(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년11월20일
(11) 등록번호 10-2731815
(24) 등록일자 2024년11월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/28 (2006.01) *G01R 1/073* (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/2891 (2013.01)
G01R 1/07314 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7041608
(22) 출원일자(국제) 2022년05월09일
심사청구일자 2023년12월01일
(85) 번역문제출일자 2023년12월01일
(65) 공개번호 10-2023-0170802
(43) 공개일자 2023년12월19일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/019630
(87) 국제공개번호 WO 2022/255030
국제공개일자 2022년12월08일
(30) 우선권주장
JP-P-2021-094056 2021년06월04일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020210012791 A
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 8 항

(73) 특허권자
가부시키가이샤 도쿄 세이미쓰
일본국 도쿄도 하치오지시 이시카와마치 2968-2
(72) 발명자
요시다 데츠오
일본국 1928515 도쿄도 하치오지시 이시카와마치 2968-2 가부시키가이샤 도쿄 세이미쓰 내
오타케 슌스케
일본국 1928515 도쿄도 하치오지시 이시카와마치 2968-2 가부시키가이샤 도쿄 세이미쓰 내
마츠오카 다츠야
일본국 1928515 도쿄도 하치오지시 이시카와마치 2968-2 가부시키가이샤 도쿄 세이미쓰 내
(74) 대리인
김태환, 문두현

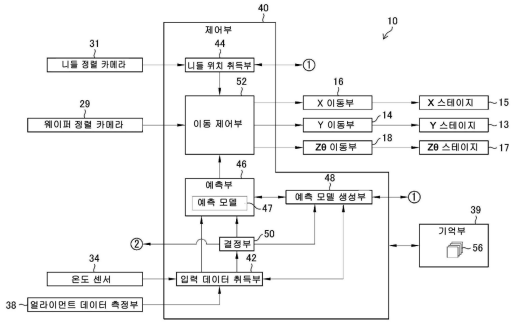
심사관 : 최혜미

(54) 발명의 명칭 **프로버 제어 장치, 프로버 제어 방법, 및 프로버**

(57) 요 약

프로브 니들의 선단 위치를 보다 정확하게 예측하는 것이 가능한 프로버 제어 장치, 프로버 제어 방법, 및 프로버를 제공한다. 프로브 니들을 반도체 칩에 접촉시키는 프로버 제어 장치에 있어서, 프로브 카드 및 카드 홀더 중 적어도 한쪽의 온도 데이터를 포함하는 입력 데이터를 취득하는 입력 데이터 취득부와, 입력 데이터 취득부가 취득한 입력 데이터에 기초하여, 입력 데이터를 입력으로 하며 또한 프로브 니들의 선단 위치를 출력으로 하는 예측 모델을 이용하여, 프로브 니들의 선단 위치를 예측하는 예측부와, 예측부의 예측 전에, 예측 모델의 기계 학습에 교사 데이터로서 이용된 입력 데이터와, 입력 데이터 취득부가 취득한 입력 데이터에 기초하여, 예측부에 의한 예측의 실행의 가부를 결정하는 결정부를 구비한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G01R 31/2887 (2013.01)
G01R 31/2889 (2013.01)
G06N 20/00 (2021.08)

(56) 선행기술조사문헌
US20200388545 A1
US20190277913 A1
KR101169830 B1
JP2009524050 A
US20150192616 A1
KR1020080093410 A

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 반도체 칩이 형성된 웨이퍼를 유지하는 웨이퍼 척과, 프로브 니들을 갖는 프로브 카드와, 상기 프로브 카드의 외주(外周)를 유지하여 상기 프로브 카드를 상기 웨이퍼에 대향시키는 카드 홀더와, 상기 웨이퍼 척을 상기 프로브 니들에 대하여 상대 이동시키는 상대 이동부를 구비하는 프로버의 상기 상대 이동부를 구동하여 상기 프로브 니들을 상기 반도체 칩에 접촉시키는 프로버 제어 장치에 있어서,

상기 프로브 카드 및 상기 카드 홀더 중 적어도 한쪽의 온도 데이터를 포함하는 입력 데이터를 취득하는 입력 데이터 취득부와,

상기 입력 데이터 취득부가 취득한 상기 입력 데이터에 기초하여, 상기 입력 데이터를 입력으로 하며 또한 상기 프로브 니들의 선단(先端) 위치를 출력으로 하는 예측 모델을 이용하여, 상기 프로브 니들의 선단 위치를 예측하는 예측부와,

상기 예측부의 예측 전에, 상기 예측 모델의 기계 학습에 이용된 교사 데이터와, 상기 입력 데이터 취득부가 취득한 상기 입력 데이터에 기초하여, 상기 예측부에 의한 예측의 실행의 가부(可否)를 결정하는 결정부를 구비하며, 상기 교사 데이터는 상기 결정부에서 이용되는 상기 입력 데이터의 취득 전에 상기 입력 데이터 취득부가 취득한 입력 데이터인, 프로버 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 결정부는,

상기 입력 데이터의 파라미터마다, 상기 입력 데이터 취득부가 취득한 상기 입력 데이터와 상기 교사 데이터로서 이용된 상기 입력 데이터의 차분을 연산하는 처리와,

상기 파라미터마다 상기 차분의 제곱합 제곱근을 연산하여, 상기 파라미터마다의 상기 차분의 제곱합 제곱근 중에서, 미리 정해진 일정 범위 내로 되는 것이 적어도 하나 있으면 가(可)로 판정하고, 하나도 없으면 부(否)로 판정하는 처리

를 행하는 프로버 제어 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 결정부가 부(否)로 결정한 경우에,

상기 프로브 니들의 선단 위치를 취득하는 니들 위치 취득부와,

상기 입력 데이터 취득부가 취득한 상기 입력 데이터와 상기 니들 위치 취득부가 취득한 상기 프로브 니들의 선단 위치를 더한 상기 교사 데이터를 이용하여, 상기 예측 모델을 재학습시키는 재학습부

를 구비하고,

상기 결정부가 가(可)로 결정할 때까지, 상기 니들 위치 취득부와 상기 재학습부와 상기 입력 데이터 취득부와 상기 결정부가 반복 작동하는 프로버 제어 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 재학습부가, 상기 교사 데이터 중에서 가장 오래된 상기 입력 데이터 및 상기 입력 데이터에 대응하는 상기 프로브 니들의 선단 위치를 제외한 후, 상기 교사 데이터에 기초하여 상기 예측 모델의 재학습을 실행하는

프로버 제어 장치.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 결정부가 가(可)로 결정한 경우에, 상기 예측부가 상기 프로브 니들의 선단 위치를 예측하고,

상기 예측부가 예측한 상기 프로브 니들의 선단 위치에 기초하여, 상기 상대 이동부를 제어하여, 상기 반도체 칩에 상기 프로브 니들을 접촉시키는 이동 제어부를 구비하는 프로버 제어 장치.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 입력 데이터 취득부가, 상기 입력 데이터로서, 상기 온도 데이터 이외에, 상기 반도체 칩의 칩 사이즈와, 상기 웨이퍼의 위치와, 상기 반도체 칩의 검출에 이용되는 제1 카메라 및 상기 프로브 니들의 검출에 이용되는 제2 카메라의 위치 관계 중 적어도 어느 하나를 포함하는 얼라인먼트 데이터를 취득하는 프로버 제어 장치.

청구항 7

복수의 반도체 칩이 형성된 웨이퍼를 유지하는 웨이퍼 척과,

프로브 니들을 갖는 프로브 카드와,

상기 프로브 카드의 외주를 유지하여 상기 프로브 카드를 상기 웨이퍼에 대향시키는 카드 홀더와,

상기 웨이퍼 척을 상기 프로브 니들에 대하여 상대 이동시키는 상대 이동부와,

제1항 또는 제2항에 기재된 프로버 제어 장치

를 구비하는 프로버.

청구항 8

복수의 반도체 칩이 형성된 웨이퍼를 유지하는 웨이퍼 척과, 프로브 니들을 갖는 프로브 카드와, 상기 프로브 카드의 외주를 유지하여 상기 프로브 카드를 상기 웨이퍼에 대향시키는 카드 홀더와, 상기 웨이퍼 척을 상기 프로브 니들에 대하여 상대 이동시키는 상대 이동부를 구비하는 프로버의 상기 상대 이동부를 구동하여 상기 프로브 니들을 상기 반도체 칩에 접촉시키는 프로버 제어 방법에 있어서,

상기 프로브 카드 및 상기 카드 홀더 중 적어도 한쪽의 온도 데이터를 포함하는 입력 데이터를 취득하는 입력 데이터 취득 스텝과,

상기 입력 데이터 취득 스텝에서 취득한 상기 입력 데이터에 기초하여, 상기 입력 데이터를 입력으로 하며 또한 상기 프로브 니들의 선단 위치를 출력으로 하는 예측 모델을 이용하여, 상기 프로브 니들의 선단 위치를 예측하는 예측 스텝과,

상기 예측 스텝 전에, 상기 예측 모델의 기계 학습에 이용된 교사 데이터와, 상기 입력 데이터 취득 스텝에서 취득한 상기 입력 데이터에 기초하여, 상기 예측 스텝의 실행의 가부를 결정하는 결정 스텝을 갖고, 상기 교사 데이터는 상기 결정스텝에서 이용되는 상기 입력 데이터의 취득 전에 상기 입력 데이터 취득 스텝에서 취득한 입력 데이터인, 프로버 제어 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 웨이퍼에 형성된 반도체 칩의 전기적 특성의 검사에 이용되는 프로버의 프로버 제어 장치, 프로버 제어 방법, 및 프로버에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 웨이퍼의 표면에는, 동일한 전기 소자 회로를 갖는 복수의 반도체 칩이 형성되어 있다. 웨이퍼는 반도체 칩마

다 다이서(dicer)로 개개로 절단되기 전에, 웨이퍼 테스트 시스템에 의해 전기적 특성이 검사된다. 이 웨이퍼 테스트 시스템은, 프로버와 테스터를 구비한다(특허문헌 1 내지 특허문헌 4 참조).

[0003] 프로버는, 웨이퍼를 웨이퍼 척 상에 유지한 상태에서, 프로브 니들(probe needle)을 갖는 프로브 카드와 웨이퍼 척을 상대 이동시킴으로써, 반도체 칩의 전극 패드에 프로브 니들을 전기적으로 접촉(콘택트)시킨다. 테스터는, 프로브 니들에 접속된 단자를 통해, 반도체 칩에 각종의 시험 신호를 공급함과 함께, 반도체 칩에서 출력되는 신호를 수신 및 해석하여 반도체 칩이 정상적으로 동작하는지 여부를 테스트한다.

[0004] 반도체 칩은 넓은 용도로 사용되고 있으며, 넓은 온도 범위에서 사용된다. 그 때문에, 반도체 칩의 검사는, 예를 들어 실온(상온), 고온 및 저온에서 행할 필요가 있다. 이 때문에, 프로버의 웨이퍼 척에는, 예를 들어 히터 기구, 칠러 기 구, 히트 펌프 기구 등의 온도 조정부가 설치되어 있으며, 이 온도 조정부에 의해 웨이퍼 척 상에 유지되어 있는 웨이퍼가 가열 또는 냉각된다.

[0005] 이때, 프로버의 웨이퍼 척 이외의 각부(各部)의 온도도 웨이퍼 척의 온도에 가까워지도록 서서히 변화된다. 이 때문에, 각부가 가열에 의한 열팽창 또는 냉각에 의해 수축함으로써 변형되고, 이 변형에 따라 프로브 니들과 반도체 칩의 상대 위치도 변화된다. 그 결과, 반도체 칩의 검사를 행하기 위해 프로브 니들과 웨이퍼를 상대 이동시켰을 때에, 프로브 니들이 반도체 칩에 올바르게 접촉하지 않는 프로빙 미스(probing failure)가 발생할 우려가 있다.

[0006] 그래서, 특허문헌 1에는, 프로브 니들을 갖는 프로브 카드에 온도 센서를 부착하고, 이 온도 센서의 측정 결과에 기초하여, 프로브 니들과 반도체 칩을 접촉시킬 때의 웨이퍼 척의 높이 위치를 보정하는 프로버가 개시되어 있다. 이 특허문헌 1에 기재된 프로버에서는, 프로브 카드의 온도와 프로브 니들의 높이 방향의 변위량의 관계를 미리 구해둠으로써, 온도 센서의 측정 결과로부터 웨이퍼 척의 높이 위치의 보정량을 구할 수 있다.

[0007] 특허문헌 2에는, 프로브 카드 및 X방향 이동 스테이지에 온도 센서를 설치하고, 온도 센서의 측정 결과에 기초하여 프로버의 소정 부위의 온도가 안정되어 있는 상태에서 프로브 니들을 반도체 칩에 접촉시키는 프로버가 개시되어 있다. 이 특허문헌 2에 기재된 프로버에 의하면, 웨이퍼 및 프로브 카드 등을 미리 가열하는 프리히트(preheat) 시간을 단축할 수 있다.

[0008] 특허문헌 3에는, 웨이퍼 척, 프로브 카드를 유지하는 카드 홀더, 및 카드 홀더를 유지하는 헤드 스테이지에 각각 온도 센서를 부착하고, 각 온도 센서의 측정 결과에 기초하여, 프로브 니들과 반도체 칩의 접촉 위치를 보정하는 프로버가 개시되어 있다. 이 특허문헌 3의 프로버에서는, 웨이퍼 척, 및 카드 홀더의 각 온도와 프로브 니들의 위치의 관계를 미리 구함으로써, 각 온도의 변화에 따른 프로브 니들의 위치 변화를 나타내는 예측 모델을 생성한다. 이에 따라, 특허문헌 3의 프로버는, 각 온도 센서의 온도 측정 결과에 기초하여, 예측 모델을 참조함으로써, 프로브 니들과 반도체 칩의 접촉 위치를 보정할 수 있다.

[0009] 특허문헌 4에는, 프로브 카드 및 카드 홀더의 쌍방의 온도 측정을 행하고, 쌍방의 온도 측정 결과에 기초하여, 쌍방의 온도와, 쌍방의 열 변형에 의해 변위된 프로브 니들의 선단(先端) 위치의 관계를 나타내는 예측 모델을 참조하여, 프로브 니들의 선단 위치를 예측하는 프로버가 개시되어 있다. 이 특허문헌 4에 기재된 프로버에 의하면, 프로브 니들을 반도체 칩에 효율적으로 안정되게 접촉시킬 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 일본 특개2006-173206호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특개2005-228788호 공보

(특허문헌 0003) 일본 특개2007-311389호 공보

(특허문헌 0004) 일본 특개2018-117095호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 상기 특허문헌 3 및 특허문헌 4에 기재된 프로버에서는 예측 모델을 미리 생성하고 있지만, 웨이퍼 척이 온도 변화한 직후 등과 같이 프로버 내의 온도가 안정되지 않은 상태에서 예측 모델이 생성되었을 경우에는, 예측 모델에 의한 프로브 니들의 선단 위치의 예측값과 프로브 니들의 선단 위치의 실측값 사이에 괴리가 발생한다. 그 결과, 프로빙 미스가 발생할 우려가 있다. 따라서, 이 경우에는, 프로버 내의 온도가 안정될 때까지 예측 모델의 생성(학습)을 장시간 계속할 필요가 있다.

[0012] 또한, 프로버 내의 온도가 안정한 상태에서 생성된 예측 모델을 이용했다고 하더라도, 장시간의 경과에 의해 온도 센서의 드리프트가 발생하거나, 혹은 프로버 내에서 온도 측정하고 있지 않은 개소(箇所)의 온도 변동에 따른 프로브 니들의 선단 위치의 변위가 발생했을 경우에는, 프로브 니들의 선단 위치의 예측값과 실측값 사이에 괴리가 발생해 버릴 우려가 있다.

[0013] 본 발명은 이와 같은 사정을 감안하여 이루어진 것이며, 프로브 니들의 선단 위치를 보다 정확하게 예측하는 것이 가능한 프로버 제어 장치, 프로버 제어 방법, 및 프로버를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 목적을 달성하기 위한 프로버 제어 장치는, 복수의 반도체 칩이 형성된 웨이퍼를 유지하는 웨이퍼 척과, 프로브 니들을 갖는 프로브 카드와, 프로브 카드의 외주(外周)를 유지하여, 프로브 카드를 웨이퍼에 대향시키는 카드 홀더와, 웨이퍼 척을 프로브 니들에 대하여 상대 이동시키는 상대 이동부를 구비하는 프로버의 상대 이동부를 구동하여 프로브 니들을 반도체 칩에 접촉시키는 프로버 제어 장치에 있어서, 프로브 카드 및 카드 홀더 중 적어도 한쪽의 온도 데이터를 포함하는 입력 데이터를 취득하는 입력 데이터 취득부와, 입력 데이터 취득부가 취득한 입력 데이터에 기초하여, 입력 데이터를 입력으로 하며 또한 프로브 니들의 선단 위치를 출력으로 하는 예측 모델을 이용하여, 프로브 니들의 선단 위치를 예측하는 예측부와, 예측부의 예측 전에, 예측 모델의 기계 학습에 교사 데이터로서 이용된 입력 데이터와, 입력 데이터 취득부가 취득한 입력 데이터에 기초하여, 예측부에 의한 예측의 실행의 가부(可否)를 결정하는 결정부를 구비한다.

[0015] 이 프로버 제어 장치에 의하면, 예측부에 의한 예측 전에, 이 예측에 이용되는 예측 모델이 현재의 입력 데이터에 기초하여 정확한 프로브 니들의 선단 위치를 예측 가능한지 여부를 판정할 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 태양에 따른 프로버 제어 장치에 있어서, 결정부는, 입력 데이터의 파라미터마다, 입력 데이터 취득부가 취득한 입력 데이터와 교사 데이터로서 이용된 입력 데이터의 차분(差分)을 연산하는 처리와, 파라미터마다 차분의 제곱합 제곱근을 연산하여, 파라미터마다의 차분의 제곱합 제곱근 중에서, 미리 정해진 일정 범위 내로 되는 것이 적어도 하나 있는지 여부에 기초하여, 예측부에 의한 예측의 실행의 가부를 판정하는 처리를 행한다.

[0017] 본 발명의 다른 태양에 따른 프로버 제어 장치에 있어서, 결정부가 부(否)로 결정한 경우에, 프로브 니들의 선단 위치를 취득하는 니들 위치 취득부와, 입력 데이터 취득부가 취득한 입력 데이터와 니들 위치 취득부가 취득한 프로브 니들의 선단 위치를 더한 교사 데이터를 이용하여, 예측 모델을 재학습시키는 재학습부를 구비하고, 결정부가 가(可)로 결정할 때까지, 니들 위치 취득부와 재학습부와 입력 데이터 취득부와 결정부가 반복 작동한다. 이에 따라, 프로브 니들의 선단 위치를 정확하게 예측할 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 태양에 따른 프로버 제어 장치에 있어서, 재학습부가, 교사 데이터 중에서 가장 오래된 입력 데이터 및 입력 데이터에 대응하는 프로브 니들의 선단 위치를 제외한 후, 교사 데이터에 기초하여 예측 모델의 재학습을 실행한다. 이에 따라, 입력 데이터 취득부(온도 센서)의 드리프트의 영향을 저감시킬 수 있다.

[0019] 본 발명의 다른 태양에 따른 프로버 제어 장치에 있어서, 결정부가 가(可)로 결정한 경우에, 예측부가 프로브 니들의 선단 위치를 예측하고, 예측부가 예측한 프로브 니들의 선단 위치에 기초하여, 상대 이동부를 제어하여, 반도체 칩에 프로브 니들을 접촉시키는 이동 제어부를 구비한다. 이에 따라, 프로브 니들을 반도체 칩에 올바르게 접촉시킬 수 있다.

[0020] 본 발명의 다른 태양에 따른 프로버 제어 장치에 있어서, 입력 데이터 취득부가, 입력 데이터로서, 온도 데이터 이외에, 반도체 칩의 칩 사이즈와, 웨이퍼의 위치와, 반도체 칩의 검출에 이용되는 제1 카메라 및 프로브 니들의 검출에 이용되는 제2 카메라의 위치 관계 중 적어도 어느 하나를 포함하는 얼라인먼트 데이터를 취득한다.

[0021] 본 발명의 목적을 달성하기 위한 프로버는, 복수의 반도체 칩이 형성된 웨이퍼를 유지하는 웨이퍼 척과, 프로브 니들을 갖는 프로브 카드와, 프로브 카드의 외주를 유지하여, 프로브 카드를 웨이퍼에 대향시키는 카드 홀더와,

웨이퍼 척을 프로브 니들에 대하여 상대 이동시키는 상대 이동부와, 상술한 프로버 제어 장치를 구비한다.

[0022] 본 발명의 목적을 달성하기 위한 프로버 제어 방법은, 복수의 반도체 칩이 형성된 웨이퍼를 유지하는 웨이퍼 척과, 프로브 니들을 갖는 프로브 카드와, 프로브 카드의 외주를 유지하여, 프로브 카드를 웨이퍼에 대향시키는 카드 홀더와, 웨이퍼 척을 프로브 니들에 대하여 상대 이동시키는 상대 이동부를 구비하는 프로버의 상대 이동부를 구동하여 프로브 니들을 반도체 칩에 접촉시키는 프로버 제어 방법에 있어서, 프로브 카드 및 카드 홀더 중 적어도 한쪽의 온도 데이터를 포함하는 입력 데이터를 취득하는 입력 데이터 취득 스텝과, 입력 데이터 취득 스텝에서 취득한 입력 데이터에 기초하여, 입력 데이터를 입력으로 하며 또한 프로브 니들의 선단 위치를 출력으로 하는 예측 모델을 이용하여, 프로브 니들의 선단 위치를 예측하는 예측 스텝과, 예측 스텝 전에, 예측 모델의 기계 학습에 교사 데이터로서 이용된 입력 데이터와, 입력 데이터 취득 스텝에서 취득한 입력 데이터에 기초하여, 예측 스텝의 실행의 가부를 결정하는 결정 스텝을 갖는다.

발명의 효과

[0023] 본 발명은 프로브 니들의 선단 위치를 보다 정확하게 예측할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 웨이퍼에 형성된 복수의 반도체 칩의 전기적 특성을 검사하는 웨이퍼 테스트 시스템에 이용되는 프로버의 개략도.

도 2는 프로버의 외관 사시도.

도 3은 웨이퍼 척에 유지되어 있는 웨이퍼의 상면도.

도 4는 온도 센서에 의한 카드 홀더 및 프로브 카드의 온도 측정 포인트의 일례를 나타낸 설명도.

도 5는 프로버의 제어부의 기능을 나타내는 기능 블록도.

도 6은 예측 모델 생성부에 의한 예측 모델의 기계 학습에 이용되는 교사 데이터의 일례를 나타낸 설명도.

도 7은 프로버에 의한 반도체 칩에 대한 프로브 니들의 접촉 방법의 흐름을 나타내는 플로차트.

도 8은 결정부에 의한 결정 및 예측 모델의 재학습을 실행하지 않는 비교예에 있어서, 프로브 니들의 선단 위치의 예측값과 실측값을 나타낸 그래프(부호 VIIIA 참조)와, 프로브 니들의 선단 위치의 예측값과 실측값의 차분값을 나타낸 그래프(부호 VIIIB 참조).

도 9는 본 실시형태에 있어서, 프로브 니들의 선단 위치의 예측값과 실측값을 나타낸 그래프(부호 IXA 참조)와, 프로브 니들의 선단 위치의 예측값과 실측값의 차분값을 나타낸 그래프(부호 IXB 참조).

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] [프로버 구성]

[0026] 도 1은 웨이퍼(W)에 형성된 복수의 반도체 칩(9)(도 3 참조)의 전기적 특성을 검사하는 웨이퍼 테스트 시스템에 이용되는 프로버(10)의 개략도이다. 도 2는 프로버(10)의 외관 사시도이다.

[0027] 도 1 및 도 2에 나타내는 바와 같이, 프로버(10)는, 베이스(12)와, Y 스테이지(13)와, Y 이동부(14)와, X 스테이지(15)와, X 이동부(16)와, ZΘ 스테이지(17)와, ZΘ 이동부(18)와, 웨이퍼 척(20)과, 지주(23)(도 2 참조)와, 헤드 스테이지(24)(도 2 참조)와, 카드 홀더(25)와, 프로브 카드(26)와, 웨이퍼 정렬 카메라(29)와, 상하 스테이지(30)와, 니들 정렬 카메라(31)와, 클리닝 판(32)과, 온도 센서(34)를 구비한다. 또, 프로버(10)의 외관 구성은, 도 1 및 도 2에 나타낸 예에 한정되는 것이 아니며, 적절하게 변경 가능하다.

[0028] 베이스(12)의 상면(上面)에는, Y 이동부(14)를 통해 Y 스테이지(13)가 Y축 방향으로 이동 가능하게 지지되어 있다.

[0029] Y 이동부(14)는, 예를 들어, 베이스(12)의 상면에 설치되며 또한 Y축에 평행한 가이드 레일과, Y 스테이지(13)의 하면(下面)에 설치되며 또한 가이드 레일에 계합(係合)하는 슬라이더와, Y 스테이지(13)를 Y축 방향으로 이동시키는 모터 등의 액추에이터를 구비한다. 이 Y 이동부(14)는, 베이스(12) 상에서 Y 스테이지(13)를 Y축 방향으로 이동시킨다.

[0030] Y 스테이지(13)의 상면에는, X 이동부(16)를 통해 X 스테이지(15)가 X축 방향으로 이동 가능하게 지지되어 있다. X 이동부(16)는, 예를 들어, Y 스테이지(13)의 상면에 설치되며 또한 X축에 평행한 가이드 레일과, X 스테이지(15)의 하면에 설치되며 또한 가이드 레일에 계합하는 슬라이더와, X 스테이지(15)를 X축 방향으로 이동시키는 모터 등의 액추에이터를 구비한다. 이 X 이동부(16)는, Y 스테이지(13) 상에서 X 스테이지(15)를 X축 방향으로 이동시킨다.

[0031] X 스테이지(15)의 상면에는, Zθ 스테이지(17) 및 상하 스테이지(30)가 설치되어 있다. Zθ 스테이지(17)에는 Zθ 이동부(18)가 설치되어 있다. 또한, Zθ 스테이지(17)의 상면에는, Zθ 이동부(18)를 통해 웨이퍼 척(20)이 유지되어 있다.

[0032] Zθ 이동부(18)는, 예를 들어, Zθ 스테이지(17)를 Z축 방향(상하 방향)으로 이동시키는 승강 기구와, Zθ 스테이지(17)를 Z축의 축 둘레로 회전시키는 회전 기구를 갖는다. 이 때문에, Zθ 이동부(18)는, Zθ 스테이지(17)의 상면에 유지되어 있는 웨이퍼 척(20)을 Z축 방향으로 이동시킴과 함께, Z축 둘레로 회전시킨다.

[0033] 웨이퍼 척(20)의 상면에는, 진공 흡착 등의 각종 유지 방법에 의해 웨이퍼(W)가 유지된다. 또한, 웨이퍼 척(20)에는, 웨이퍼(W)의 온도 조정을 행하기 위한 온도 조정부(20a)가 설치되어 있다. 이 온도 조정부(20a)로서는, 예를 들어 히터 기구, 칠러 기구, 및 히트 펌프 기구 등의 공지의 기구가 이용된다. 온도 조정부(20a)는, 웨이퍼 척(20)에 유지되어 있는 웨이퍼(W)의 온도를 조정한다.

[0034] 웨이퍼 척(20)은, 전술한 Y 스테이지(13)와 Y 이동부(14)와 X 스테이지(15)와 X 이동부(16)와 Zθ 스테이지(17)와 Zθ 이동부(18)를 통해, XYZ축 방향으로 이동 가능하게 지지되어 있음과 함께, Z축의 축 둘레로 회전 가능하게 지지되어 있다. 이에 따라, 웨이퍼 척(20)에 유지되어 있는 웨이퍼(W)와, 후술하는 프로브 니들(35)을 상대 이동시킬 수 있다. 즉, Y 스테이지(13) 및 Y 이동부(14)와, X 스테이지(15) 및 X 이동부(16)와, Zθ 스테이지(17) 및 Zθ 이동부(18)는, 본 발명의 상대 이동부로서 기능한다.

[0035] 도 3은 웨이퍼 척(20)에 유지되어 있는 웨이퍼(W)의 상면도이다. 도 3에 나타내는 바와 같이, 웨이퍼(W)에는 복수의 반도체 칩(9)이 형성되어 있다. 또한, 각 반도체 칩(9)에는, 복수의 전극 패드(9a)가 형성되어 있다.

[0036] 도 1 및 도 2로 돌아가, 지주(23)는, 베이스(12)의 상면에 설치되어 있고, Y 스테이지(13), X 스테이지(15), 및 Zθ 스테이지(17)(이하, 단순히 각 스테이지(13, 15, 17)라 함)의 상방(上方) 위치에 있어서, 헤드 스테이지(24)를 지지한다. 이에 따라, 헤드 스테이지(24)가 지주(23)을 통해 베이스(12) 상에 고정된다.

[0037] 헤드 스테이지(24)의 중앙부에는, 카드 홀더(25)가 유지된다. 카드 홀더(25)에는 프로브 카드(26)의 외주를 유지하는 유지 구멍(25a)이 형성되며, 이 유지 구멍(25a)에 프로브 카드(26)가 유지된다. 이에 따라, 프로브 카드(26)가, 헤드 스테이지(24) 및 카드 홀더(25)를 통해, 웨이퍼(W)에 대향하는 위치에 유지된다.

[0038] 프로브 카드(26)는, 검사 대상의 반도체 칩(9)의 전극 패드(9a)의 배치 등에 따라서 배치된 프로브 니들(35)을 갖고 있다. 이들 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)는, 반도체 칩(9)의 종류에 따라서 교환된다.

[0039] 프로브 카드(26)에는, 프로브 니들(35)에 전기적으로 접속된 도시하지 않은 접속 단자가 설치되어 있으며, 이 접속 단자에는 도시하지 않은 테스터가 접속된다. 테스터는, 프로브 카드(26)의 접속 단자, 및 프로브 니들(35)을 통해, 반도체 칩(9)의 전극 패드(9a)에 각종 시험 신호를 공급함과 함께, 전극 패드(9a)로부터 출력되는 신호를 수신 및 해석하여 반도체 칩(9)이 정상적으로 동작하는지 여부를 테스트한다. 또, 테스터의 구성 및 테스트 방법은 공지 기술이므로 상세한 설명은 생략한다.

[0040] 웨이퍼 정렬 카메라(29)는, 본 발명의 제1 카메라에 상당하는 것이며, 웨이퍼 척(20)에 유지되어 있는 웨이퍼(W)의 반도체 칩(9)을 촬영한다. 이 웨이퍼 정렬 카메라(29)로 촬영된 촬영 화상에 기초하여, 검사 대상의 반도체 칩(9)의 전극 패드(9a)의 위치를 검출 가능하다. 또, 웨이퍼 정렬 카메라(29)의 설치 위치 및 구조에 대해서는 특별히 한정되지 않지만, 본 실시형태에서는, 일본 특개 2003-303865호 공보에 개시되어 있는 바와 같이, 후술하는 니들 정렬 카메라(31)와의 사이의 상대 거리를 측정 가능한 설치 위치 및 구조(스폿광의 조사(照射) 광학계)가 채용되어 있다.

[0041] 상하 스테이지(30)에는, 헤드 스테이지(24) 등에 대략 대향하는 위치에 니들 정렬 카메라(31) 및 클리닝 판(板)(32)이 설치되어 있다. 또한, 이 상하 스테이지(30)는, Z축 방향으로 이동 가능한 승강 기구(도시하지 않음)를 갖고 있으며, 니들 정렬 카메라(31) 및 클리닝 판(32)의 Z축 방향 위치를 조정 가능하다. 또, 니들 정렬 카메라(31) 및 클리닝 판(32)은, Y 스테이지(13) 및 Y 이동부(14)와, X 스테이지(15) 및 X 이동부(16)와, 상하 스테이지(30)를 통해, XYZ축 방향으로 이동 가능하게 지지되어 있다. 이에 따라, 니들 정렬 카메라(31) 및 클

리닝 판(32)과, 프로브 니들(35)을 상대 이동 가능하다.

[0042] 니들 정렬 카메라(31)는, 본 발명의 제2 카메라에 상당하는 것이며, 프로브 카드(26)의 프로브 니들(35)을 촬영한다. 이 니들 정렬 카메라(31)에 의해 촬영된 프로브 니들(35)의 촬영 화상에 기초하여, 프로브 니들(35)의 위치를 검출 가능하다. 구체적으로는, 프로브 니들(35)의 선단 위치의 XY 좌표는 니들 정렬 카메라(31)의 위치 좌표로부터 검출되고, 프로브 니들(35)의 선단 위치의 Z 좌표는 니들 정렬 카메라(31)의 초점 위치로부터 검출된다.

[0043] 상기 구성의 프로버(10)로 웨이퍼(W)의 반도체 칩(9)의 검사를 행할 경우에는, 프로브 카드(26)를 교환할 때마다 또는 소정 개수의 반도체 칩(9)을 검사할 때마다, 각 스테이지(13, 15, 17)를 구동하여 니들 정렬 카메라(31)를 프로브 니들(35)의 촬영 위치로 상대 이동시킨 후, 니들 정렬 카메라(31)로 프로브 니들(35)을 촬영한다. 이 니들 정렬 카메라(31)의 촬영 화상에 기초하여, 전술한 바와 같이 프로브 니들(35)의 선단 위치를 검출한다.

[0044] 또한, 웨이퍼 척(20)에 검사 대상의 웨이퍼(W)를 유지시킨 상태에서, 각 스테이지(13, 15, 17)를 구동하여 웨이퍼 정렬 카메라(29)를 웨이퍼(W)의 촬영 위치에 상대 이동시킨 후, 웨이퍼 정렬 카메라(29)로 웨이퍼(W)의 반도체 칩(9)을 촬영한다. 이 웨이퍼 정렬 카메라(29)의 촬영 화상에 기초하여, 검사 대상의 반도체 칩(9)의 전극 패드(9a)의 위치를 검출한다.

[0045] 그리고, 각 스테이지(13, 15, 17)를 구동하여, 프로브 니들(35)을 최초로 검사하는 반도체 칩(9)의 전극 패드(9a)에 전기적으로 접촉시킨다. 이 상태에서, 도시하지 않은 테스터에 의해 최초로 검사하는 반도체 칩(9)의 검사가 실행된다. 이하 마찬가지로 검사 대상의 나머지 반도체 칩(9)의 검사가 실행된다. 또, 반도체 칩(9)의 구체적인 검사 방법은, 공지 기술이므로 여기에서는 구체적인 설명을 생략한다(예를 들어 특허문헌 4 참조).

[0046] 온도 센서(34)는, 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)의 각각의 하면에 대향하는 위치, 예를 들어 ZΘ 스테이지(17)의 측면과 상하 스테이지(30)의 측면에 각각 설치되어 있다. 따라서, 각 온도 센서(34)는, 각 스테이지(13, 15, 17, 30)에 의해, 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)에 대하여 상대 이동 가능하게 유지되어 있다.

[0047] 온도 센서(34)는, 예를 들어 방사 에너지 검출 방식을 이용한 비(非)접촉식 온도 센서이며, 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)의 온도를 비접촉으로 측정한다. 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)는 웨이퍼 척(20)의 온도의 영향을 받아 열변형하며, 이 열변형에 따라 프로브 니들(35)의 선단 위치가 변위된다. 이 때문에, 온도 센서(34)에 의해 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)의 온도를 측정함으로써, 프로브 니들(35)의 선단 위치[변위(변위 방향, 변위량)]를 예측 가능하다(상기 특허문헌 4 참조).

[0048] 도 4는 온도 센서(34)에 의한 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)의 온도 측정 포인트의 일례를 나타낸 설명도이다. 또, 도 4에서는, 프로브 니들(35)의 도시는 생략하고 있다. 도 4에 나타내는 바와 같이, 온도 센서(34)는, 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)의 쌍방의 온도 분포를 검출하기 위해, 프로브 카드(26) 내의 복수의 온도 측정 포인트(P1~P5)와, 카드 홀더(25) 내의 복수의 온도 측정 포인트(P6~P13)를 포함하는 쌍방의 복수 개소의 온도를 측정한다. 또, 도 4 중의 각 온도 측정 포인트(P1~P13)는 예시이며, 그 위치 및 수는 적절하게 변경해도 된다.

[0049] 온도 센서(34)는, 후술하는 제어부(40)(도 5 참조)의 제어 하에, 각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도 측정을 행하고, 그 온도 측정 결과인 온도 데이터를 제어부(40)로 출력한다. 또, 각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도 측정 시에는, 온도 센서(34)가 각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도를 측정 가능한 위치에 배치되도록, 후술하는 제어부(40)의 제어 하에서 각 스테이지(13, 15, 17, 30)가 구동되는, 즉 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)에 대하여 온도 센서(34)가 상대 이동된다. 이에 따라, 각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도의 정점(定点) 측정이 가능해진다.

[0050] <제어부의 기능>

[0051] 도 5는 프로버(10)의 제어부(40)의 기능을 나타내는 기능 블록도이다. 또, 도 5에서는, 제어부(40)의 각 기능 중에서 프로브 니들(35)과 웨이퍼(W)(반도체 칩(9)의 전극 패드(9a))의 접촉 제어에 관한 기능만을 도시하고, 그 외의 기능에 대해서는 공지 기술이므로 도시를 생략하고 있다.

[0052] 도 5에 나타내는 바와 같이, 제어부(40)는, 본 발명의 프로버 제어 장치에 상당하는 것이며, 프로버(10)의 각부를 총괄 제어한다. 또, 제어부(40)는, 프로버(10)의 본체에 내장되어 있어도 되고, 혹은 이 본체와 별체로 설치되어 있어도 된다.

[0053] 제어부(40)는, 예를 들어 퍼스널 컴퓨터와 같은 연산 장치에 의해 구성되며, 각종의 프로세서(Processor) 및 메모리 등으로 구성된 연산 회로를 구비한다. 각종의 프로세서에는, CPU(Central Processing Unit), GPU(Graphics Processing Unit), ASIC(Application Specific Integrated Circuit), 및 프로그래머블 논리 디바이스[예를 들어 SPLD(Simple Programmable Logic Devices), CPLD(Complex Programmable Logic Device), 및 FPGA(Field Programmable Gate Arrays)] 등이 포함된다. 또, 제어부(40)의 각종 기능은, 하나의 프로세서에 의해 실현되어도 되고, 동종 또는 이종의 복수의 프로세서에 의해 실현되어도 된다.

[0054] 또한, 제어부(40)에는, 각종의 통신 인터페이스(도시하지 않음)를 통해, 전술한 웨이퍼 정렬 카메라(29), 니들 정렬 카메라(31), 및 온도 센서(34) 등이 접속되어 있는 것 외에, 얼라인먼트 데이터 측정부(38) 및 기억부(39)가 접속되어 있다.

[0055] 얼라인먼트 데이터 측정부(38)는, 웨이퍼 정렬 카메라(29) 및 니들 정렬 카메라(31) 등을 제어하여, 얼라인먼트 데이터를 측정한다. 얼라인먼트 데이터는, 전술한 온도 데이터와 함께, 프로브 니들(35)의 선단 위치(변위)의 예측에 이용되는 데이터이다. 이 얼라인먼트 데이터에는, 예를 들어, 검사 대상의 반도체 칩(9)의 3차원의 칩 사이즈와, 웨이퍼(W)의 3차원의 위치와, 웨이퍼 정렬 카메라(29) 및 니들 정렬 카메라(31) 사이의 3차원의 상대 거리(이하, 카메라 상대 거리로 약칭함)가 포함된다. 또, 카메라 상대 거리는, 웨이퍼 정렬 카메라(29) 및 니들 정렬 카메라(31)의 위치 관계를 나타낸다.

[0056] 구체적으로는 얼라인먼트 데이터 측정부(38)는, 웨이퍼 정렬 카메라(29)로 촬영된 웨이퍼(W)(반도체 칩(9))의 촬영 화상에 기초하여, 반도체 칩(9)의 칩 사이즈(팽창량)를 측정한다. 또한, 얼라인먼트 데이터 측정부(38)는, 웨이퍼 정렬 카메라(29)로 촬영된 반도체 칩(9)의 특정 패턴(도시는 생략)의 촬영 화상에 기초하여, 웨이퍼(W)의 위치를 측정한다. 또한, 얼라인먼트 데이터 측정부(38)는, 일본 특개 2003-303865호 공보에 개시되어 있는 바와 같이, 웨이퍼 정렬 카메라(29)와, 니들 정렬 카메라(31)와, 스폿광을 조사하는 광학계(도시는 생략)를 이용하여 카메라 상대 거리를 측정한다. 그리고, 얼라인먼트 데이터 측정부(38)는, 반도체 칩(9)의 칩 사이즈, 웨이퍼(W)의 위치, 및 카메라 상대 거리를 포함하는 얼라인먼트 데이터를, 제어부(40)로 출력한다.

[0057] 기억부(39)에는, 제어부(40)를 동작시키는 제어 프로그램(도시는 생략) 및 프로버(10)에 의한 반도체 칩(9)의 검사 결과 외에, 후술하는 예측 모델(47)의 기계 학습에 이용된 교사 데이터(56)(훈련 데이터라고도 함)가 저장되어 있다.

[0058] 제어부(40)는, 웨이퍼(W) 내의 검사 대상의 반도체 칩(9)의 검사 시에는, 기억부(39)로부터 판독한 도시하지 않은 제어 프로그램을 실행함으로써, 입력 데이터 취득부(42), 니들 위치 취득부(44), 예측부(46), 예측 모델 생성부(48), 결정부(50), 및 이동 제어부(52)로서 기능한다.

[0059] 입력 데이터 취득부(42)는, 검사 대상의 반도체 칩(9)에 프로브 니들(35)을 접촉시키는 접촉 제어 전(이하, 단순히 접촉 제어 전으로 약칭함)과, 후술하는 예측 모델(47)의 생성 전 및 재학습 전에 있어서, 온도 센서(34)에 의한 각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도 측정과, 얼라인먼트 데이터 측정부(38)에 의한 얼라인먼트 데이터의 측정을 실행시킨다. 이에 따라, 입력 데이터 취득부(42)는, 상술한 각 타이밍에 있어서, 온도 센서(34)로부터의 각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도 데이터와, 얼라인먼트 데이터 측정부(38)로부터의 얼라인먼트 데이터를 포함하는 입력 데이터를 취득한다.

[0060] 또한, 입력 데이터 취득부(42)는, 접촉 제어 전에 취득한 입력 데이터를 후술하는 예측부(46) 및 결정부(50)로 출력하고, 예측 모델(47)의 생성 전 및 재학습 전에 취득한 입력 데이터를 후술하는 예측 모델 생성부(48)로 출력한다.

[0061] 니들 위치 취득부(44)는, 프로브 카드(26)의 교환 후, 소정 개수의 반도체 칩(9)의 검사 후, 및 후술하는 예측 모델(47)의 생성 전 및 재학습 전에 있어서, 니들 정렬 카메라(31)에 의한 프로브 니들(35)의 촬영을 실행시켜 니들 정렬 카메라(31)로부터 프로브 니들(35)의 촬영 화상을 취득하고, 이 촬영 화상에 기초하여 프로브 니들(35)의 선단 위치를 취득한다.

[0062] 또한, 니들 위치 취득부(44)는, 예측 모델(47)의 생성 전 및 재학습 전에 취득한 프로브 니들(35)의 선단 위치를 후술하는 예측 모델 생성부(48)로 출력하고, 프로브 카드(26)의 교환 후 등에 취득한 프로브 니들(35)의 선단 위치를 후술하는 이동 제어부(52)로 출력한다.

[0063] 예측부(46)는, 접촉 제어 전이며 또한 후술하는 결정부(50)가 예측부(46)에 의한 예측의 실행을 「가(可)」로 결정한 경우에, 프로브 니들(35)의 선단 위치를 예측한다. 구체적으로는 예측부(46)는, 입력 데이터 취득부

(42)가 취득한 입력 데이터(각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도 데이터, 얼라인먼트 데이터)에 기초하여, 미리 생성된 후술하는 예측 모델(47)을 참조하여 프로브 니들(35)의 선단 위치를 예측하고, 이 선단 위치의 예측 결과를 이동 제어부(52)로 출력한다. 또, 예측 모델(47)에 의해 예측되는 프로브 니들(35)의 선단 위치에는, 니들 위치 취득부(44)에 의해 취득된 프로브 니들(35)의 선단 위치로부터의 변위량(보정량)도 포함된다.

[0064] 예측 모델(47)은, 후술하는 예측 모델 생성부(48)에 의해, 중회귀 모델(중회귀식, 중회귀 분석이라고 함)에 의한 기계 학습(교사 학습)으로 생성된 학습 완료 모델이다. 예측 모델(47)은, 설명 변수인 복수의 입력 데이터(각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도 데이터, 얼라인먼트 데이터)를 입력으로 하여, 목적 변수인 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측값을 출력한다.

[0065] 예측 모델 생성부(48)는, 제품용 웨이퍼(W)의 반도체 칩(9)의 검사 전에 예측 모델(47)의 생성을 행한다. 처음에 예측 모델 생성부(48)는, 제품용 웨이퍼(W) 또는 이와 동일한 시험용(예측 모델 작성용)의 웨이퍼(W)를 이용하여, 교사 데이터(56)(입력 데이터, 얼라인먼트 데이터, 및 프로브 니들(35)의 선단 위치)의 측정을 행한다.

[0066] 도 6은, 예측 모델 생성부(48)에 의한 예측 모델(47)의 기계 학습에 이용되는 교사 데이터(56)의 일례를 나타낸 설명도이다. 또, 도 6에서는, 도면의 번잡화를 방지하기 위하여, XYZ 방향 중에서 일방향(여기에서는 Y방향)의 얼라인먼트 데이터, 및 일방향의 프로브 니들(35)의 선단 위치만을 예시하고 있다.

[0067] 도 6 및 전술한 도 5에 도시된 바와 같이, 예측 모델 생성부(48)는 온도 센서(34), 얼라인먼트 데이터 측정부(38), 및 후술하는 이동 제어부(52) 등을 제어하여, 입력 데이터의 측정(각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도 측정, 얼라인먼트 데이터의 측정)을 소정 시간 실행시킨다. 이에 따라, 각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도 데이터(T1~T13)가 얻어진다. 또한, 얼라인먼트 데이터로서, 반도체 칩(9)의 칩 사이즈(D1)(로트 개시 시로부터의 변화량), 웨이퍼(W)의 웨이퍼 위치(D2)(로트 개시 시로부터의 변동량), 및 카메라 상대 거리(D3)(로트 개시 시로부터의 변동량)가 얻어진다.

[0068] 예측 모델 생성부(48)는, 상술한 입력 데이터의 측정 타이밍에 맞추어, 니들 정렬 카메라(31), 니들 위치 취득부(44), 및 후술하는 이동 제어부(52) 등을 제어하여, 프로브 니들(35)의 선단 위치의 측정을 실행시킨다. 이에 따라, 입력 데이터의 측정 타이밍마다의 프로브 니들(35)의 선단 위치 Y[α](α는 임의의 자연수)가 얻어진다.

[0069] 이와 같이 예측 모델 생성부(48)는, 입력 데이터와, 입력 데이터에 대응하는 프로브 니들(35)의 선단 위치 Y[α]를 포함하는 교사 데이터(56)를 복수 취득한다. 또, 상세하게는 후술하지만, 본 실시형태에서는 예측 모델(47)의 재학습을 가능하게 하고 있기 때문에, 교사 데이터(56)는 예측 모델(47)의 기계 학습에 필요한 최소한의 수만큼 취득하면 되며, 예를 들어 본 실시형태에서는 1매의 웨이퍼(W)를 이용하여 교사 데이터(56)의 취득을 행한다.

[0070] 이어서, 예측 모델 생성부(48)는, 복수의 교사 데이터(56), 즉 설명 변수인 입력 데이터(T1~T13, D1~D3) 및 목적 변수인 프로브 니들(35)의 선단 위치 Y[α]에 기초하여, 중회귀 모델에 의한 기계 학습에 의해, 입력 데이터로부터 프로브 니들(35)의 선단 위치를 예측하기 위한 예측 모델(47)을 생성한다. 이 예측 모델(47)의 구체적인 생성 방법, 즉 중회귀 모델을 이용한 기계 학습의 알고리즘은 공지 기술이므로, 여기에서 구제적인 설명은 생략한다. 이에 따라, 예측부(46)가, 현재의 입력 데이터로부터 현재의 프로브 니들(35)의 선단 위치를 예측할 수 있다.

[0071] 또한, 예측 모델(47)을 생성하기 위한 기계 학습의 알고리즘은, 중회귀 모델에 한정되지 않고, 예를 들어 컨볼루션 뉴럴 네트워크(Convolutional neural network: CNN) 등의 공지의 기계 학습의 알고리즘을 이용해도 된다.

[0072] 또한, 예측 모델 생성부(48)는, 예측 모델(47)의 기계 학습에 이용한 교사 데이터(56)(입력 데이터만으로도 가능)를 기억부(39)에 기억시킨다. 기억부(39)에 기억된 교사 데이터(56)는, 후술하는 결정부(50)가 행하는 예측부(46)에 의한 예측의 실행의 가부(可否) 결정에 이용된다.

[0073] 또한, 예측 모델 생성부(48)는, 상세하게는 후술하지만, 예측 모델(47)의 생성 후이며 또한 후술하는 결정부(50)가 예측부(46)에 의한 예측의 실행을 「부(否)」로 결정한 경우에 작동하여, 예측 모델(47)의 재학습을 행한다.

[0074] 도 5로 돌아가 결정부(50)는, 접촉 제어 전(예측부(46)에 의한 예측 전)에 작동하여, 입력 데이터 취득부(42)가 취득한 현재(최신)의 입력 데이터와, 기억부(39) 내의 교사 데이터(56)의 입력 데이터를 비교함으로써, 예측부(46)에 의한 예측의 실행의 가부를 결정(단순히 예측 가부 결정이라고 함)한다.

[0075] 현재의 입력 데이터가 예측 모델(47)의 기계 학습에 이용된 교사 데이터(56)의 입력 데이터로부터 크게 벗어나 있지 않으면, 이 예측 모델(47)은, 현재의 입력 데이터에 대응하는 교사 데이터(56)에서의 기계 학습을 이미 완료한 학습 완료 상태이다. 이 때문에, 예측부(46)가 현재의 입력 데이터에 기초하여 예측 모델(47)을 이용하여 프로브 니들(35)의 선단 위치를 예측했을 경우에, 정확한 프로브 니들(35)의 선단 위치를 예측할 수 있다.

[0076] 한편, 현재의 입력 데이터가 교사 데이터(56)의 입력 데이터로부터 크게 벗어나 있는 경우에는, 이 예측 모델(47)은, 현재의 입력 데이터에 대응하는 교사 데이터(56)에서 기계 학습을 행하지 않은 미학습 상태이다. 이 때문에, 예측부(46)가, 이 미학습 상태의 예측 모델(47)을 이용하여 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측을 행하였다고 하더라도, 정확한 프로브 니들(35)의 선단 위치를 예측할 수 없다.

[0077] 따라서, 결정부(50)는, 현재 입력 데이터와 기억부(39) 내의 교사 데이터(56)의 입력 데이터를 비교하여, 현재의 입력 데이터에 대하여 예측 모델(47)이 학습 완료 상태인지 또는 미학습 상태인지 여부를 판단함으로써, 예측 가부 결정을 행한다.

[0078] 처음에 결정부(50)는, 입력 데이터의 파라미터(온도 데이터(T1~T13), 칩 사이즈(D1), 웨이퍼 위치(D2), 카메라 상대 거리(D3))마다, 현재의 입력 데이터와 교사 데이터(56)의 입력 데이터의 차분을 연산한다. 이어서, 결정부(50)는, 파라미터마다 차분의 제곱합 제곱근을 연산하여 파라미터마다의 제곱합 제곱근 중에서 일정 범위 내(임계값 이하)로 되는 것이 적어도 하나 있는지 여부에 기초하여, 예측 모델(47)이 학습 완료 상태인지 또는 미학습 상태인지 여부를 판정한다.

[0079] 이하, 결정부(50)에 의한 결정 방법(판정 방법)에 대하여 구체적으로 설명한다. 또, 설명의 번잡화를 방지하기 위하여, 여기에서는 입력 데이터가 온도 데이터(T1~T13)만으로 구성되어 있는 것으로 하여 설명을 행한다.

[0080] 입력 데이터의 파라미터 수를 m개로 하고, 학습 완료 횟수를 N회로 했을 경우에, 학습 완료된 입력 데이터(설명변수)는 하기의 [수학식 1]로 표현된다. 또한, 학습 완료된 프로브 니들(35)의 선단 위치 Y[α](목적 변수)는 하기의 [수학식 2]로 표현된다. 그리고, 중회귀 모델을 이용한 기계 학습의 알고리즘에 의해 얻어지는 함수, 즉 예측 모델(47)은 하기의 [수학식 3]으로 표현된다.

수학식 1

[0081] $$\{X[1],\cdots,X[N]\}=\left\{\begin{pmatrix}X_1[1]\\X_2[1]\\\vdots\\X_m[1]\end{pmatrix},\cdots,\begin{pmatrix}X_1[N]\\X_2[N]\\\vdots\\X_m[N]\end{pmatrix}\right\}$$

수학식 2

[0082] $$\{Y[1],\cdots,Y[N]\}$$

수학식 3

[0083] $$Y=a_0+\sum_{k=1}^{m}a_kX_k$$

[0084] 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측을 행하는 단계에서 취득한 「현재의 입력 데이터」를 하기의 [수학식 4]에 나타내는 X[T]로 표현했을 경우에, 이 현재의 입력 데이터 X[T]와, 임의의 s회째의 교사 데이터(56)의 입력 데이터인 X[s]의 유클리드 거리 D[s]는, 하기의 [수학식 5]로 표현된다.

수학식 4

[0085] $$X[T]=\begin{pmatrix} X_1[T] \\ X_2[T] \\ \vdots \\ X_m[T] \end{pmatrix}$$

수학식 5

[0086] $$D[s]=\sqrt{\sum_{k=1}^{m}(X_K[s]-X_K[T])^2}$$

[0087] 결정부(50)는, 모든 유클리드 거리 D[s](s=1, 2, ..., N)에 대하여 미리 정해진 임계값(D_{th})과의 비교를 행하여, 임계값(D_{th})을 하회하는 유클리드 거리 D[s]가 적어도 하나 존재할 경우에는, 예측 모델(47)([수학식 3])이 학습 완료 상태인 것으로 판정하고, 이 예측 모델(47)에 의한 예측의 실행을 결정한다. 이 경우에 전술한 예측부(46)는, 설명 변수인 현재의 입력 데이터 X[T]에 기초하여, [수학식 3]으로 나타내는 예측 모델(47)을 이용하여, 목적 변수인 프로브 니들(35)의 선단 위치 Y[T]를 예측한다.

[0088] 한편, 결정부(50)는, 임계값(D_{th})을 하회하는 유클리드 거리 D[s]가 하나도 존재하지 않을 경우에는, 예측 모델(47)이 미학습 상태인 것으로 판정하고, 이 예측 모델(47)에 의한 예측의 실행을 부(否)로 결정한다. 이 경우에 예측 모델 생성부(48)는, 결정부(50)로부터의 결정 결과의 입력을 받아 본 발명의 재학습부로서 기능함으로써, 예측 모델(47)의 재학습을 실행한다.

[0089] 예측 모델 생성부(48)는, 예측 모델(47)의 재학습을 행할 경우에, 니들 위치 취득부(44) 및 후술하는 이동 제어부(52) 등을 제어하여, 현재의 입력 데이터 X[T]에 대응하는 목적 변수인 프로브 니들(35)의 선단 위치 Y[T]를 취득한다. 또, 이때 예측 모델 생성부(48)가, 온도 센서(34), 얼라인먼트 데이터 측정부(38), 및 이동 제어부(52) 등을 제어하여, 입력 데이터의 재측정을 실행해도 된다.

[0090] 이어서, 예측 모델 생성부(48)는, 기억부(39) 내의 교사 데이터(56)에 대하여, 현재의 입력 데이터 X[T] 및 프로브 니들(35)의 선단 위치 Y[T]를 더하여 새로운 교사 데이터(56)를 작성한다. 이때 예측 모델 생성부(48)는, 온도 센서(34)의 드리프트의 영향을 저감시키기 위해, 하기의 [수학식 6] 및 [수학식 7]에 나타내는 바와 같이, 기억부(39) 내의 교사 데이터(56)(설명 변수, 목적 변수)로부터 가장 오래된 데이터(X[1], Y[1])를 제외하는 것이 바람직하다.

수학식 6

[0091] $$\{X[2],\cdots,X[N],X[T]\}=\left\{\begin{pmatrix} X_1[2] \\ X_2[2] \\ \vdots \\ X_m[2] \end{pmatrix},\cdots,\begin{pmatrix} X_1[N] \\ X_2[N] \\ \vdots \\ X_m[N] \end{pmatrix},\begin{pmatrix} X_1[T] \\ X_2[T] \\ \vdots \\ X_m[T] \end{pmatrix}\right\}$$

수학식 7

[0092] $$\{Y[2],\cdots,Y[N],Y[T]\}$$

[0093] 그리고, 예측 모델 생성부(48)는, 기억부(39) 내에 기억되어 있는 교사 데이터(56), 즉 상기 [수학식 6]에 나타

낸 입력 데이터(설명 변수) 및 상기 [수학식 7]에 나타낸 프로브 니들(35)의 선단 위치(목적 변수)에 기초하여, 중회귀 모델에 의한 기계 학습을 행하여 예측 모델(47)의 재학습을 행한다. 이에 따라, 하기 [수학식 8]에 나타내는 바와 같이, 새로운 예측 모델(47)(함수)이 얻어진다.

수학식 8

[0094] $$Y = b_0 + \sum_{k=1}^{m} b_k X_k$$

[0095] 예측 모델(47)의 재학습이 완료되면, 입력 데이터 취득부(42)에 의한 입력 데이터의 취득이 실행된 후, 결정부(50)에 의한 예측 가부 결정이 실행된다.

[0096] 이하, 결정부(50)가 예측 가부 결정에서 가(可)로 결정할 때까지, 니들 위치 취득부(44), 예측 모델 생성부(48), 입력 데이터 취득부(42), 및 결정부(50)가 반복 작동함으로써, 프로브 니들(35)의 선단 위치의 취득, 기억부(39) 내의 교사 데이터(56)의 갱신, 예측 모델(47)의 재학습, 입력 데이터의 취득, 및 예측 가부 결정이 반복 실행된다. 이에 따라, 예측부(46)가, 항상 학습 완료 상태의 예측 모델(47)을 이용하여 프로브 니들(35)의 선단 위치를 예측할 수 있다.

[0097] 이동 제어부(52)는, Y 이동부(14), X 이동부(16), 및 ZΘ 이동부(18)를 통해, 각 스테이지(13, 15, 17)의 구동을 행한다. 이 이동 제어부(52)는, 웨이퍼 정렬 카메라(29)로부터 입력된 촬영 화상에 기초하여, 웨이퍼 척(20)에 유지되어 있는 웨이퍼(W)의 검사 대상의 반도체 칩(9)(전극 패드(9a))의 위치를 취득한다. 또한, 이동 제어부(52)는, 니들 위치 취득부(44)로부터 프로브 니들(35)의 선단 위치(프로브 카드(26)의 교환 시 등에 측정된 값)를 취득한다.

[0098] 그리고, 이동 제어부(52)는, 제품용 웨이퍼(W)의 검사 시에는 각 스테이지(13, 15, 17)를 구동하여, 프로브 니들(35)에 대하여 웨이퍼(W)를 상대 이동시킴으로써, 프로브 니들(35)을 웨이퍼(W)의 검사 대상의 반도체 칩(9)에 차례로 접촉시킨다. 이때, 이동 제어부(52)는, 예측부(46)에 의한 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측 결과에 기초하여, 각 스테이지(13, 15, 17)를 구동하여, 검사 대상의 반도체 칩(9)마다, 반도체 칩(9)에 대한 프로브 니들(35)의 접촉 위치의 보정을 행한다. 이에 따라, 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)의 열변형 등에 의해 프로브 니들(35)의 선단 위치가 변위되었다 하더라도, 이 변위 후의 선단 위치에 대응한 보정 후의 각 접촉 위치에서 프로브 니들(35)을 검사 대상의 반도체 칩(9)에 접촉시킬 수 있다.

[0099] [본 실시형태의 작용]

[0100] 도 7은 본 발명의 프로버 제어 방법에 상당하는, 상기 구성의 프로버(10)에 의한 반도체 칩(9)에 대한 프로브 니들(35)의 접촉 방법의 흐름을 나타내는 플로차트이다. 또, 예측 모델(47)이 미리 생성되어 있으며 또한 그 기계 학습에 이용된 교사 데이터(56)가 기억부(39)에 기억되고, 또한 니들 위치 취득부(44)에 의한 프로브 니들(35)의 선단 위치의 취득도 행해지고 있는 것으로 설명을 행한다.

[0101] 제품용의 웨이퍼(W)가 웨이퍼 척(20)에 유지되면, 웨이퍼 정렬 카메라(29)에 의한 웨이퍼(W)의 반도체 칩(9)의 촬영이 실행된다. 그리고, 이동 제어부(52)가, 웨이퍼 정렬 카메라(29)에 의해 촬영된 촬영 화상에 기초하여, 검사 대상의 반도체 칩(9)(전극 패드(9a))의 위치를 판별한다.

[0102] 또한, 입력 데이터 취득부(42)가, 온도 센서(34)에 의한 각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도 측정과, 얼라인먼트 데이터 측정부(38)에 의한 얼라인먼트 데이터의 측정을 실행시킨다. 이에 따라, 입력 데이터 취득부(42)가, 각 온도 측정 포인트(P1~P13)의 온도 데이터와, 얼라인먼트 데이터를 포함하는 현재의 입력 데이터를 취득한다(스텝 S1, 본 발명의 입력 데이터 취득 스텝에 상당).

[0103] 현재의 입력 데이터의 취득이 완료되면, 결정부(50)가 작동하여, 입력 데이터 취득부(42)가 취득한 현재의 입력 데이터와, 기억부(39) 내의 교사 데이터(56)의 입력 데이터를 비교하여 예측 가부 결정을 행한다(스텝 S2, 본 발명의 결정 스텝에 상당). 구체적으로는 결정부(50)가, 상기 [수학식 5]로 표현되는 유클리드 거리 D[s](s=1, 2, ..., N)의 각각과 임계값(D_{th})을 비교한 결과에 기초하여, 예측 모델(47)이 현재의 입력 데이터를 학습 완료 상태인지 또는 미학습 상태인지를 판정한다.

[0104] 결정부(50)가 예측 가부 결정에서 부(否)로 결정한 경우(스텝 S3에서 NO), 예측 모델 생성부(48)가, 니들 위치

취득부(44) 및 이동 제어부(52) 등을 제어하여, 현재의 입력 데이터에 대응하는 프로브 니들(35)의 선단 위치를 취득한다(스텝 S4). 또, 이때 입력 데이터의 재취득을 실행해도 된다.

[0105] 이어서, 예측 모델 생성부(48)가, 상기 [수학식 6] 및 [수학식 7]에 나타낸 바와 같이, 기억부(39) 내의 교사 데이터(56)에 대하여, 현재의 입력 데이터 및 프로브 니들(35)의 선단 위치 Y를 더함과 함께 가장 오래된 데이터를 제외함으로써, 교사 데이터(56)의 갱신을 행한다(스텝 S5). 그리고, 예측 모델 생성부(48)가, 기억부(39) 내의 새로운 교사 데이터(56)에 기초하여, 예측 모델(47)의 재학습을 실행하여 새로운 예측 모델(47)을 생성한다(스텝 S6).

[0106] 예측 모델(47)의 재학습이 완료되면, 입력 데이터 취득부(42)가 입력 데이터를 다시 취득하고(스텝 S2), 이 입력 데이터에 기초하여 결정부(50)가 예측 가부 결정을 행한다(스텝 S3). 이하, 결정부(50)가 예측 가부 결정에서 가(可)로 결정할 때까지, 스텝 S4～스텝 S6, 스텝 S1, 및 스텝 S2의 처리가 반복된다.

[0107] 결정부(50)가 예측 가부 결정에서 가(可)로 결정한 경우(스텝 S3에서 YES), 예측부(46)가, 최근의 스텝 S1에서 취득한 입력 데이터에 기초하여, 예측 모델(47)을 참조하여 프로브 니들(35)의 선단 위치를 예측한다(스텝 S7, 본 발명의 예측 스텝에 상당). 그리고, 예측부(46)는, 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측 결과를 이동 제어부(52)로 출력한다.

[0108] 이어서, 이동 제어부(52)가, 예측부(46)로부터 입력된 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측 결과와, 앞서 판별한 검사 대상의 반도체 칩(9)의 위치에 기초하여, 각 스테이지(13, 15, 17)의 이동을 제어하여, 프로브 니들(35)을 검사 대상의 반도체 칩(9)에 접촉시킨다(스텝 S8). 이 접촉 후, 도시하지 않은 테스터에 의해 반도체 칩(9)의 검사가 실행된다(스텝 S9).

[0109] 이하, 나머지 검사 대상의 반도체 칩(9)에 대해서도 마찬가지로 검사가 실행된다. 이때, 소정 개수의 반도체 칩(9)이 검사될 때마다 혹은 소정 시간이 경과할 때마다, 스텝 S1 내지 S7의 처리를 반복 실행해도 된다.

[0110] [본 실시형태의 효과]

[0111] 이상과 같이 본 실시형태에서는, 결정부(50)가, 접촉 제어 전에 취득된 현재의 입력 데이터와 교사 데이터(56)의 입력 데이터를 비교하여 예측 가부 결정을 행하고, 이 결정부(50)가 부(否)로 결정했을 경우에는 예측 모델(47)의 재학습을 실행함으로써, 프로브 니들(35)의 선단 위치를 종래보다도 정확하게 예측할 수 있다.

[0112] 도 8은 결정부(50)에 의한 결정 및 예측 모델(47)의 재학습을 실행하지 않은 비교예에 있어서, 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측값(PV)과 실측값(MV)을 나타낸 그래프(부호 VIIIA 참조)와, 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측값(PV)과 실측값(MV)의 차분값을 나타낸 그래프(부호 VIIIB 참조)이다. 도 9는 본 실시형태에 있어서, 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측값(PV)과 실측값(MV)을 나타낸 그래프(부호 IXA 참조)와, 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측값(PV)과 실측값(MV)의 차분값을 나타낸 그래프(부호 IXB 참조)이다.

[0113] 또한, 도 8 및 도 9의 그래프는, 웨이퍼 척(20)의 온도를 200° 로 설정한 상태에 있어서, XYZ 방향 중의 임의의 일방향(여기에서는 Y 방향)에서의 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측값(PV) 및 실측값(MV)의 시간 변화와, 그 차분값의 시간 변화를 나타낸다. 또한, 도 8 및 도 9의 부호 WA는, 기계 학습이 행해진 기계 학습 범위를 나타낸다.

[0114] 도 8에 나타내는 바와 같이 비교예에서는, 온도 센서(34)의 드리프트가 발생하거나, 혹은 프로버(10) 내에서 온도 측정하고 있지 않은 개소의 온도 변동에 따른 프로브 니들(35)의 선단 위치의 변위가 발생함으로써, 기계 학습 범위(WA) 이후에서 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측값(PV)과 실측값(MV) 사이에 괴리가 생겨, 차분값이 점차 커지는 것이 확인되었다.

[0115] 이것에 대하여 도 9에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태에서는, 기계 학습 범위(WA) 이후에서도 결정부(50)에 의한 예측 가부 결정 및 예측 모델(47)의 재학습을 실행함으로써, 프로브 니들(35)의 선단 위치의 예측값(PV)과 실측값(MV)이 거의 일치하고, 차분값이 저감되는 것이 확인되었다. 이에 따라, 본 실시형태에서는, 온도 센서(34)의 드리프트가 발생하거나, 혹은 프로버(10) 내에서 온도 측정하고 있지 않은 개소의 온도 변동에 따른 프로브 니들(35)의 선단 위치의 변위가 발생했을 경우에도, 예측 모델(47)의 재학습이 실행됨으로써, 프로브 니들의 선단 위치를 보다 정확하게 예측할 수 있다.

[0116] 또한, 본 실시형태에서는, 예측 모델(47)의 재학습을 가능하게 함으로써, 최초 예측 모델(47)의 생성(기계 학습)을 장시간 계속할 필요가 없어지기 때문에, 예측 모델(47)의 생성에 요하는 작업을 저감시킬 수 있다.

[0117] [기타]

[0118] 상기 실시형태에서는, 예측 모델 생성부(48)가 예측 모델(47)의 생성 및 재학습 양쪽을 행하고 있지만, 예측 모델(47)의 생성은 프로버(10)의 제조 메이커 혹은 다른 프로버(10) 등으로 행해도 된다. 이 경우에는, 예측 모델 생성부(48) 대신에 예측 모델(47)의 재학습만을 행하는 재학습부를 제어부(40)에 설치해도 된다.

[0119] 상기 실시형태에서는, 결정부(50)가 상기 [수학식 5]를 이용하여 예측 가부 결정을 실행하고 있지만, 이 결정 방법은 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 입력 데이터의 파라미터마다, 교사 데이터(56)의 입력 데이터의 최대값과 최소값 사이(이하, 최대 최소 범위라고 함)에 현재의 입력 데이터가 포함되는지 여부를 판정하고, 모든 파라미터에 있어서 현재의 입력 데이터가 최대 최소 범위 내에 포함되는지 여부에 기초하여 예측 가부 결정을 실행해도 된다.

[0120] 상기 실시형태로서, 입력 데이터로서, 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)의 온도 데이터와, 얼라인먼트 데이터를 측정하고 있지만, 온도 데이터만을 측정해도 된다. 또한, 상기 실시형태에서는, 입력 데이터로서 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26)의 쌍방의 온도 데이터를 측정하고 있지만, 카드 홀더(25) 및 프로브 카드(26) 중 적어도 한쪽의 온도 데이터를 측정해도 된다. 또한, 상기 실시형태에서는, 얼라인먼트 데이터로서 반도체 칩(9)의 칩 사이즈, 웨이퍼(W)의 위치, 및 카메라 상대 거리를 측정하고 있지만, 이들 중 적어도 하나를 측정해도 된다.

[0121] 상기 실시형태에서는, 비접촉식 온도 센서(34)를 이용하고 있지만, 접촉식 온도 센서(34)를 이용해도 된다.

부호의 설명

[0122]

9: 반도체 칩

9a: 전극 패드

10: 프로버

12: 베이스

13: Y 스테이지

14: Y 이동부

15: X 스테이지

16: X 이동부

17: ZΘ 스테이지

18: ZΘ 이동부

20: 웨이퍼 척

20a: 온도 조정부

23: 지주(支柱)

24: 헤드 스테이지

25: 카드 홀더

25a: 유지 구멍

26: 프로브 카드

29: 웨이퍼 정렬 카메라

30: 상하 스테이지

31: 니들 정렬 카메라

32: 클리닝 판

34: 온도 센서

35: 프로브 니들

38: 얼라인먼트 데이터 측정부

39: 기억부

40: 제어부

42: 입력 데이터 취득부

44: 니들 위치 취득부

46: 예측부

47: 예측 모델

48: 예측 모델 생성부

50: 결정부

52: 이동 제어부

56: 교사 데이터

D: 유클리드 거리

D1: 칩 사이즈

D2: 웨이퍼 위치

D3: 카메라 상대 거리

D_{th}: 임계값

MV: 실측값

P1~P13: 온도 측정 포인트

PV: 예측값

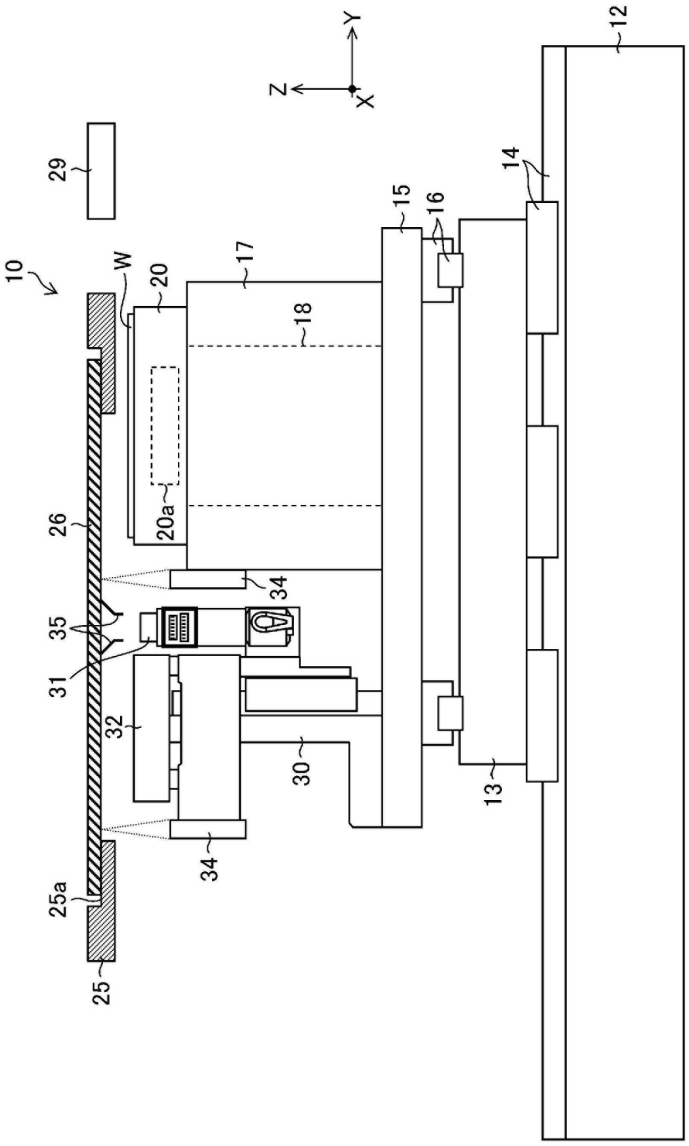
T1~T13: 온도 데이터

W: 웨이퍼

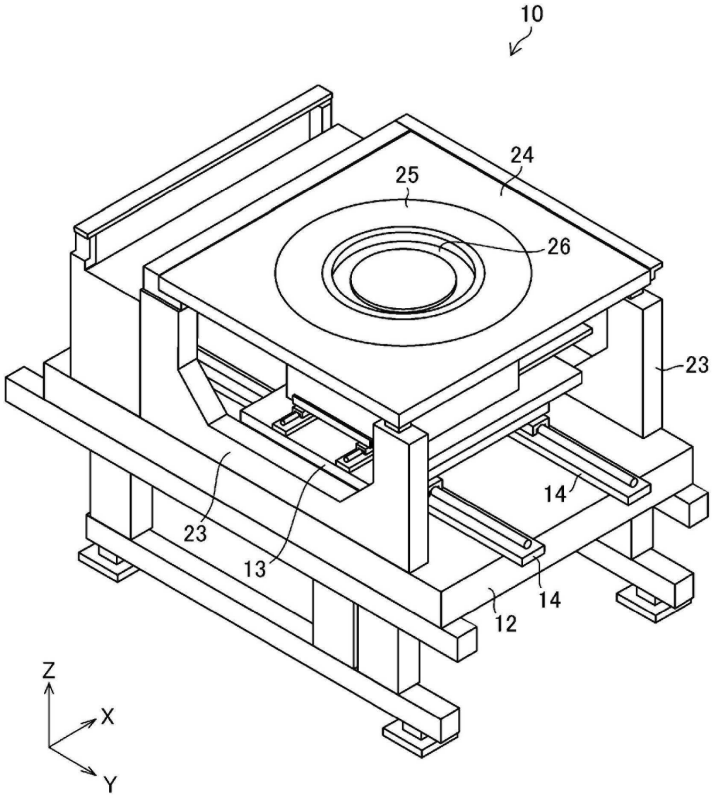
WA: 기계 학습 범위

도면

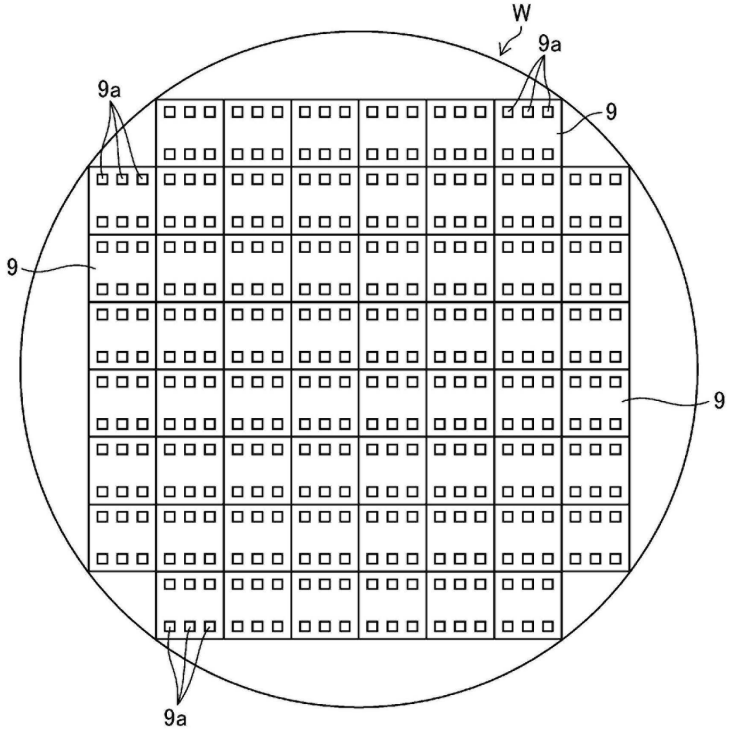
도면1



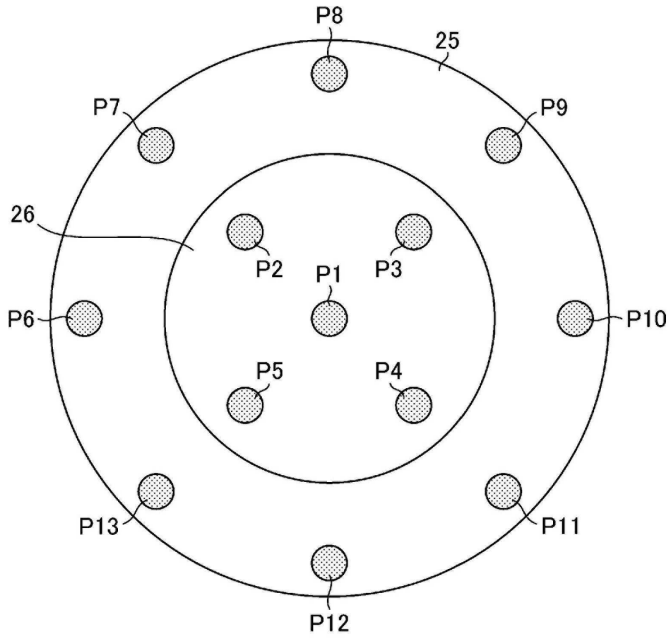
도면2



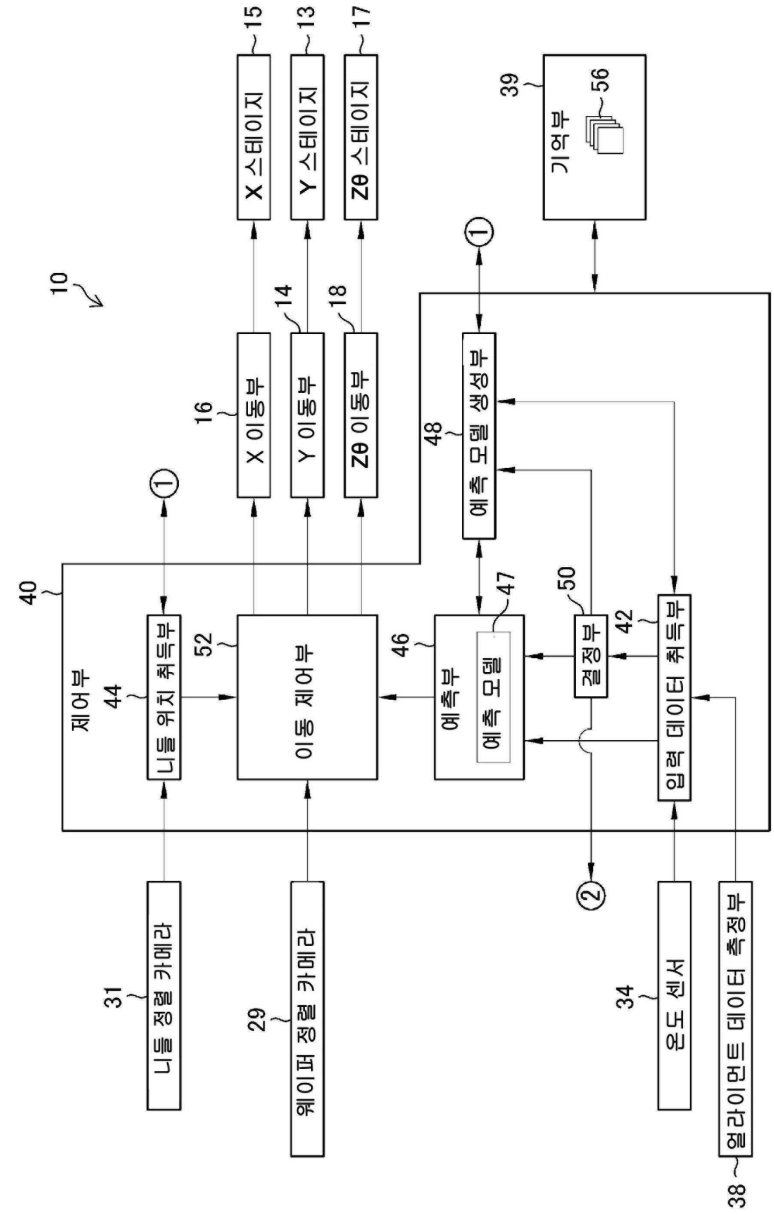
도면3



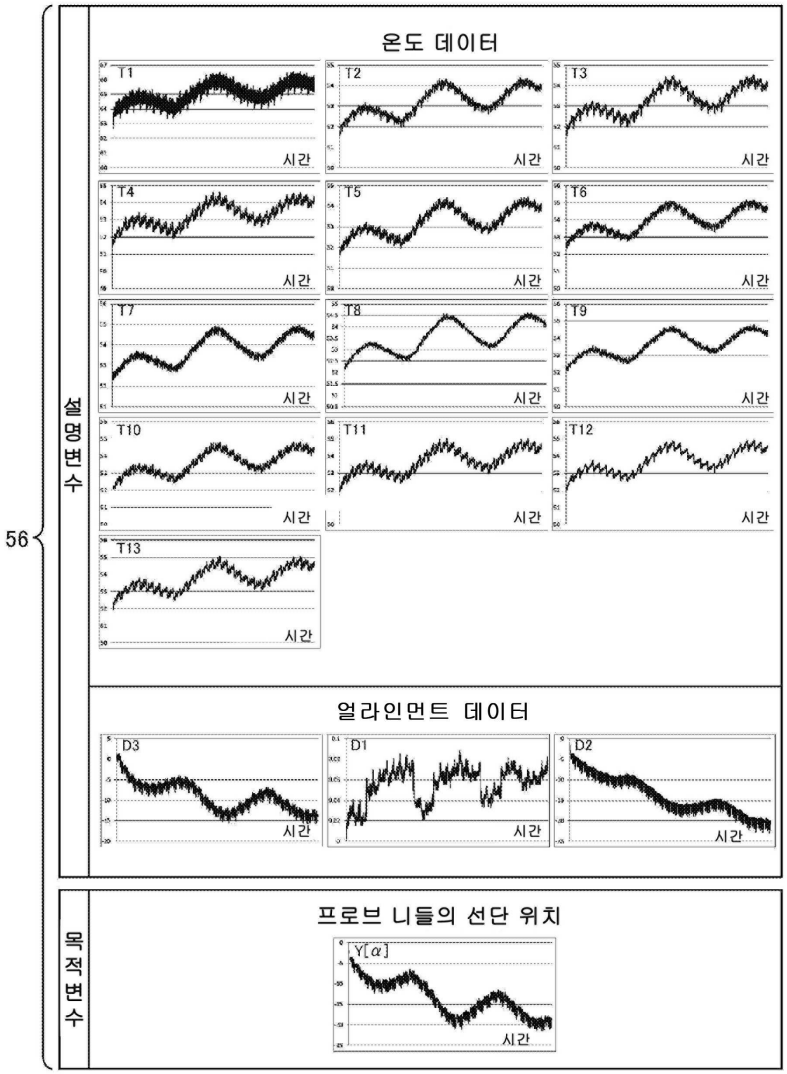
도면4



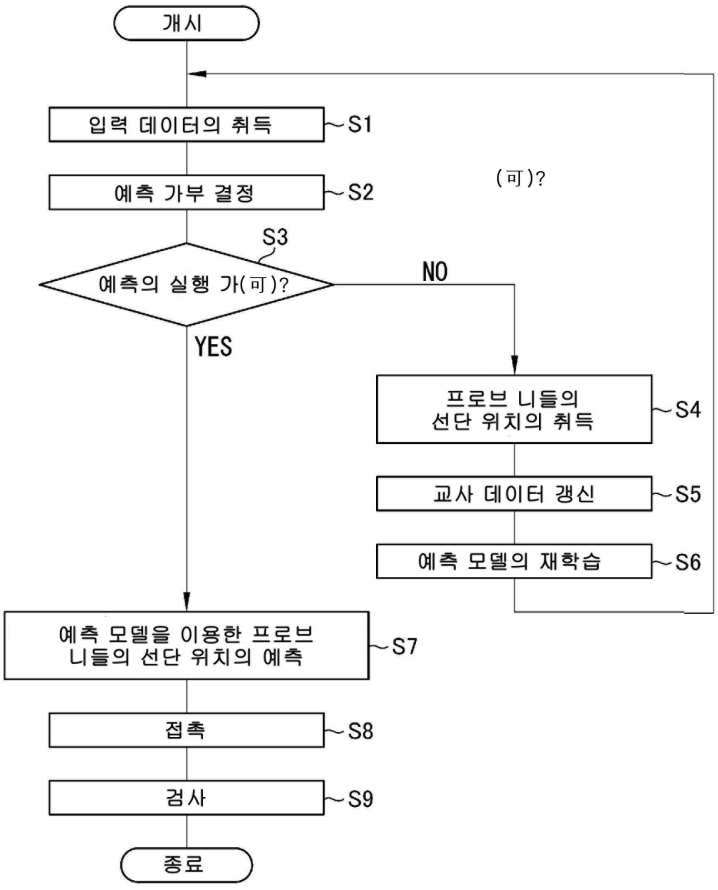
도면5


10
X 스테이지
15
Y 스테이지
13
Zθ 스테이지
17
기억부
39
56
X 이동부
14
Y 이동부
18
Zθ 이동부
16
예측 모델 생성부
48
①
40
제어부
니들 위치 취득부
44
52
이동 제어부
예측부
46
47
예측 모델
결정부
50
입력 데이터 취득부
42
②
니들 정렬 카메라
31
웨이퍼 정렬 카메라
29
온도 센서
34
얼라이먼트 데이터 측정부
38

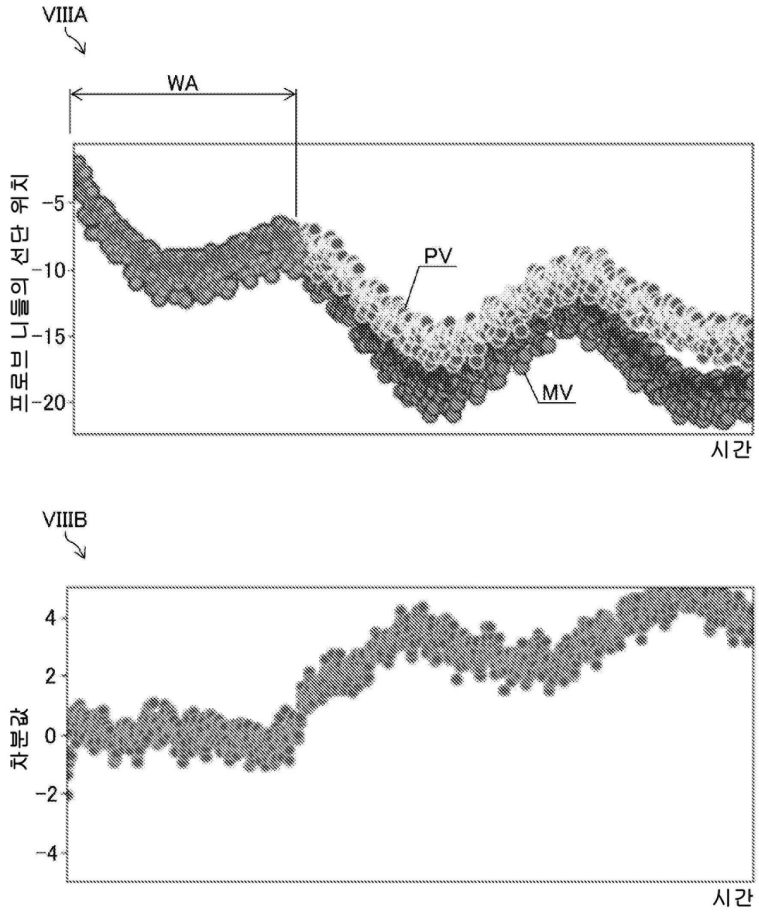
도면6


56
설명변수
온도 데이터
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
T12
T13
시간
얼라인먼트 데이터
D3
D1
D2
목적변수
프로브 니들의 선단 위치
Y[α]

도면7


개시
입력 데이터의 취득
S1
예측 가부 결정
S2
(可)?
S3
예측의 실행 가(可)?
NO
YES
프로브 니들의
선단 위치의 취득
S4
교사 데이터 갱신
S5
예측 모델의 재학습
S6
예측 모델을 이용한 프로브
니들의 선단 위치의 예측
S7
접촉
S8
검사
S9
종료

도면8



도면9

