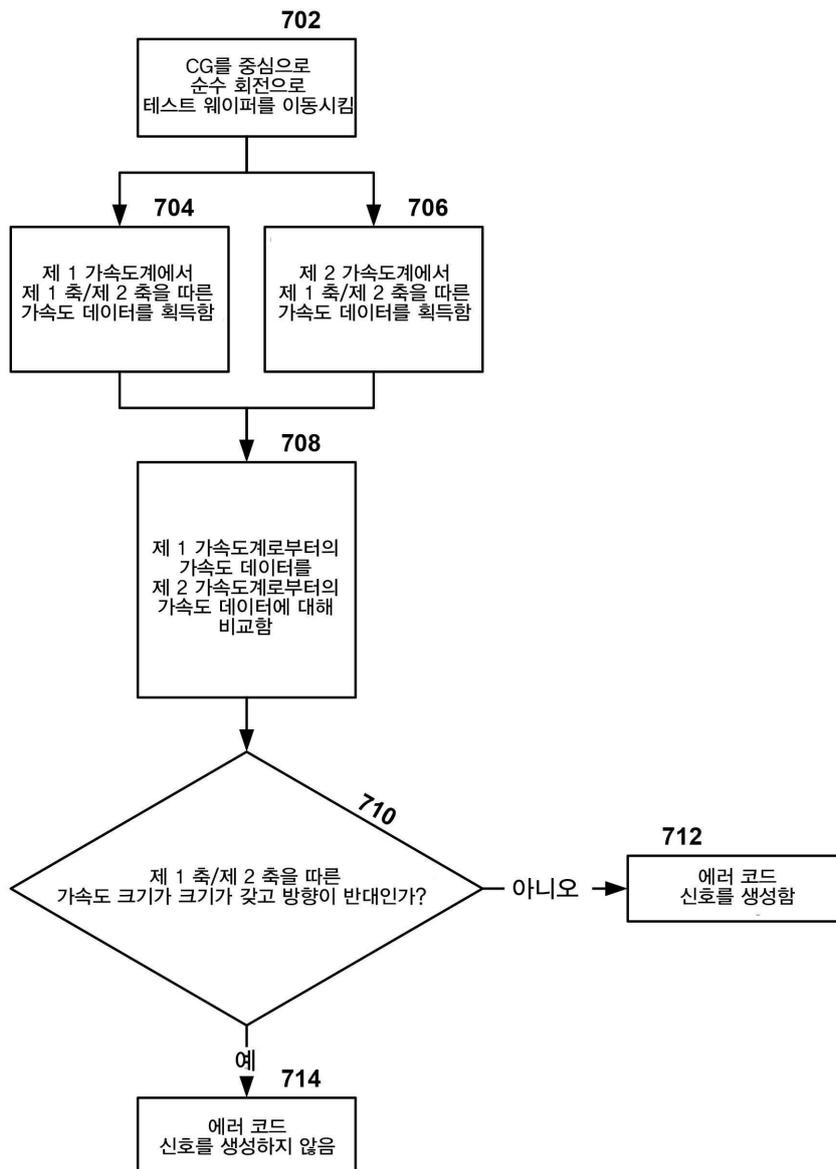
도면5



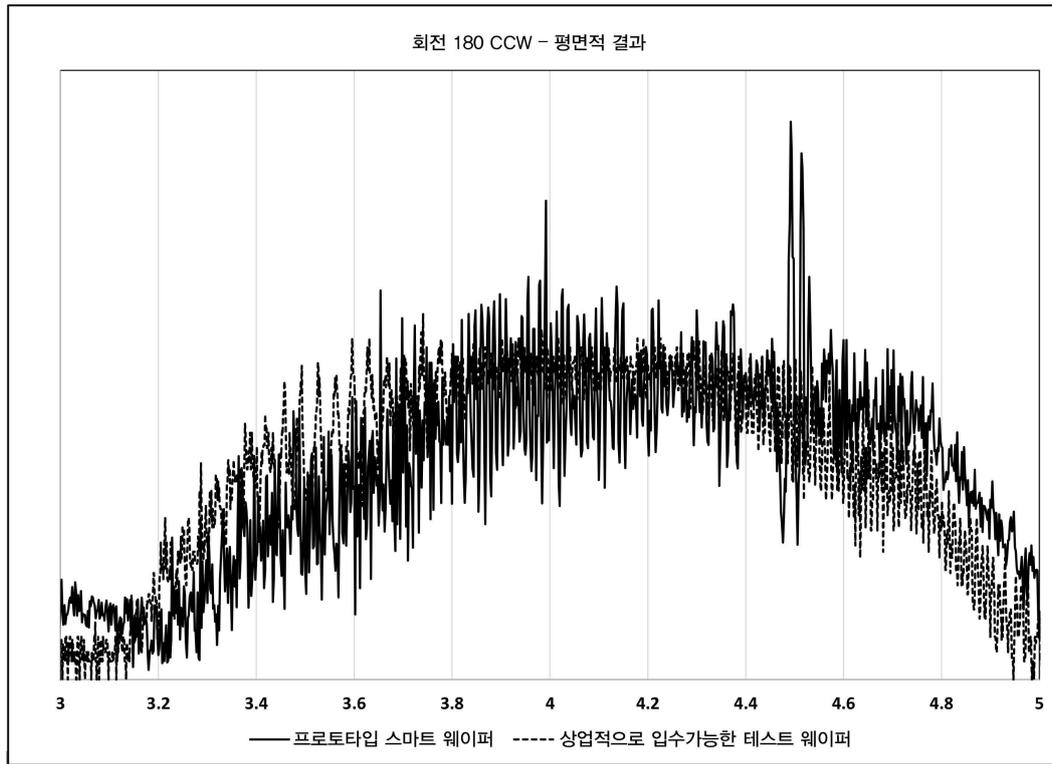
도면6



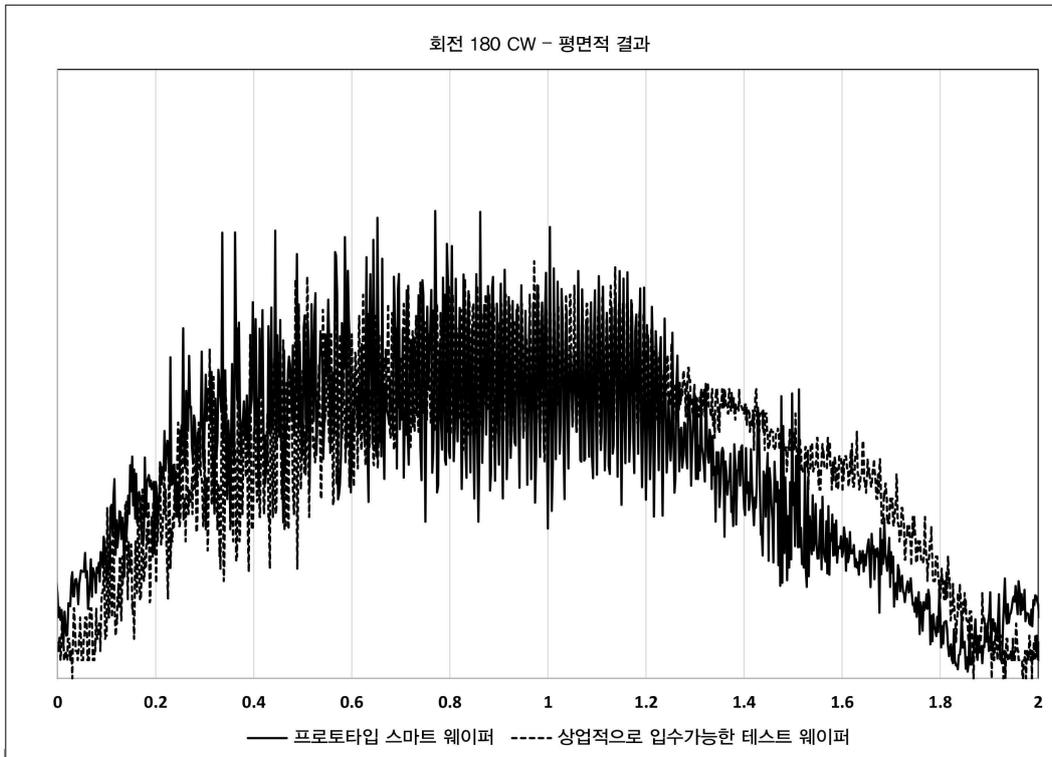
도면7



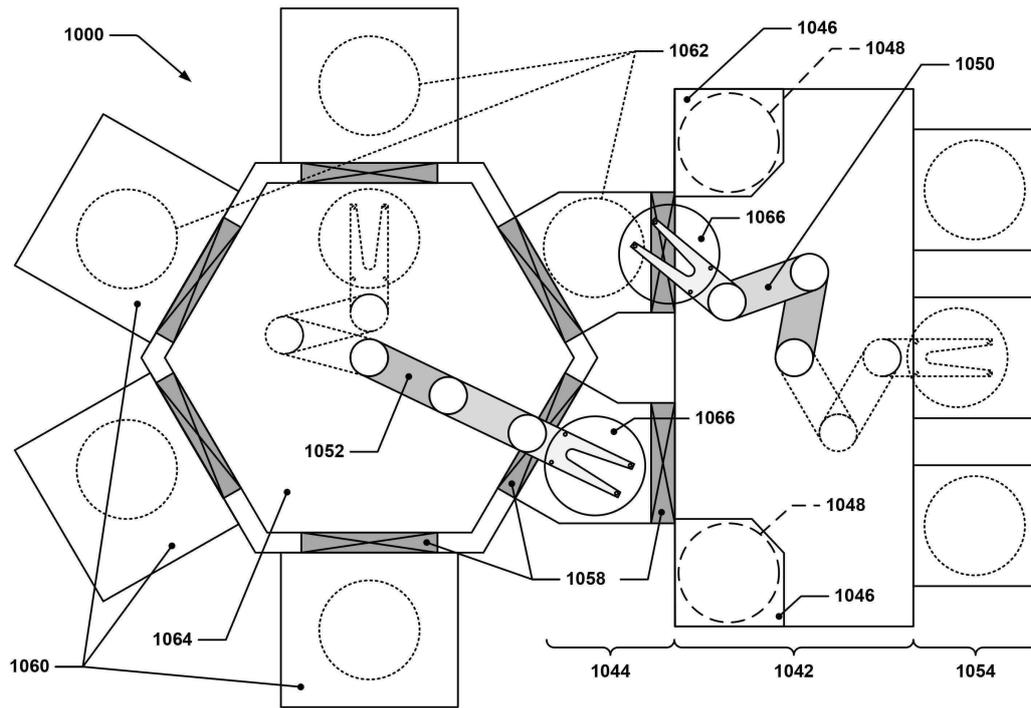
도면8



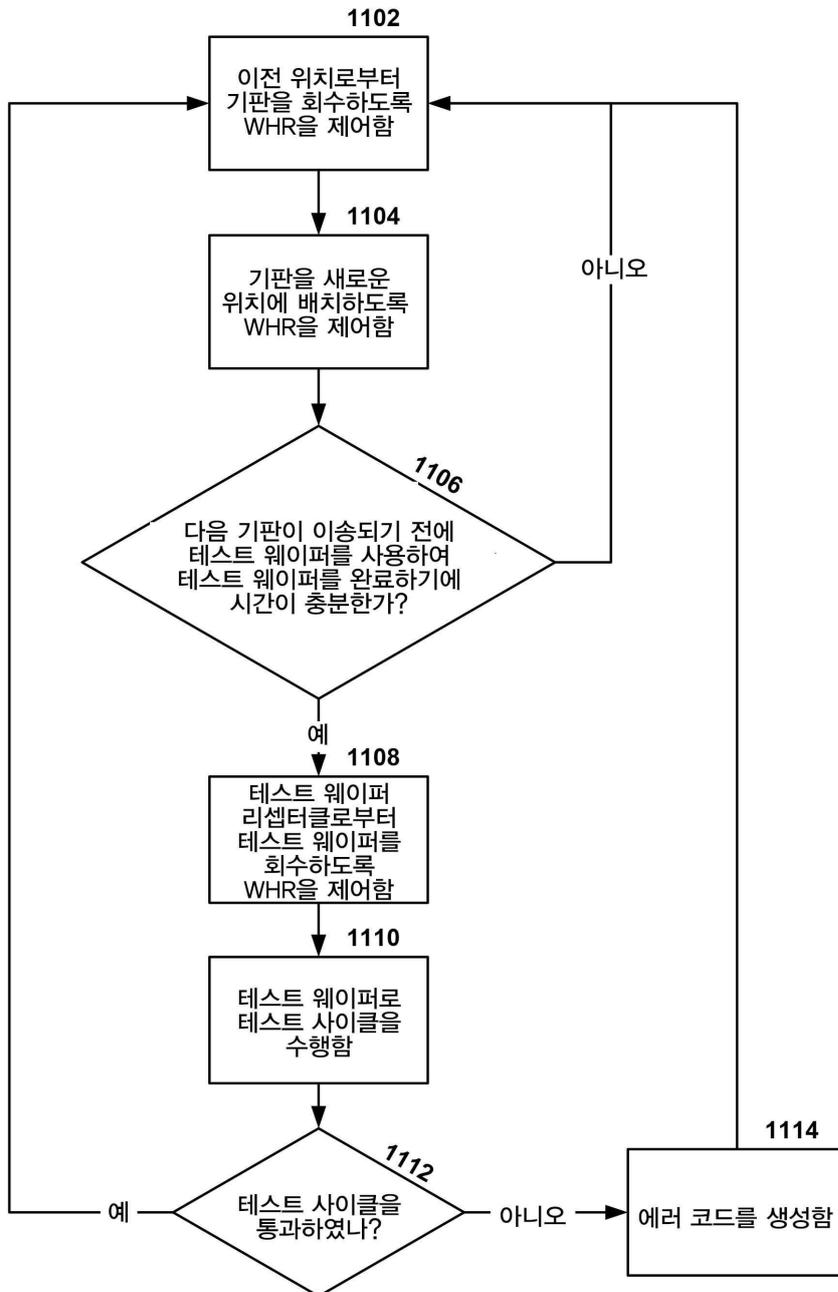
도면9



도면10



도면11



도면12

