



등록특허 10-2820933



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년06월16일
(11) 등록번호 10-2820933
(24) 등록일자 2025년06월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/66 (2006.01) *G06N 20/10* (2019.01)
G06N 20/20 (2019.01) *G06N 3/04* (2023.01)
G06N 3/08 (2023.01) *H01L 21/67* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 22/26 (2013.01)
G06N 20/10 (2021.08)
- (21) 출원번호 10-2021-7003991
- (22) 출원일자(국제) 2020년03월02일
심사청구일자 2022년12월13일
- (85) 번역문제출일자 2021년02월09일
- (65) 공개번호 10-2021-0134298
- (43) 공개일자 2021년11월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2020/008659
- (87) 국제공개번호 WO 2020/179729
국제공개일자 2020년09월10일
- (30) 우선권주장
PCT/JP2019/008393 2019년03월04일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문현
JP2011007553 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 조지은

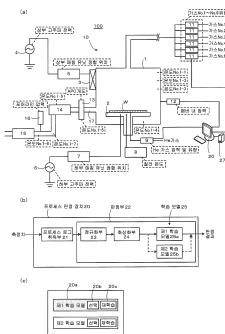
(54) 발명의 명칭 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 장치, 기판 처리 시스템, 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 방법, 학습 모델군, 학습 모델군의 생성 방법 및 프로그램

(57) 요 약

[과제] 판정 정밀도의 저하를 용이하게 억제 가능한 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 장치 등을 제공한다.

[해결 수단] 제조 프로세스 판정 장치(20)는, 기판 처리 장치(10)의 프로세스 로그 데이터를 취득하는 프로세스 로그 취득부(21)와, 프로세스 로그 데이터에 의거하여 입력 데이터를 작성하고, 입력 데이터에 의거하여, 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 판정부(22)를 구비한다. 판정부는, 입력 데이터가 각각 입력되어, 제조 프로세스에 관련된 판정 결과를 각각 출력하는 복수 개의 학습 모델(25)을 구비하고, 복수 개의 학습 모델은, 서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성되어 있다. 판정부는, 복수 개의 학습 모델 중 어느 학습 모델을 이용하여 판정을 행할지를 전환 가능하다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 20/20 (2021.08)

G06N 3/045 (2023.01)

G06N 3/08 (2023.01)

H01L 21/67069 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 장치로서,

상기 기판 처리 장치의 프로세스 로그 데이터를 취득하는 프로세스 로그 취득부와,

상기 프로세스 로그 데이터에 의거하여 입력 데이터를 작성하고, 상기 입력 데이터에 의거하여, 상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 판정부를 구비하고,

상기 판정부는, 상기 입력 데이터가 각각 입력되어, 상기 제조 프로세스에 관련된 판정 결과를 각각 출력하는 복수 개의 학습 모델을 구비하고,

상기 복수 개의 학습 모델은, 서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성되어 있으며,

상기 판정부는, 상기 복수 개의 학습 모델 중 어느 학습 모델을 이용하여 판정을 행할지를 전환 가능하며,

상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정은 기판 처리 장치 내에서, 기판을 처리하는 동안 및 처리 전후에 행해지는 프로세스에 관련된 검출이나 예측을 의미하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 판정부는, 판정 정밀도 평가용 데이터를 이용하여 상기 복수 개의 학습 모델의 판정 정밀도를 각각 평가하고, 가장 판정 정밀도가 높았던 학습 모델을 이용하여, 그 후의 판정을 행하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 판정부는, 상기 복수 개의 학습 모델의 판정 결과의 다수결을 최종적인 판정 결과로서 출력하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 복수 개의 학습 모델에는, 상기 기판 처리 장치의 초기 상태에 얻어진 교사 데이터만을 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델과, 상기 기판 처리 장치의 초기 상태 경과 후에 얻어진 교사 데이터를 포함하는 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델의 쌍방이 포함되는 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 장치.

청구항 5

기판 처리 장치와, 청구항 1에 기재된 제조 프로세스 판정 장치를 구비하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 시스템.

청구항 6

기판 처리 장치의 프로세스 로그 데이터를 취득하는 프로세스 로그 취득 공정과,

상기 프로세스 로그 취득 공정에 의해 취득한 프로세스 로그 데이터에 의거하여 입력 데이터를 작성하고, 상기 입력 데이터에 의거하여, 상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 판정 공정을 포함하고,

상기 판정 공정에서는, 서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 복수 개의 학습 모델

을 준비하고, 상기 복수 개의 학습 모델 중 적어도 어느 1개의 학습 모델을 이용하여, 상기 적어도 어느 1개의 학습 모델에 상기 입력 데이터를 입력하고, 상기 적어도 어느 1개의 학습 모델로부터 상기 제조 프로세스에 관련된 판정 결과를 출력하고,

상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정은 기판 처리 장치 내에서, 기판을 처리하는 동안 및 처리 전후에 행해지는 프로세스에 관련된 검출이나 예측을 의미하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 방법.

청구항 7

기판 처리 장치의 프로세스 로그 데이터에 의거하여 작성된 입력 데이터가 각각 입력되어, 상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정 결과를 각각 출력하는, 서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 복수 개의 학습 모델로 구성되며, 상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정은 기판 처리 장치 내에서, 기판을 처리하는 동안 및 처리 전후에 행해지는 프로세스에 관련된 검출이나 예측을 의미하는 것인, 학습 모델군.

청구항 8

기판 처리 장치의 프로세스 로그 데이터에 의거하여 작성된 입력 데이터가 각각 입력되어, 상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정 결과를 각각 출력하는 복수 개의 학습 모델로 구성되는 학습 모델군을 생성하는 방법으로서,

서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 상기 복수 개의 학습 모델을 생성하며,

상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정은 기판 처리 장치 내에서, 기판을 처리하는 동안 및 처리 전후에 행해지는 프로세스에 관련된 검출이나 예측을 의미하는 것을 특징으로 하는, 학습 모델군의 생성 방법.

청구항 9

청구항 6에 기재된 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 방법이 포함하는 상기 프로세스 로그 취득 공정 및 상기 판정 공정을 컴퓨터에 실행시키기 위한 프로그램을 기억시킨, 컴퓨터로 읽어내기 가능한 기억 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 장치, 이것을 구비한 기판 처리 시스템, 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 방법, 학습 모델군, 학습 모델군의 생성 방법 및 프로그램에 관한 것이다. 특히, 본 발명은, 판정 정밀도의 저하를 용이하게 억제 가능한 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 장치, 기판 처리 시스템, 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 방법, 학습 모델군, 학습 모델군의 생성 방법 및 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래, 반도체 제조 장치 등의 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 장치로서, 예를 들면, 특히 문헌 1~3에 기재된 장치가 제안되어 있다.

[0003] 특히 문헌 1에 기재된 장치는, 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델(뉴럴 네트워크)을 이용하여, 기판의 필름 두께 프로파일(구체적으로는, 에칭 깊이)을 판정(예측)하는 장치이다.

[0004] 특히 문헌 2에 기재된 장치는, 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델(뉴럴 네트워크)을 이용하여, 기판의 에칭 깊이를 예측하고, 나아가서는 에칭의 종점을 판정(검출)하는 장치이다.

[0005] 특히 문헌 3에 기재된 장치는, 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델(서포트 벡터 머신)을 이용하여 기판 처리 장치의 고장(구체적으로는, 이상 발생 부위 및 고장까지의 예측 시간)을 판정(예지)하는 장치이다.

[0006] 특히 문헌 1~3의 기재와 같은 학습 모델을 구비하는 판정 장치에서는, 초기 상태(예를 들면, 기판 처리 장치의 출하 전)에 있어서, 소정의 교사 데이터를 이용하여 기계 학습을 행함으로써 학습 모델이 생성된다. 그 후, 초기 상태 경과 후(예를 들면, 기판 처리 장치의 출하 후)에 있어서, 판정 정밀도를 높이는 것을 목적으로 하고,

새로운 교사 데이터를 이용하여 또는 추가하여, 학습 모델을 재차 기계 학습(재학습)시키는 것이 일반적으로 행해지고 있다.

[0007] 그러나, 초기 상태 경과 후에 학습 모델을 재학습시킬 때, 예를 들면, 새롭게 이용하는 또는 추가하는 교사 데이터가 적절한 것이 아닌 경우, 초기 상태의 학습 모델(재학습시키기 전의 학습 모델)을 이용할 때보다 판정 정밀도가 저하하는 경우가 있다. 판정 정밀도가 저하해도, 이미 재학습이 끝난 학습 모델을 원래대로 되돌릴 수 없기 때문에, 소망하는 판정 정밀도가 얻어질 때까지 재학습을 반복할 필요가 있어, 막대한 수고를 필요로 한다.

[0008] 또, 기판 처리 장치의 가동 조건의 변경 등에 수반하여, 재학습 전의 학습 모델의 판정 정밀도와 재학습 후의 학습 모델의 판정 정밀도의 우열이 변화하는 경우도 있다. 즉, 어느 가동 조건에 대해서는, 재학습 전의 학습 모델을 이용하는 편이 판정 정밀도가 높고, 별도의 가동 조건에 대해서는, 재학습이 끝난 학습 모델을 이용하는 편이 판정 정밀도가 높아지는 경우가 있다.

[0009] 그러나, 이러한 경우에도, 재학습이 끝난 학습 모델의 판정 정밀도가 저하해도, 이미 재학습이 끝난 학습 모델을 원래대로 되돌릴 수 없기 때문에, 소망하는 판정 정밀도가 얻어질 때까지 재학습을 반복할 필요가 있어, 막대한 수고를 필요로 한다.

[0010] 특히 문헌 1~3에는, 상기와 같은 학습 모델의 재학습에 있어서의 문제를 해결하는 수단에 대해 아무런 개시되어 있지 않다.

[0011] 또한, 특히 문헌 4에 나타내는 바와 같이, 학습 모델을 이용하는 것은 아니지만, 기판에 예칭 처리를 실행하는 기판 처리 장치에 있어서, 기판에 대한 예칭의 종점을 판정(검출)하는 장치로서, 분광기를 구비한 판정 장치가 알려져 있다. 구체적으로는, 특히 문헌 4의 기재와 같은 판정 장치는, 기판 처리 장치가 구비하는 챔버 내에 발생한 광을 챔버 밖에 설치한 분광기로 안내하고, 이 분광기에서 소정의 파장을 갖는 광의 강도를 측정함으로써, 기판에 대한 예칭의 종점을 판정(검출)하는 장치이다. 예를 들면, 특히 문헌 4에 기재된 판정 장치에서는, 처리 가스로서 SF_6 가스를 이용하여 Si 기판을 예칭하는 경우, Si의 반응 생성물인 SiF의 발광 파장을 갖는 광의 강도가 기준치 이하가 된 시점을 예칭의 종점으로서 판정(검출)하고 있다.

[0012] 상기와 동일하게, 기판에 성막 처리를 실행하는 기판 처리 장치에 있어서, 성막 처리에 의해 챔버 내에 부착된 막 조성물에 대한 예칭의 종점을 판정(검출)할 때에도, 분광기를 구비한 판정 장치가 이용되고 있다. 이러한 판정 장치에서는, 예를 들면, 처리 가스로서 C_4F_8 가스를 이용하여 막 조성물을 예칭하는 경우, F의 발광 파장을 갖는 광의 강도가 기준치 이상이 된 시점을 예칭의 종점으로서 판정(검출)하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 특표 2009-534854호 공보

(특허문헌 0002) 일본국 특허공개 2017-195365호 공보

(특허문헌 0003) 일본국 특허공개 2018-178157호 공보

(특허문헌 0004) 일본국 특허 제4101280호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명은, 상기 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것이며, 판정 정밀도의 저하를 용이하게 억제 가능한 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 장치, 기판 처리 시스템, 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 방법, 학습 모델군, 학습 모델군의 생성 방법 및 프로그램을 제공하는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은, 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 장치로서, 상

기 기관 처리 장치의 프로세스 로그 데이터를 취득하는 프로세스 로그 취득부와, 상기 프로세스 로그 데이터에 의거하여 입력 데이터를 작성하고, 상기 입력 데이터에 의거하여, 상기 기관 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 판정부를 구비하고, 상기 판정부는, 상기 입력 데이터가 각각 입력되어, 상기 제조 프로세스에 관련된 판정 결과를 각각 출력하는 복수 개의 학습 모델을 구비하고, 상기 복수 개의 학습 모델은, 서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성되어 있으며, 상기 판정부는, 상기 복수 개의 학습 모델 중 어느 학습 모델을 이용하여 판정을 행할지를 전환 가능한 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치의 제조 프로세스 판정 장치를 제공한다.

[0016] 본 발명에 의하면, 기관 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 판정부가 복수 개의 학습 모델을 구비하고, 이들 복수 개의 학습 모델이 서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성되어 있다. 그리고, 판정부는, 복수 개의 학습 모델 중 어느 학습 모델을 이용하여 판정을 행할지를 전환 가능하다. 이 때문에, 예를 들면, 기관 처리 장치의 가동 조건을 변경했을 때 등의 적절한 타이밍에서 복수 개의 학습 모델의 판정 정밀도를 각각 평가하고, 가장 판정 정밀도가 높았던 학습 모델을 이용하도록 전환함으로써, 판정 정밀도의 저하를 용이하게 억제 가능하다.

[0017] 본 발명에 있어서, 복수 개의 학습 모델의 판정 정밀도의 평가나, 판정부로의 학습 모델의 전환 지시를 수동으로 행하는 것도 가능하다. 그러나, 이들을 자동적으로 행하는 편이 효율적이며 바람직하다.

[0018] 따라서, 바람직하게는, 상기 판정부는, 판정 정밀도 평가용 데이터를 이용하여 상기 복수 개의 학습 모델의 판정 정밀도를 각각 평가하고, 가장 판정 정밀도가 높았던 학습 모델을 이용하여, 그 후의 판정을 행한다.

[0019] 상기의 바람직한 구성에 의하면, 판정부가, 복수 개의 학습 모델의 판정 정밀도를 각각 자동으로 평가하고, 가장 판정 정밀도가 높았던 학습 모델로 자동으로 전환되게 되기 때문에, 판정 정밀도의 저하를 효율적으로 억제 가능하다.

[0020] 상기의 바람직한 구성에 있어서, 학습 모델의 판정 정밀도를 평가하는 타이밍은, 시간 등에 의해 미리 설정해도 되고, 수동으로 지시해도 된다.

[0021] 본 발명에 있어서, 상기의 바람직한 구성과 같이, 복수 개의 학습 모델의 판정 정밀도를 각각 평가하고, 가장 판정 정밀도가 높았던 학습 모델을 이용하여, 그 후의 판정을 행하도록 하면, 판정 정밀도의 저하를 억제 가능하지만, 판정 정밀도 평가용 데이터를 준비하는 수고가 듦다. 이 수고를 생략하려면, 복수 개의 학습 모델의 판정 결과의 다수결을 최종적인 판정 결과로 하는 것이 바람직하다.

[0022] 따라서, 바람직하게는, 상기 판정부는, 상기 복수 개의 학습 모델의 판정 결과의 다수결을 최종적인 판정 결과로서 출력한다.

[0023] 상기의 바람직한 구성에 의하면, 복수 개의 학습 모델의 판정 결과의 다수결을 최종적인 판정 결과로 하기 때문에, 각 학습 모델의 판정 정밀도를 빈번히 평가하지 않아도, 최종적인 판정 결과의 판정 정밀도에 신뢰성을 갖게 하는 것이 가능하다.

[0024] 또한, 복수 개의 학습 모델이 짹수 개의 학습 모델인 경우, 같은 판정 결과를 출력하는 학습 모델의 개수가 동수가 될 가능성이 있다. 동수가 되었을 경우에는, 미리 결정한 판정 결과를 최종적인 판정 결과로서 출력하는 것을 생각할 수 있다. 예를 들면, 판정부가 4개의 학습 모델을 구비하고, 후술의 본 발명의 제1 실시 형태와 같이 예청의 종점 전후 중 어느 쪽인지를 판정하는 경우에, 어느 2개의 학습 모델이 예청의 종점 전이라고 판정하고, 나머지 2개의 학습 모델이 예청의 종점 후라고 판정했을 경우에는, 동수이기 때문에, 최종적인 판정 결과를 예청의 종점 전으로 하는 것을 미리 결정해 두면 된다.

[0025] 바람직하게는, 상기 복수 개의 학습 모델에는, 상기 기관 처리 장치의 초기 상태에 얻어진 교사 데이터만을 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델과, 상기 기관 처리 장치의 초기 상태 경과 후에 얻어진 교사 데이터를 포함하는 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델의 쌍방이 포함된다.

[0026] 상기의 바람직한 구성에 의하면, 초기 상태 경과 후의 학습 모델(예를 들면, 기관 처리 장치의 출하 후에 얻어진 교사 데이터를 포함하는 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델)의 판정 정밀도가, 초기 상태의 학습 모델(예를 들면, 기관 처리 장치의 출하 전에 얻어진 교사 데이터만을 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델)의 판정 정밀도보다 낮은 경우에, 초기 상태의 학습 모델로 전환하여 이용하는 것이 가능하다.

[0027] 또, 기관 처리 장치의 가동 조건의 변경 등에 수반하여, 초기 상태의 학습 모델의 판정 정밀도와 초기 상태 경

과 후의 학습 모델의 판정 정밀도의 우열이 변화했을 경우이어도, 어느 쪽이든 판정 정밀도가 높은 학습 모델로 전환하여 이용하는 것이 가능하다.

[0028] 또, 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은, 기판 처리 장치와, 상기 중 어느 하나에 기재된 제조 프로세스 판정 장치를 구비하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 시스템으로서도 제공된다.

[0029] 또, 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은, 기판 처리 장치의 프로세스 로그 데이터를 취득하는 프로세스 로그 취득 공정과, 상기 프로세스 로그 취득 공정에 의해 취득한 프로세스 로그 데이터에 의거하여 입력 데이터를 작성하고, 상기 입력 데이터에 의거하여, 상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 판정 공정을 포함하고, 상기 판정 공정에서는, 서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 복수 개의 학습 모델을 준비하고, 상기 복수 개의 학습 모델 중 적어도 어느 1개의 학습 모델을 이용하여, 상기 적어도 어느 1개의 학습 모델에 상기 입력 데이터를 입력하고, 상기 적어도 어느 1개의 학습 모델로부터 상기 제조 프로세스에 관련된 판정 결과를 출력하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 방법으로서도 제공된다.

[0030] 또, 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은, 기판 처리 장치의 프로세스 로그 데이터에 의거하여 작성된 입력 데이터가 각각 입력되어, 상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정 결과를 각각 출력하는, 서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 복수 개의 학습 모델로 구성되는 학습 모델군으로서도 제공된다.

[0031] 또, 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은, 기판 처리 장치의 프로세스 로그 데이터에 의거하여 작성된 입력 데이터가 각각 입력되어, 상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정 결과를 각각 출력하는 복수 개의 학습 모델로 구성되는 학습 모델군을 생성하는 방법으로서, 서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 상기 복수 개의 학습 모델을 생성하는 것을 특징으로 하는 학습 모델군의 생성 방법으로서도 제공된다.

[0032] 또한, 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은, 상기 기판 처리 장치의 제조 프로세스 판정 방법이 포함하는 상기 프로세스 로그 취득 공정 및 상기 판정 공정을 컴퓨터(CPU)에 실행시키기 위한 프로그램으로서도 제공된다.

[0033] 또한, 상기의 프로그램을 기억시킨, 컴퓨터(CPU)로 읽어내기 가능한 기억 매체로서 제공하는 것도 가능하다.

발명의 효과

[0034] 본 발명에 의하면, 판정 정밀도의 저하를 용이하게 억제 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은, 본 발명의 제1 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템의 개략 구성을 모식적으로 나타내는 도면이다.

도 2는, 도 1에 나타내는 정규화부 및 화상화부의 동작을 설명하는 설명도이다.

도 3은, 도 1에 나타내는 학습 모델의 개략 구성 및 동작을 모식적으로 나타내는 도면이다.

도 4는, 도 1에 나타내는 학습 모델의 학습 시 및 판정 시의 동작 순서를 나타내는 플로우도이다.

도 5는, 도 1에 나타내는 제조 프로세스 판정 장치의 변형예를 나타내는 블록도이다.

도 6은, 도 1에 나타내는 기판 처리 시스템을 이용한 시험의 결과를 나타낸다.

도 7은, 본 발명의 제2 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템의 개략 구성을 모식적으로 나타내는 도면이다.

도 8은, 도 7에 나타내는 기판 처리 시스템을 이용한 시험의 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 이하, 첨부 도면을 참조하면서, 본 발명의 실시 형태에 따른 제조 프로세스 판정 장치 및 이를 구비한 기판 처리 시스템에 대해 설명한다. 본 실시 형태에서는, 기판 처리 장치가 플라즈마 처리 장치이며, 기판 처리 장치에 있어서의 제조 프로세스에 관련된 판정으로서 애칭의 종점을 검출하는 경우를 예로 들어 설명한다.

[0037] 우선, 본 명세서에서 이용하는 어구의 의미에 대해 설명한다.

[0038] 본 명세서에 있어서, 「기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정」이란, 기판 처리 장치의 제조 프로세스

(기판 처리 장치에 있어서의 기판의 제조 프로세스의 의미)에 관련된 검출이나 예측을 의미한다. 기판 처리 장치의 제조 프로세스란, 기판 처리 장치 내에서, 기판을 처리하는 동안 및 처리의 전후에 행해지는 프로세스를 의미한다. 따라서, 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정에는, 처리 후의 기판의 검사(특히, 기판 처리 장치 내에서의 처리 후에 기판 처리 장치 밖으로 반출된 기판의 검사)에 관련된 판정은 포함되지 않는다. 구체적으로는, 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 있어서의 이상 검출, 에칭 처리를 실행하는 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 있어서의 에칭 종점의 검출, 에칭 형상·깊이의 예측, 성막 처리를 실행하는 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 있어서의 성막한 막질의 예측 등을 예시할 수 있다. 또한, 본 실시 형태에 따른 제조 프로세스 판정 장치는, 기판 처리 장치의 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하기 때문에, 그 판정 결과가, 기판 처리 장치에서 처리한 후의 기판의 성능 향상이나 양품률(良品率) 향상 등에 직접 기여할 수 있다. 이에 대해, 처리 후의 기판의 검사에 관련된 판정을 행해도, 검사한 기판 자체의 양부(良否) 등을 판정할 수 있는 것에 불과하기 때문에, 그 판정 결과가, 기판 처리 장치에서 처리한 후의 기판의 성능 향상이나 양품률 향상 등에 직접 기여하는 것은 아니다.

[0039] 또, 본 명세서에 있어서, 「기판 처리 장치의 프로세스 로그 데이터」란, 기판 처리 장치에 있어서의 기판의 처리에 관련된 각종의 측정치나 설정치의 이력을 의미하고, 기판 처리 장치의 가동 시에 순차적으로 얻어지는 것이 일반적이다. 단, 프로세스 로그 데이터에는, 처리 후의 기판의 검사(기판 처리 장치 밖으로 반출된 기판의 검사)에 관련된 측정치가 포함되어도 된다. 기판의 처리의 양부에 따라 기판의 검사 결과도 바뀔 수 있기 때문에, 처리 후의 기판의 검사에 관련된 측정치도, 기판 처리 장치에 있어서의 기판의 처리에 관련된 측정치라고 할 수 있기 때문이다.

[0040] 또, 본 명세서에 있어서, 「학습 모델」로서는, 뉴럴 네트워크나 소프트 벡터 머신 등, 기계 학습을 이용하여 생성할 수 있는 한에 있어서 여러 가지의 구성을 채용 가능하다.

[0041] 또, 본 명세서에 있어서, 「교사 데이터」란, 학습 모델로의 기지의 입출력의 조합을 의미하고, 「서로 상이한 교사 데이터」란, 완전하게 입출력의 조합이 상이한 경우에 한정하는 것은 아니며, 일부의 조합이 중복되는 경우도 포함하는 의미이다.

[0042] 또, 본 명세서에 있어서, 「복수 개의 학습 모델 중 어느 학습 모델을 이용하여 판정을 행할지를 전환 가능」이란, 어느 1개의 학습 모델로 전환하고, 이 전환한 어느 1개의 학습 모델만을 이용하여 판정을 행하는 것에 한정하는 의미는 아니다. 예를 들면, 3개의 학습 모델 중 2개의 학습 모델로 전환하고, 이들 2개의 학습 모델을 이용하여 판정을 행하거나, 복수 개의 모든 학습 모델을 이용하여 판정을 행하는 경우도 포함하는 의미이다.

[0043] 또, 본 명세서에 있어서, 「판정 정밀도 평가용 데이터」란, 학습 모델로의 기지의 입출력의 조합을 의미하고, 「판정 정밀도」란, 학습 모델이 출력하는 판정 결과가, 판정 정밀도 평가용 데이터의 출력(진실인 판정 결과)과 일치하는 정도를 의미한다.

[0044] 또한, 본 명세서에 있어서, 「복수 개의 학습 모델의 판정 결과의 다수결을 최종적인 판정 결과로서 출력한다」란, 같은 판정 결과를 출력하는 학습 모델의 개수가 동수가 되었을 경우에, 미리 결정한 어느 한쪽의 판정 결과를 최종적인 판정 결과로서 출력하는 경우를 포함하는 개념이다.

[0045] <제1 실시 형태>

[0046] 도 1은, 제1 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템의 개략 구성을 모식적으로 나타내는 도면이다. 도 1 (a)는, 기판 처리 시스템의 전체 구성도이다. 도 1 (b)는, 제조 프로세스 판정 장치의 개략 구성을 나타내는 블록도이다. 도 1 (c)는, 제조 프로세스 판정 장치를 구성하는 컴퓨터의 모니터 화면의 표시예를 모식적으로 나타내는 도면이다. 또한, 도 1 (a)에서는, 측정하는 파라미터를 파선의 직사각형으로 둘러싸서 도시하고 있다.

[0047] 도 1 (a)에 나타내는 바와 같이, 제1 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템(100)은, 기판 처리 장치(10)와, 제조 프로세스 판정 장치(20)를 구비하고 있다.

[0048] 제1 실시 형태의 기판 처리 장치(10)는, 챔버(1)와, 챔버(1) 내에 배치된 재치(載置)대(2)를 구비하고, 재치대(2)에 재치된 기판(W)에 플라즈마 처리를 실시하는 장치이다. 보다 구체적으로는, 제1 실시 형태의 기판 처리 장치(10)는, 기판(W)에 플라즈마 처리로서의 에칭을 실시하는 유도 결합 플라즈마(ICP) 방식의 플라즈마 에칭 장치이다. 기판 처리 장치(10)에 있어서 기판(W)에 에칭을 실시할 때에는, 기판(W)이 과잉되게 에칭되지 않도록, 에칭의 종점을 판정(검출)하는 것이 중요하다.

[0049] 기판 처리 장치(10)의 챔버(1) 내에는, 가스 공급원(도시하지 않음)으로부터 플라즈마를 생성하기 위한 처리 가

스가 공급된다. 도 1 (a)에서는, 가스 No.1~가스 No.6까지의 6종류의 처리 가스를 공급 가능하게 한 구성이 도시되어 있다. 그러나, 예칭 처리를 실행할 때, 6종류의 처리 가스 전부를 사용하는 경우에 한정하는 것은 아니며, 어느 1종류 이상의 처리 가스를 이용하여 예칭을 행하는 것이 가능하다. 또한, 공급하는 각 처리 가스의 유량은, 가스 공급원으로부터 챔버(1)까지의 유로에 설치된 매스 플로우 컨트롤러(Mass Flow Controller, MFC)(11)에 의해 측정된다. 또, 챔버(1)에는, 챔버(1)의 벽면을 가열하는 히터(도시하지 않음)가 적절한 개소에 설치되어 있으며, 각 개소의 히터의 온도(도 1 (a)에 나타내는 온도 No.1-1~No.1-4)가, 열전대(熱電對) 등의 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다. 또한, 챔버(1) 내의 압력이, 진공계(12)에 의해 측정된다.

[0050] 기판 처리 장치(10)는, 챔버(1)를 둘러싸도록 챔버(1)에 배치된 코일(3)을 구비한다(도 1 (a)에서는, 편의상, 좌측에 위치하는 코일(3)의 단면만을 도시하고 있다). 코일(3)에는, 상부 고주파 전원(4)으로부터 상부 매칭 유닛(5)을 통해 고주파 전력(상부 고주파 전력)이 인가된다. 코일(3)에 상부 고주파 전력을 인가함으로써, 챔버(1) 내에 공급된 처리 가스가 플라즈마화된다. 또한, 상부 고주파 전원(4)이 인가하는 상부 고주파 전력과, 상부 매칭 유닛(5)의 정합(整合) 위치(상부 매칭 유닛(5)이 구비하는 가변 콘덴서나 가변 코일 등의 상수)가, 각각 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다.

[0051] 재치대(2)에는, 하부 고주파 전원(6)으로부터 하부 매칭 유닛(7)을 통해 고주파 전력(하부 고주파 전력)이 인가된다. 재치대(2)에 하부 고주파 전력을 인가함으로써, 재치대(2)와 챔버(1) 내의 플라즈마 사이에 바이어스 전위를 부여하고, 플라즈마 중의 이온을 가속하여 재치대(2)에 재치된 기판(W)으로 끌어들인다. 이에 의해, 기판(W)에 예칭이 실시된다. 또한, 하부 고주파 전원(6)이 인가하는 하부 고주파 전력과, 하부 매칭 유닛(7)의 정합 위치(하부 매칭 유닛(7)이 구비하는 가변 콘덴서나 가변 코일 등의 상수)가, 각각 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다.

[0052] 플라즈마 처리의 실행 중, 재치대(2)는, 칠러(8)에 의해 냉각된다. 칠러(8)의 온도가, 열전대 등의 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다. 또, 플라즈마 처리의 실행 중, 기판(W)의 이면에 He 가스가 공급되고, 이 He 가스에 의해 기판(W)이 냉각된다. 이 때, 공급하는 He 가스의 압력 · 유량이, He 가스 공급원(도시하지 않음)으로부터 기판(W)의 이면(재치대(2)의 상면)까지의 유로에 설치된 압력 · 유량계(9)에 의해 측정된다.

[0053] 플라즈마 처리를 실행함으로써 챔버(1) 내에 생성된 반응 생성물 등은, 챔버(1) 내에 연통하는 배기관(17)을 통해 챔버(1) 밖으로 배기된다. 배기관(17)에는, 밸브 개도를 조정함으로써, 챔버(1) 내의 압력을 제어하는 자동 압력 제어 장치(Auto Pressure Controller, APC)(13), 반응 생성물을 배기하기 위한 제1 펌프(터보 분자 펌프)(14), 및, 제1 펌프(14)를 보조하는 제2 펌프(드라이 펌프나 로터리 펌프 등)(15)가 설치되어 있다. 또한, 자동 압력 제어 장치(13)의 온도(도 1 (a)에 나타내는 온도 No.1-5)와, 제1 펌프(14)의 온도(도 1 (a)에 나타내는 온도 No.1-6)가, 열전대 등의 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다. 또, 배기관(17)에는, 배기관(17)을 가열하는 히터(도시하지 않음)가 적절한 개소(예를 들면, 제1 펌프(14)와 제2 펌프(15) 사이)에 설치되어 있으며, 각 개소의 히터의 온도(도 1 (a)에 나타내는 온도 No.1-7, No.1-8)가, 열전대 등의 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다. 또, 자동 압력 제어 장치(13)의 밸브 개도(APC 개도)가, 엔코더 등의 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다. 또한, 제1 펌프(14)와 제2 펌프(15) 사이에 위치하는 배기관(17) 내의 압력(포아라인 압력)이, 진공계(16)에 의해 측정된다.

[0054] 제1 실시 형태의 제조 프로세스 판정 장치(20)는, 상기의 구성을 갖는 기판 처리 장치(10)에 전기적으로 접속되어 있으며, 기판 처리 장치(10)에 있어서 기판(W)에 실시하는 예칭의 종점을 판정(검출)하는 장치이다.

[0055] 도 1 (b)에 나타내는 바와 같이, 제조 프로세스 판정 장치(20)는, 프로세스 로그 취득부(21)와, 판정부(22)를 구비하고, 예를 들면, 컴퓨터로 구성되어 있다.

[0056] 프로세스 로그 취득부(21)는, 도 1 (a)를 참조하여 전술한 각 측정치를 측정하는 측정기(예를 들면, 매스 플로우 컨트롤러(11))와 유선 또는 무선으로 전기적으로 접속되어 있으며(도 1 (a)에서는, 편의상, 압력 · 유량계(9), 매스 플로우 컨트롤러(11) 및 진공계(12)만에 유선으로 접속되어 있는 상태를 도시하고 있다), 각 측정기로부터 순차적으로 입력된 측정 데이터를 소정의 샘플링 주기(예를 들면, 1초)로 취득(A/D 변환)하는 기능을 갖는다. 프로세스 로그 취득부(21)는, 예를 들면, 컴퓨터에 탑재된 A/D 변환 보드나, 컴퓨터가 구비하는 ROM, RAM 등의 메모리나, 당해 메모리에 기억되어, 프로세스 로그 취득부(21)로서의 동작을 CPU에 실행시키는 프로그램에 의해 구성된다. 프로그램은, 제조 프로세스 판정 장치(20)가 구비하는 외장형의 기억 매체인 하드 디스크(27)에 기억되고, 하드 디스크(27)로부터 RAM에 읽어들이는 양태이어도 된다. 이 취득된 각 측정치 및 각 측정치에 대응하는 각 설정치가, 프로세스 로그 데이터로서, 판정부(22)에서의 예칭의 종점 검출에 이용된다.

- [0057] 또한, 제1 실시 형태에서 이용하는 프로세스 로그 데이터에는, 챔버(1) 내에 발생한 광(챔버(1) 내에 공급하는 처리 가스나 기관(W)의 성분에 따라 발생한 광)에 관련된 측정치는 포함되지 않는다. 즉, 종래의 분광기를 이용한 광의 강도 측정치 등은 제외된다. 환연하면, 예청의 종점을 검출할 때에 분광기를 이용할 필요가 없다. 또, 제1 실시 형태에서 이용하는 프로세스 로그 데이터에는, 기관 처리 장치(10) 밖에서의 기관(W)의 위치에 관련된 측정치나 설정치는 포함되지 않는다.
- [0058] 또, 제1 실시 형태에서는, 도 1 (a)에 나타내는 모든 측정치를 프로세스 로그 데이터로서 예청의 종점 검출에 이용하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다. 단, 적어도, 포어라인 압력 또는 APC 개도와, 상부 매칭 유닛(5) 및/또는 하부 매칭 유닛(7)의 정합 위치를 이용하는 것이 바람직하다.
- [0059] 본 발명자들의 예의 검토한 결과에 의하면, 각종의 프로세스 로그 데이터 중, 배기관(17) 내의 압력(포어라인 압력)과, 자동 압력 제어 장치(13)의 밸브 개도(APC 개도)와, 상부 매칭 유닛(5)의 정합 위치와, 하부 매칭 유닛(7)의 정합 위치가, 예청의 종점 전후에서 특히 변화하기 쉽다. 예청이 종료하면, 기관(W)에 있어서의 예청 대상의 층이 없어지기 때문에, 플라즈마의 상태가 변화하기 때문이다. 이 때문에, 예청의 종점을 판정(검출)하려면, 상기와 같이, 적어도 이러한 프로세스 로그 데이터를 이용하는 것이 바람직하다. 단, 포어라인 압력과 APC 개도는 거의 연동하여 변화하기 때문에, 어느 한쪽만을 이용해도 된다고 생각할 수 있다.
- [0060] 또한, 제조 프로세스 판정 장치(20)가 기관 처리 장치(10)의 가동을 제어하기 위해 일반적으로 이용되는 제어 장치로서의 기능도 갖는 경우(제어 장치가 제조 프로세스 판정 장치(20)로서도 겸용되는 경우)에는, 프로세스 로그 데이터를 구성하는 각 설정치는, 미리 제조 프로세스 판정 장치(20)(프로세스 로그 취득부(21))에 기억되어 있다. 제조 프로세스 판정 장치(20)가 상기의 제어 장치와 별체이며, 양자가 전기적으로 접속되어 있는 경우에는, 제어 장치에 미리 기억된 각 설정치가 제조 프로세스 판정 장치(20)(프로세스 로그 취득부(21))에 송신되게 된다. 또, 제1 실시 형태에서는, 제조 프로세스 판정 장치(20)가 각 측정기와 직접 접속되어 있는 경우를 예시했지만, 상기의 제어 장치와 각 측정기가 직접 접속되어, 제어 장치에서 취득한 각 측정치를 제조 프로세스 판정 장치(20)에 송신하는 구성을 채용하는 것도 가능하다.
- [0061] 판정부(22)는, 프로세스 로그 취득부(21)에 의해 순차적으로(예를 들면, 1초마다) 취득한 프로세스 로그 데이터로부터 입력 데이터를 작성하고, 이 입력 데이터에 의거하여, 기관 처리 장치(10)에 있어서의 예청의 종점을 판정(검출)하는 부분이다. 판정부(22)는, 예를 들면, 컴퓨터가 구비하는 ROM, RAM 등의 메모리나, 당해 메모리에 기억되어, 판정부(22)로서의 동작을 CPU에 실행시키는 프로그램에 의해 구성된다. 이 프로그램도, 하드 디스크(27)에 기억되어, 하드 디스크(27)로부터 RAM에 읽어들이는 양태이어야 된다.
- [0062] 판정부(22)는, 복수 개의 학습 모델(25)을 구비한다. 도 1 (b)에 나타내는 예에서는, 판정부(22)는, 2개의 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)을 구비하는데, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니며, 3개 이상의 학습 모델(25)을 구비하는 것도 가능하다. 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)은, 구성은 같지만, 서로 상이한 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성되어 있다. 예를 들면, 제1 학습 모델(25a)은, 기관 처리 장치(10)의 출하 전에 얻어진 교사 데이터만을 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성되고, 제2 학습 모델(25b)은, 기관 처리 장치(10)의 출하 전과 출하 후에 얻어진 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성되어 있다. 또한, 본 명세서에 기재된 「출하 전」이란, 기관 처리 장치(10)의 제조자측에 기관 처리 장치(10)가 존재하는 상태에 한정하는 것은 아니다. 제조자측으로부터 사용자측으로 기관 처리 장치(10)가 인도된 후, 제조자측이 사용자측으로 나가 기관 처리 장치(10)의 스타트업 조정을 행하는 경우에는, 그 스타트업 조정 기간도 포함하는 개념이다.
- [0063] 그리고, 판정부(22)는, 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b) 중 어느 학습 모델을 이용하여 판정을 행할지를 전환 가능하게 되어 있다. 판정에 이용하는 학습 모델(25)의 전환은, 판정부(22)에 수동으로 전환 지시를 행해도 되고, 후술과 같이 판정부(22)가 자동적으로 행해도 된다.
- [0064] 도 1 (b)에 나타내는 예에서는, 제1 학습 모델(25a)이 선택되어, 후술의 화상화부(24)와 제1 학습 모델(25a)이 접속되고, 제1 학습 모델(25a)을 이용하여 판정을 행하는 상태를 도시하고 있다.
- [0065] 예를 들면, 출하 전후에서, 유틸리티 사양이 상이하거나, 클린 룸 환경이 상이함으로써, 출하 후에 얻어진 교사 데이터가 적절한 것이 아닌 경우가 있다. 또, 출하 후이어도, 기관 처리 장치에서는, 디바이스의 성능 향상·제조 프로세스 개선이나, 용도 변경에 의해, 기관(W)의 재질이나 사이즈가 상이하거나, 플라즈마를 생성하기 위한 처리 가스가 상이한 경우가 있다. 이러한 경우에는, 출하 전에 얻어진 교사 데이터만을 이용하여 학습시킨 제1 학습 모델(25a)을 이용하는 편이 판정 정밀도가 높을 가능성이 있다.

- [0066] 또한, 전술과 같이, 판정부(22)는, 3개 이상의 학습 모델을 구비하는 것도 가능하다. 특히, 상기와 같은 출하 후의 기관 처리 장치에 있어서의 디바이스의 성능 향상·제조 프로세스 개선, 용도 변경 등에 따라, 같은 출하 후에 얻어진 것이지만 서로 상이한 교사 데이터를 준비하고, 이를 출하 후의 상이한 교사 데이터를 각각 이용한 기계 학습을 행함으로써 복수 개의 학습 모델(25)을 생성하는 것이 바람직하다.
- [0067] 제1 실시 형태의 판정부(22)는, 바람직한 구성으로서, 추가로, 정규화부(23)와, 화상화부(24)를 구비한다. 이들 정규화부(23), 화상화부(24) 및 학습 모델(25)도, 예를 들면, 컴퓨터가 구비하는 ROM, RAM 등의 메모리나, 당해 메모리에 기억되고, 각 부(23~25)로서의 동작을 CPU에 실행시키는 프로그램에 의해 구성된다. 이 프로그램도, 하드 디스크(27)에 기억되어, 하드 디스크(27)로부터 RAM에 읽어들이는 양태이어도 된다.
- [0068] 도 2는, 정규화부(23) 및 화상화부(24)의 동작을 설명하는 설명도이다. 도 2 (a)는 정규화부(23)의 동작을 설명하는 도면이며, 도 2 (b), (c)는 화상화부(24)의 동작을 설명하는 도면이다.
- [0069] 도 2 (a)의 좌측 도면은, 프로세스 로그 취득부(21)에 의해 취득한 프로세스 로그 데이터를 모식적으로 나타내는 도면이다. 도 2 (a)에 나타내는 파라미터 1~N은, 예를 들면, 파라미터 1이 도 1 (a)에 나타내는 매스 플로우 컨트롤러(11)로 측정한 가스 No.1의 유량이며, 파라미터 N이 도 1 (a)에 나타내는 온도 No.1~8인 등, 프로세스 로그 데이터의 종류를 의미한다. 도 2 (a)의 좌측 도면에 나타내는 X_{ij} ($i=1 \sim N$, $j=1 \sim M$)는, 파라미터 i 에 대해 프로세스 시간(예칭 개시로부터의 경과 시간)이 j [sec]일 때에 취득된 프로세스 로그 데이터의 값을 의미한다. 예를 들면, X_{11} 은, 파라미터 1에 대해 프로세스 시간이 1 [sec]일 때에 취득된 프로세스 로그 데이터의 값이며, X_{NM} 은, 파라미터 N에 대해 프로세스 시간이 M [sec]일 때에 취득된 프로세스 로그 데이터의 값이다.
- [0070] 정규화부(23)는, 프로세스 로그 데이터의 종류마다(파라미터 i 마다), 전체 프로세스 시간(1~M [sec])에서의 프로세스 로그 데이터의 최대치 MAX_i , 최소치 MIN_i 를 미리 산출한다. 예를 들면, 파라미터 1에 대한 최대치는 MAX_1 , 최소치는 MIN_1 이며, 파라미터 N에 대한 최대치는 MAX_N , 최소치는 MIN_N 이다. 또한, 이러한 최대치 MAX_i 및 최소치 MIN_i 는, 1개의 기관(W)을 예칭할 때에 취득된 프로세스 로그 데이터를 이용하여 산출하는 것이 아닌, 후술의 학습 모델(25)의 학습 시 등에 있어서, 동등의 레시피(플라즈마 처리의 조건)로 예칭된 복수의 기관(W)에 대해 취득된 프로세스 로그 데이터를 이용하여 미리 산출해 두는 것이 바람직하다. 산출한 프로세스 로그 데이터의 종류마다(파라미터 i 마다)의 최대치 MAX_i 및 최소치 MIN_i 는, 정규화부(23)에 기억된다.
- [0071] 그리고, 정규화부(23)는, 프로세스 로그 취득부(21)에 의해 순차적으로 취득한 프로세스 로그 데이터(X_{ij})에 대해, 프로세스 로그 데이터의 종류마다(파라미터 i 마다) 최대치가 1이 되고 최소치가 0이 되는 정규화를 행한다.
- [0072] 구체적으로는, 이하의 식 (1)에 의거하여, 도 2 (a)의 우측 도면에 나타내는 바와 같이, 정규화 후의 프로세스 로그 데이터(Y_{ij})를 산출한다.
- [0073]
$$Y_{ij} = (X_{ij} - MIN_i) / (MAX_i - MIN_i) \quad \dots \quad (1)$$
- [0074] 상기의 식 (1)에 있어서, $i=1 \sim M$ 이며, $j=1 \sim N$ 이다.
- [0075] 상기의 식 (1)로부터, $X_{ij} = MAX_i$ 일 때, $Y_{ij} = 1$ 이 되고, $X_{ij} = MIN_i$ 일 때, $Y_{ij} = 0$ 이 되도록 정규화되는 것은 분명하다.
- [0076] 프로세스 로그 데이터(X_{ij})의 값은, 압력, 온도, 유량 등, 프로세스 로그 데이터(X_{ij})의 종류에 따라 크게 상이하다. 또, 어떠한 단위로 나타낼지에 따라서도 상이한 값이 된다. 이 때문에, 예칭의 종점을 판정(검출)하는데 있어서, 각 종류의 프로세스 로그 데이터(X_{ij})의 값을 그대로 이용하면, 판정 정밀도에 영향을 미칠 가능성이 있다. 이를 피하려면, 상기와 같이 정규화하여, 정규화 후의 각 종류의 프로세스 로그 데이터(Y_{ij})의 값이 모두 일정한 범위 내에서 변동하도록 하는 것이 바람직하다.
- [0077] 화상화부(24)는, 정규화 후의 프로세스 로그 데이터에 의거하여, 학습 모델(25)로의 입력 데이터를 작성한다.
- [0078] 구체적으로는, 화상화부(24)는, 도 2 (b)의 좌측 도면에 나타내는 정규화 후의 프로세스 로그 데이터에 의거하여, 도 2 (b)의 우측 도면에 나타내는 바와 같이, 한 축(도 2 (b)의 우측 도면에 나타내는 예에서는 가로축)이 프로세스 로그 데이터의 종류(파라미터 1~N)이며, 한 축에 직교하는 다른 축(도 2 (b)의 우측 도면에 나타내는 예에서는 세로축)이 정규화 후의 프로세스 로그 데이터의 값(Y_{ij})인 그래프(막대 그래프)를 화상화한 화상 테이

터를 순차적으로(예를 들면, 1초마다) 작성한다.

[0079] 화상 데이터의 종류로서는, 도 2 (b)의 우측 도면에 나타내는 모노크롬 농담 화상에 한정하는 것은 아니며, 2차 화 화상이나 컬러 화상 등, 임의의 화상 데이터를 작성 가능하다.

[0080] 다음에, 제1 실시 형태의 화상화부(24)는, 작성한 화상 데이터를 복수의 화소로 구성되는 소정의 화소 영역으로 분할한다.

[0081] 구체적으로는, 도 2 (c)에 나타내는 바와 같이, 화상화부(24)는, 화상 데이터를 한 축(가로축) 방향 및 다른 축(세로축) 방향으로 각각 K분할하여 화소 영역(A_{ij})($i=1\sim K$, $j=1\sim K$)을 작성한다. 그리고, 화상화부(24)는, 화소 영역(A_{ij})마다 평균 농도치(화소 영역(A_{ij}))을 구성하는 복수의 화소의 농도치의 평균치(I_{ave})(A_{ij})($i=1\sim K$, $j=1\sim K$)를 산출한다. 이 평균 농도치(I_{ave})(A_{ij})가, 학습 모델(25)로의 입력 데이터로서 이용된다.

[0082] 또한, 화상화부(24)가 컬러 화상(RGB3색의 컬러 화상)을 작성하는 경우에는, 화상화부(24)는 각 색의 화상에 대해 평균 농도치를 산출하고, 그들 모두가 학습 모델(25)로의 입력 데이터로서 이용된다.

[0083] 또, 제1 실시 형태에서는, 화상화부(24)가 화상 데이터를 화소 영역으로 분할하는 예를 나타냈지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니며, 화상 데이터를 구성하는 각 화소의 농도치를 그대로 학습 모델(25)로의 입력 데이터로서 이용하는 것도 가능하다.

[0084] 도 3은, 학습 모델(25)(제1 학습 모델(25a), 제2 학습 모델(25b))의 개략 구성 및 동작을 모식적으로 나타내는 도면이다.

[0085] 도 4는, 학습 모델(25)의 학습 시 및 판정 시의 동작 순서를 나타내는 플로우도이다. 도 4 (a)는 학습 시의 동작 순서를, 도 4 (b)는 판정 시의 동작 순서를 나타낸다.

[0086] 도 3에 나타내는 바와 같이, 제1 실시 형태의 학습 모델(25)은, 입력층, 중간층 및 출력층을 갖는 뉴럴 네트워크로 구성되어 있다. 도 3에서는, 2층의 중간층을 갖는 구성을 예시하고 있지만, 본 발명의 학습 모델로서 이 용할 수 있는 뉴럴 네트워크는 이것에 한정하는 것은 아니며, 임의의 층수의 중간층을 갖는 구성을 채용 가능하다. 또, 도 3에 나타내는 각 층의 노드(도 3에 있어서 「○」으로 나타내는 부분)의 개수는 단순한 예시이며, 본 발명의 학습 모델로서 이용할 수 있는 뉴럴 네트워크에 있어서의 노드의 개수는 도시한 것에 한정하지 않는다.

[0087] 학습 모델(25)은, 입력 데이터로서 화상화부(24)에서 작성한 화상 데이터(구체적으로는, 각 화소 영역(A_{ij})의 평균 농도치(I_{ave})(A_{ij}))가 입력층에 입력되었을 경우에, 기관 처리 장치(10)에 있어서의 예칭의 종점 전후 중 어느 쪽인지를 출력층으로부터 출력하도록(출력치(OUT)를 출력하도록), 기계 학습에 의해 생성된 구성이다.

[0088] 구체적으로는, 학습 모델(25)의 학습 시에는, 교사 데이터의 입력으로서, 예칭의 종점 전에 취득한 프로세스 로그 데이터로부터 작성된 입력 데이터(화상 데이터)를 부여한다. 또, 상기 입력과 조합되는 교사 데이터의 출력으로서, 예칭의 종점 전인 것(제1 실시 형태에서는, OUT=0)을 부여한다. 그리고, 상기 입력을 입력층에 입력했을 경우에, 출력층으로부터 OUT=0이 출력되도록, 기계 학습을 행한다.

[0089] 또, 교사 데이터의 입력으로서, 예칭의 종점 후에 취득한 프로세스 로그 데이터로부터 작성된 입력 데이터(화상 데이터)를 부여한다. 또, 상기 입력과 조합되는 교사 데이터의 출력으로서, 예칭의 종점 후인 것(제1 실시 형태에서는, OUT=1)을 부여한다. 그리고, 상기 입력을 입력층에 입력했을 경우에, 출력층으로부터 OUT=1이 출력되도록, 기계 학습을 행한다.

[0090] 전술과 같이, 제1 학습 모델(25a)과 제2 학습 모델(25b)에서는, 서로 상이한 교사 데이터를 이용하지만, 기계 학습의 방법은 같다. 구체적으로는, 도 4 (a)에 나타내는 바와 같이, 제1 학습 모델(25a)용의 교사 데이터(D1)를 준비하고, 이 교사 데이터(D1)를 이용하여 제1 학습 모델(25a)을 학습시킨다. 또, 교사 데이터(D1)와 상이한 제2 학습 모델(25b)용의 교사 데이터(D2)를 준비하고, 이 교사 데이터(D2)를 이용하여 제2 학습 모델(25b)을 학습시킨다.

[0091] 또한, 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)은, 한번의 기계 학습을 행함으로써 생성된 것에 한정되지 않는다. 필요에 따라, 새로운 교사 데이터를 이용하여 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)의 재학습을 행하거나, 종래의 교사 데이터에 새로운 교사 데이터를 추가하여 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)의 재학습을 행하는 것도 가능하다. 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)의 재학습을 행할지 여부는, 예를 들

면, 도 1 (c)에 나타내는 바와 같이, 제조 프로세스 판정 장치(20)를 구성하는 컴퓨터의 모니터 화면에, 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)의 재학습을 행하기 위한 실행 버튼(20c)을 각각 표시시키면 된다. 그리고, 각 실행 버튼(20c)을 키보드나 마우스를 사용하여 클릭하거나, 모니터가 터치 패널식의 경우에는 손가락으로 각 실행 버튼(20c)에 닿음으로써, 각 실행 버튼(20c)에 대응하는 학습 모델(25)의 재학습이 실행되도록 구성하면 된다.

[0092] 또한, 기판 처리 장치(10)가 분광기를 구비하는 경우에는, 그 분광기를 이용하여 교사 데이터를 취득하면 된다. 구체적으로는, 교사 데이터로서 이용하는 입력 데이터의 바탕이 되는 프로세스 로그 데이터가 예정의 종점 전에 취득한 것인지, 혹은, 예정의 종점 후에 취득한 것인지는, 분광기로 소정의 파장을 갖는 광의 강도를 측정함으로써 판정하면 된다. 즉, 분광기를 이용하여 예정의 종점을 검출하고, 이 분광기로 검출한 예정의 종점을 진실로서, 프로세스 로그 데이터가 그 진정한 종점보다 전에 취득한 것인지, 혹은, 진정한 종점보다 후에 취득한 것인지를 판정하여, 교사 데이터로 하면 된다.

[0093] 또, 기판 처리 장치(10)가 분광기를 구비하지 않는 경우에는, 분광기를 구비한 다른 기판 처리 장치를 이용하여 교사 데이터를 취득하면 된다. 즉, 분광기를 구비한 다른 기판 처리 장치를 이용한 기계 학습에 의해 학습 모델(25)을 생성하고, 이 학습 모델(25)을 제1 실시 형태의 기판 처리 장치(10)에 적용하는 제조 프로세스 판정 장치(20)에 이용하는 것도 가능하다.

[0094] 또, 기판 처리 장치(10)가 예정 처리를 실행하는 복수의 챔버(1)를 구비하고, 챔버(1)마다 제조 프로세스 판정 장치(20)가 적용되고, 일부의 챔버(1)밖에 분광기를 구비하지 않는 경우에는, 분광기를 구비한 다른 챔버(1)를 이용하여 교사 데이터를 취득하면 된다. 즉, 분광기를 구비한 다른 챔버(1)를 이용한 기계 학습에 의해 학습 모델(25)을 생성하고, 이 학습 모델(25)을 분광기를 구비하지 않는 챔버(1)용의 제조 프로세스 판정 장치(20)에 이용하는 것도 가능하다. 이 형태는, 복수의 챔버(1)에 있어서, 동종의 레시피로 예정 처리를 병행하여 실행하는 경우에 특히 유효하다.

[0095] 또한, 반드시 분광기를 이용하여 교사 데이터를 취득하는 경우에 한정하는 것은 아니다. 예를 들면, 교사 데이터를 취득할 때에 예정 중의 기판(W)의 표면을 관찰하고, 예정의 종점 전후에 따른 기판(W) 표면의 색의 차이로부터, 프로세스 로그 데이터가 예정의 종점 전후 중 어느 쪽인지를 판정하여 교사 데이터를 취득하는 것도 생각할 수 있다.

[0096] 상기와 같이 하여 학습한 후의 학습 모델(25)에 의해, 순차적으로 입력되는 입력 데이터에 의거하여 예정의 종점을 판정(검출)하는 판정 시에는, 학습 모델(25)의 입력층에 입력 데이터(화상 데이터)가 순차적으로 입력되어, 학습 모델(25)의 출력층으로부터 출력치(OUT)가 출력된다. 학습 시와 달리, 판정 시의 출력치(OUT)의 값은, $0 \leq \text{OUT} \leq 1$ 이 된다.

[0097] 구체적으로는, 도 4 (b)에 나타내는 바와 같이, 판정부(22)가, 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b) 중 어느 학습 모델(25)을 이용하여 판정을 행할지를 전환한다. 제1 학습 모델(25a)이 선택되었을 경우에는, 제1 학습 모델(25a)의 입력층에 입력 데이터가 순차적으로 입력되어 판정이 행해진다. 제2 학습 모델(25b)이 선택되었을 경우에는, 제2 학습 모델(25b)의 입력층에 입력 데이터가 순차적으로 입력되어 판정이 행해진다.

[0098] 또한, 도 1 (b)에 나타내는 예에서는, 제1 학습 모델(25a)이 선택되어 있기 때문에, 제1 학습 모델(25a)의 입력층에 입력 데이터(화상 데이터)가 순차적으로 입력되어, 제1 학습 모델(25a)의 출력층으로부터 출력치(OUT)가 출력되게 된다. 제2 학습 모델(25b)이 선택되어 있는 경우에는, 제2 학습 모델(25b)의 입력층에 입력 데이터(화상 데이터)가 순차적으로 입력되어, 제2 학습 모델(25b)의 출력층으로부터 출력치(OUT)가 출력되게 된다.

[0099] 제1 실시 형태의 판정부(22)는, $0 \leq \text{OUT} < 0.5$ 일 때(소수점 1자릿수에서 반올림하여 0이 될 때)에는, 예정의 종점 전이라고 판정하고, $0.5 \leq \text{OUT} \leq 1$ 일 때(소수점 1자릿수에서 반올림하여 1이 될 때)에는, 예정의 종점 후라고 판정하도록 구성되어 있다. 환언하면, 제1 실시 형태의 판정부(22)는, 출력치(OUT)를 소정의 역치(상기의 예에서는, 역치=0.5)와 비교하여, 출력치(OUT)가 역치보다 작으면, 예정의 종점 전이라고 판정하고, 출력치(OUT)가 역치 이상이면, 예정의 종점 후라고 판정하도록 구성되어 있다.

[0100] 이상으로 설명한 구성을 갖는 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의해, 기판 처리 장치(10)에 있어서 기판(W)에 실시하는 예정의 종점이 순차적으로 판정(검출)된다.

[0101] 또한, 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b) 중 어느 학습 모델(25)을 이용하여 판정을 행할지의 전환은, 예를 들면, 이하와 같이 하여 자동적으로 행하는 것이 가능하다. 즉, 교사 데이터와 동일하게 하여 취득한 판정 정밀도 평가용 데이터(학습 모델(25)로의 기지의 입출력의 조합)를 미리 판정부(22)에 기억해 둔다.

다음에, 판정부(22)가 이 판정 정밀도 평가용 데이터를 이용하여, 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)의 판정 정밀도를 각각 평가한다. 그리고, 판정부(22)가, 판정 정밀도가 높았던 쪽의 학습 모델(25)을 이용하여, 그 후의 판정을 행하도록 구성하면 된다. 각 학습 모델(25)의 판정 정밀도를 평가하는 타이밍은, 시간 등에 의해 미리 설정해도 되고, 수동으로 지시(예를 들면, 제조 프로세스 판정 장치(20)가 구비하는 키보드나 마우스나 터치 패널 등으로 평가 개시를 지시)해도 된다.

[0102] 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b) 중 어느 학습 모델(25)을 이용하여 판정을 행할지의 전환을 판정부(22)에 수동으로 지시하는 경우에는, 예를 들면, 상기와 동일한 판정 정밀도 평가용 데이터를 이용하고(단, 이 경우에는, 판정부(22)에 판정 정밀도 평가용 데이터를 기억해 둘 필요는 없다), 수동으로 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)의 판정 정밀도를 각각 평가하여, 판정 정밀도가 높았던 쪽의 학습 모델(25)로의 전환을 수동으로 지시하면 된다.

[0103] 제1 실시 형태에서는, 제조 프로세스 판정 장치(20)를 구성하는 컴퓨터의 모니터 화면에, 판정에 이용하는 학습 모델(25)이 표시되도록 구성되어 있다. 구체적으로는, 판정부(22)로의 학습 모델(25)의 전환 지시를 수동으로 행하는 경우에는, 예를 들면, 도 1 (c)에 나타내는 바와 같이, 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)의 선택 버튼(20b)이 각각 모니터에 표시된다. 그리고, 키보드나 마우스를 사용하여 어느 하나의 선택 버튼(20b)을 선택하거나, 모니터가 터치 패널식의 경우에는 손가락으로 어느 하나의 선택 버튼(20b)을 선택함으로써, 선택된 학습 모델(25)이 다른 학습 모델(25)과 식별 가능하게 표시되는 양태를 채용 가능하다. 예를 들면, 도 1 (c)에 나타내는 예에서는, 선택된 학습 모델(25)(제1 학습 모델(25a))의 표시란(20a)이 모니터에 점등 표시되어 있다. 점등 표시에 한정하지 않고, 점멸 표시나 컬러 표시 등, 선택된 학습 모델(25)을 식별 가능한 한, 여러 가지의 양태를 채용 가능하다.

[0104] 또, 판정부(22)가 학습 모델(25)의 전환을 자동적으로 행하는 경우에는, 예를 들면, 도 1 (c)에 나타내는 예와 동일하게(단, 이 경우는, 선택 버튼(20b)은 불요), 모든 학습 모델(25)의 표시란(20a) 중, 선택된 학습 모델(25)(제1 학습 모델(25a) 또는 제2 학습 모델(25b))의 표시란(20a)을 모니터에 점등 표시 등 함으로써, 다른 학습 모델(25)과 식별 가능하게 하는 양태를 채용 가능하다. 혹은, 선택된 학습 모델(25)의 표시란(20a)만을 모니터에 표시(선택되지 않은 학습 모델(25)의 표시란(20a)은 비(非)표시)하는 것도 가능하다.

[0105] 상기와 같이, 판정에 이용하는 학습 모델(25)이 표시되는 구성으로 함으로써, 예를 들면, 판정 결과를 해석할 때(예를 들면, 판정 정밀도가 저하한 원인을 조사할 때) 등에 유효하다. 특히, 판정부(22)가 학습 모델(25)의 전환을 자동적으로 행하는 경우에는, 판정에 이용하는 학습 모델(25)이 표시되지 않으면, 어느 학습 모델(25)을 이용하여 판정했는지가 언뜻 본 것만으로는 알 수 없는 블랙박스의 상태가 되기 때문에, 상기와 같이 표시되는 구성으로 하는 것이 유효하다.

[0106] 또, 판정 결과를 해석하는데 있어서, 판정에 이용한 학습 모델(25)과, 이 판정에 이용한 학습 모델(25)에 적용한 프로세스 로그 데이터(교사 데이터도 포함한다)나 판정 결과를 서로 관련지어, 예를 들면, 하드 디스크(27)에 기억시키는 것도 유효하다.

[0107] 또한, 도 1 (b)에 나타내는 제조 프로세스 판정 장치(20)에서는, 판정부(22)가 2개의 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)을 구비하고, 예를 들면 판정 정밀도의 평가 결과에 의거하여 어느 한쪽의 학습 모델(25)로 전환하고, 이 전환한 어느 한쪽의 학습 모델(25)만을 이용하여 판정을 행하는 것을 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다.

[0108] 도 5는, 제조 프로세스 판정 장치의 변형예를 나타내는 도면이다. 도 5 (a)는, 변형예에 따른 제조 프로세스 판정 장치의 개략 구성을 나타내는 블록도이다. 도 5 (b)는, 변형예에 따른 제조 프로세스 판정 장치를 구성하는 컴퓨터의 모니터 화면의 표시예를 모식적으로 나타내는 도면이다.

[0109] 도 5 (a)에 나타내는 변형예에 따른 제조 프로세스 판정 장치(20A)도, 도 1 (b)에 나타내는 제조 프로세스 판정 장치(20)와 동일하게, 프로세스 로그 취득부(21)와, 판정부(22A)를 구비하고, 예를 들면, 컴퓨터로 구성되어 있다. 프로세스 로그 취득부(21)의 구성은, 도 1 (b)에 나타내는 제조 프로세스 판정 장치(20)와 동일하기 때문에, 설명을 생략한다.

[0110] 도 5 (a)에 나타내는 판정부(22A)도, 도 1 (b)에 나타내는 판정부(22)와 동일하게, 정규화부(23)와, 화상화부(24)와, 복수 개의 학습 모델(25)을 구비한다. 단, 판정부(22A)는, 복수 개의 학습 모델(25)로서, 3개 이상의 훌수 개의 학습 모델(25)(도 5 (a)에 나타내는 예에서는, 3개의 제1 학습 모델(25a), 제2 학습 모델(25b), 제3 학습 모델(25c))을 구비하는 점이 판정부(22)와 상이하다. 또, 판정부(22A)는, 다수결 결정부(26)를 구비하는

점이 판정부(22)와 상이하다. 이들 정규화부(23), 화상화부(24), 학습 모델(25) 및 다수결 결정부(26)는, 예를 들면, 컴퓨터가 구비하는 ROM, RAM 등의 메모리나, 당해 메모리에 기억되어, 각 부(23~26)로서의 동작을 CPU에 실행시키는 프로그램에 의해 구성된다. 프로그램은, 제조 프로세스 판정 장치(20A)가 구비하는 외장형의 기억 매체인 하드 디스크(27)에 기억되고, 하드 디스크(27)로부터 RAM에 읽어들이는 양태이어도 된다. 정규화부(23) 및 화상화부(24)의 구성은, 도 1 (b)에 나타내는 제조 프로세스 판정 장치(20)와 동일하기 때문에, 설명을 생략한다.

[0111] 변형예에 따른 제조 프로세스 판정 장치(20A)의 판정부(22A)는, 제1 학습 모델(25a), 제2 학습 모델(25b) 및 제3 학습 모델(25c) 전부를 이용하여 판정을 행하도록 구성되어 있다. 따라서, 예를 들면, 도 5 (b)에 나타내는 바와 같이, 선택된 학습 모델(25)(제1 학습 모델(25a)~제3 학습 모델(25c))의 모든 표시란(20a)이 모니터에 점등 표시되어 있다. 구체적으로는, 제1 학습 모델(25a)~제3 학습 모델(25c) 전부로부터 출력치(OUT)가 출력되어, 다수결 결정부(26)에 입력된다.

[0112] 그리고, 다수결 결정부(26)는, 제1 학습 모델(25a)~제3 학습 모델(25c)의 판정 결과의 다수결을 최종적인 판정 결과로서 출력한다. 예를 들면, 제1 학습 모델(25a)의 출력치(OUT)가 $0 \leq OUT < 0.5$ (예칭의 종점 전이라고 판정)이고, 제2 학습 모델(25b)의 출력치(OUT)가 $0 \leq OUT < 0.5$ (예칭의 종점 전이라고 판정)이며, 제3 학습 모델(25c)의 출력치(OUT)가 $0.5 \leq OUT \leq 1$ (예칭의 종점 후라고 판정)인 경우에는, 다수결 결정부(26)로부터, 최종적인 판정 결과로서, 예칭의 종점 전인 것이 출력되게 된다.

[0113] 도 5에 나타내는 예에서는, 제1 학습 모델(25a)~제3 학습 모델(25c)의 3개의 학습 모델(25) 전부를 이용하여 판정을 행하고 있지만, 이것에 한정하는 것은 아니다. 예를 들면, 학습 모델(25)이 5개 존재하는 경우에, 그 중의 3개의 학습 모델(25)을 이용하여 판정을 행하도록, 일부의 학습 모델(25)을 선택하고 이용하여 판정을 행하는 양태를 채용하는 것도 가능하다.

[0114] 또, 다수결 결정부(26)를 이용하여 최종적인 판정 결과를 출력하는 경우와, 도 1 (b)에 나타내는 제조 프로세스 판정 장치(20)와 동일하게, 다수결 결정부(26)를 이용하지 않고 어느 하나의 학습 모델(25)을 이용하여 판정 결과를 출력하는 경우를, 전환 가능하게 하는 양태를 채용하는 것도 가능하다.

[0115] 이하, 제1 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템(100)의 기판 처리 장치(10)에 의해 기판(W)을 예칭하고, 제조 프로세스 판정 장치(20)의 제1 학습 모델(25a)(기판 처리 장치(10)의 출하 전에 얻어진 교사 데이터만을 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델(25))에 의해 예칭의 종점을 판정(검출)하는 시험을 행한 결과의 일례에 대해 설명한다.

[0116] 상기 시험에서는, 우선, 19장의 기판(W)(Si 기판)을 SF_6 가스를 이용하여 예칭하고, 각 기판(W)의 예칭 시간(기판(W)의 예칭 개시로부터 예칭 종료를 거쳐 오버 예칭이 종료할 때까지의 약 50초간)에 있어서 1초의 샘플링 주기마다 제1 학습 모델(25a)로의 입력 데이터(화상 데이터)를 작성했다. 각 샘플링 주기의 입력 데이터가, 예칭의 종점 전에 취득한 프로세스 로그 데이터로부터 작성된 입력 데이터인지, 예칭의 종점 후에 취득한 프로세스 로그 데이터로부터 작성된 입력 데이터인지에 대해서는, 상기 시험에서 이용한 기판 처리 장치(10)에는 분광기가 설치되어 있기 때문에, 이 분광기로 측정한 SiF 의 발광 파장을 갖는 광의 강도가 기준치 이하인지 여부에 의해 판정했다. 이상과 같이 하여 채취한 교사 데이터를 이용하여, 제1 학습 모델(25a)을 기계 학습시켰다. 학습 후의 제1 학습 모델(25a)에 같은 교사 데이터의 입력 데이터를 입력하여 예칭의 종점 전후 중 어느 쪽인지를 판정한 결과, 판정 정밀도로서의 정답률(정답한 회수/판정 회수 $\times 100$)은 99.89%였다. 또한, 제1 학습 모델(25a)에서의 1회의 판정에 필요로 하는 시간은, 오버 예칭의 시간보다 충분히 짧았기 때문에, 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의해 예칭의 종점을 검출(예칭의 종점 후라고 판정)하고 나서 예칭을 종료해도 아무런 지장은 발생하지 않는다고 할 수 있다.

[0117] 다음에, 상기 시험에서는, 같은 레시피로 별도의 6장(No. 1-1~No. 1-6)의 기판(W)(Si 기판)을 SF_6 가스를 이용하여 예칭하고, 각 기판(W)의 예칭 시간에 있어서 1초의 샘플링 주기마다 제1 학습 모델(25a)로의 입력 데이터(화상 데이터)를 작성했다. 그리고 작성한 입력 데이터를 상기 학습 후의 제1 학습 모델(25a)에 입력하여 예칭의 종점 전후 중 어느 쪽인지를 판정했다. 이 때, 전술의 학습 시와 동일하게, 기판 처리 장치(10)에 설치된 분광기를 이용하여, 각 샘플링 주기의 입력 데이터가, 예칭의 종점 전의 것인지, 예칭의 종점 후의 것인지를 판정했다.

[0118] 도 6은, 상기 시험의 결과를 나타낸다. 도 6에 나타내는 「0」은, 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의해 예칭의 종점 전이라고 판정한 것이며, 「1」은, 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의해 예칭의 종점 후라고 판정한 것이

다. 도 6에 있어서, 해칭을 하고, 굵은 선으로 둘러싼 란은, 분광기를 이용하여 에칭의 종점 후라고 판정한 것이다.

[0119] 도 6에 나타내는 바와 같이, 분광기를 이용한 판정과 상이한 판정을 한 것은, No.1-3의 기판(W)의 38초 시점에 있어서의 판정과, No.1-5의 기판(W)의 38초 시점에 있어서의 판정뿐이며, 판정 정밀도로서의 정답률은 99.35%($=306/308 \times 100$)였다. 따라서, 제1 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템(100)의 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의하면, 기판(W)의 에칭의 종점을 정밀도 좋게 검출 가능하다고 할 수 있다.

[0120] <제2 실시 형태>

[0121] 도 7은, 제2 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템의 개략 구성을 모식적으로 나타내는 도면이다. 또한, 도 7에 있어서도, 전술의 도 1 (a)와 동일하게, 측정하는 파라미터를 파선의 직사각형으로 둘러싸서 도시하고 있다. 도 7에서는, 전술의 도 1 (b)에 상당하는 구성의 도시를 생략하고 있다.

[0122] 도 7에 나타내는 바와 같이, 제2 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템(200)은, 기판 처리 장치(10A)와, 제조 프로세스 판정 장치(20)를 구비하고 있다.

[0123] 이하, 주로 제1 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템(100)과 상이한 점에 대해 설명하고, 제1 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템(100)과 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 부호를 붙이고 설명을 생략한다.

[0124] 제2 실시 형태의 기판 처리 장치(10A)는, 챔버(1)와, 챔버(1) 내에 배치된 재치대(2)를 구비하고, 재치대(2)에 배치된 기판(W)에 플라즈마 처리를 실시하는 장치이다. 보다 구체적으로는, 제2 실시 형태의 기판 처리 장치(10A)는, 플라즈마 처리로서 기판(W) 상에 막을 형성하는 용량 결합 플라즈마(CCP) 방식의 플라즈마 성막 장치이다.

[0125] 이 때문에, 제1 실시 형태의 기판 처리 장치(10)와 달리, 코일(3)(도 1 (a) 참조)을 대신하여, 챔버(1) 내에 재치대(2)와 평행하게 대향 배치된 상부 전극(18)을 구비하고 있다.

[0126] 기판 처리 장치(10A)에 있어서는, 성막 처리를 실시한 기판(W)을 챔버(1) 밖으로 반송한 후, 성막 처리에 의해 챔버(1) 내에 부착된 막 조성물을 클리닝에 의해 제거하고 있다. 구체적으로는, 플라즈마를 이용한 에칭에 의해, 챔버(1) 내에 부착된 막 조성물을 제거하고 있다. 이 클리닝 시에 실행하는 에칭에 대해서도, 플라즈마를 생성하는 처리 가스의 과잉 공급을 방지하기 위해, 에칭의 종점(클리닝의 종점)을 판정(검출)하는 것이 중요하다.

[0127] 기판 처리 장치(10A)의 챔버(1) 내에는, 가스 공급원(도시하지 않음)으로부터 플라즈마를 생성하기 위한 처리 가스가 공급된다. 도 7에서는, 가스 No.1~가스 No.6까지의 6종류의 처리 가스를 공급 가능하게 한 구성이 도시되어 있다. 그러나, 성막 처리를 실행할 때나, 성막 처리 후에 챔버(1) 내에 부착된 막 조성물을 클리닝할 때에, 6종류의 처리 가스 전부를 사용하는 경우에 한정하는 것이 아니며, 어느 1종류 이상의 처리 가스를 이용하여 성막 처리나, 클리닝을 행하는 것이 가능하다.

[0128] 상부 전극(18)에는, 상부 고주파 전원(4)으로부터 상부 매칭 유닛(5)을 통해 고주파 전력(상부 고주파 전력)이 인가된다. 또, 재치대(2)에는, 하부 고주파 전원(6)으로부터 하부 매칭 유닛(7)을 통해 고주파 전력(하부 고주파 전력)이 인가된다. 이에 의해, 챔버(1) 내에 공급된 처리 가스가 플라즈마화되고, 생성된 플라즈마가 재치대(2)를 향하여 이동함으로써, 재치대(2)에 배치된 기판(W) 상에 막이 형성된다. 성막 처리 후에 막 조성물을 클리닝할 때에는, 생성된 플라즈마가 챔버(1)의 내면을 향하여 이동함으로써, 챔버(1) 내에 부착된 막 조성물이 에칭에 의해 제거된다.

[0129] 제2 실시 형태의 기판 처리 장치(10A)는, 제1 실시 형태의 기판 처리 장치(10)와 달리, 칠러(8), 압력·유량계(9), 제1 펌프(터보 분자 펌프)(14) 및 진공계(16)를 구비하고 있지 않다.

[0130] 제2 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템(200)에서는, 공급하는 각 처리 가스의 유량이, 가스 공급원으로부터 챔버(1)까지의 유로에 설치된 매스 플로우 컨트롤러(11)에 의해 측정된다. 또, 챔버(1)의 벽면의 적절한 개소에 설치된 히터(도시하지 않음)의 온도(도 7에 나타내는 온도 No.2-1~No.2-3)가, 열전대 등의 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다. 또한, 챔버(1) 내의 압력이, 진공계(12)에 의해 측정된다.

[0131] 또, 상부 고주파 전원(4)이 인가하는 상부 고주파 전력과, 상부 매칭 유닛(5)의 정합 위치(상부 매칭 유닛(5)이 구비하는 가변 콘덴서나 가변 코일 등의 상수)가, 각각 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다.

[0132] 또, 하부 고주파 전원(6)이 인가하는 하부 고주파 전력과, 하부 매칭 유닛(7)의 정합 위치(하부 매칭 유닛(7)이

구비하는 가변 콘텐서나 가변 코일 등의 상수)가, 각각 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다.

[0133] 또한, 자동 압력 제어 장치(13)의 온도(도 7에 나타내는 온도 No.2-5)와, 배기관(17)의 적절한 개소에 설치된 히터(도시하지 않음)의 온도(도 7에 나타내는 온도 No.2-4, No.2-6, No.2-7)가, 열전대 등의 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다. 또, 자동 압력 제어 장치(13)의 APC 개도가, 엔코더 등의 공지의 측정기(도시하지 않음)에 의해 측정된다.

[0134] 제2 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템(200)이 구비하는 제조 프로세스 판정 장치(20)는, 제1 실시 형태와 동일한 구성을 갖고, 도 7을 참조하여 전술한 각 측정치를 측정하는 측정기(예를 들면, 매스 플로우 컨트롤러(11))와 유선 또는 무선으로 전기적으로 접속되어 있다. 제조 프로세스 판정 장치(20)는, 각 측정기로부터 순차적으로 입력된 측정 데이터를 소정의 샘플링 주기(예를 들면, 1초)로 취득하고, 이들 취득된 각 측정치 및 각 측정치에 대응하는 각 설정치가, 프로세스 로그 데이터로서 에칭의 종점 검출에 이용된다. 제2 실시 형태에서 이용하는 프로세스 로그 데이터에도, 기판 처리 장치(10A) 밖에서의 기판(W)의 위치에 관련된 측정치나 설정치는 포함되지 않는다.

[0135] 제2 실시 형태에서는, 도 7에 나타내는 모든 측정치를 프로세스 로그 데이터로서 판정에 이용하고 있지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다. 단, 적어도, APC 개도와, 상부 매칭 유닛(5) 및/또는 하부 매칭 유닛(7)의 정합 위치를 이용하는 것이 바람직하다.

[0136] 제2 실시 형태의 제조 프로세스 판정 장치(20)가 판정(검출)하는 에칭의 종점은, 제1 실시 형태와 달리, 기판(W) 상에 막을 형성한 후, 챔버(1) 내에 부착된 막 조성물을 제거하기 위해 실행하는 에칭의 종점이다.

[0137] 또한, 제2 실시 형태에 있어서도, 제1 실시 형태와 동일하게, 도 5에 나타내는 변형예에 따른 제조 프로세스 판정 장치(20A)를 채용하는 것이 가능하다.

[0138] 이하, 제2 실시 형태에 따른 기판 처리 시스템(200)의 기판 처리 장치(10A)에 의해 기판(W) 상에 막을 형성한 후, 챔버(1) 내에 부착된 막 조성물을 제거하기 위해 실행하는 에칭(클리닝) 시, 제조 프로세스 판정 장치(20)의 제1 학습 모델(25a)(기판 처리 장치(10A)의 출하 전에 얻어진 교사 데이터만을 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성된 학습 모델(25))에 의해 에칭의 종점을 판정(검출)하는 시험을 행한 결과의 일례에 대해 설명한다.

[0139] 상기 시험에서는, 우선, C₄F₈ 가스를 이용하여 챔버(1) 내를 13회 클리닝하고, 각 클리닝의 에칭 시간(챔버(1) 내에 부착된 막 조성물의 에칭 개시로부터 에칭 종료를 거쳐 오버 에칭이 종료할 때까지의 약 150초간)에 있어서 1초의 샘플링 주기마다 제1 학습 모델(25a)로의 입력 데이터(화상 데이터)를 작성했다. 각 샘플링 주기의 입력 데이터가, 에칭의 종점 전에 취득한 프로세스 로그 데이터로부터 작성된 입력 데이터인지, 에칭의 종점 후에 취득한 프로세스 로그 데이터로부터 작성된 입력 데이터인지에 대해서는, 상기 시험에서 이용한 기판 처리 장치(10A)에는 분광기가 설치되어 있기 때문에, 이 분광기로 측정한 F의 발광 광장을 갖는 광의 강도가 기준치 이상인지 여부에 의해 판정했다. 이상과 같이 하여 채취한 교사 데이터를 이용하여, 제1 학습 모델(25a)을 기계 학습시켰다. 학습 후의 제1 학습 모델(25a)에 같은 교사 데이터의 입력 데이터를 입력하여 판정을 행한 결과, 판정 정밀도로서의 정답률은 99.39%였다. 또한, 제1 학습 모델(25a)에서의 1회의 판정에 필요로 하는 시간은, 오버 에칭의 시간보다 충분히 짧았기 때문에, 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의해 에칭의 종점을 검출(에칭의 종점 후라고 판정)하고 나서 에칭을 종료해도 아무런 지장은 발생하지 않는다고 할 수 있다.

[0140] 다음에, 상기 시험에서는, 같은 레시피로 별도의 타이밍의 5회(No.2-1~No.2-5) C₄F₈ 가스를 이용하여 챔버(1) 내를 클리닝하고, 각 클리닝의 에칭 시간에 있어서 1초의 샘플링 주기마다 제1 학습 모델(25a)로의 입력 데이터(화상 데이터)를 작성했다. 그리고, 제작한 입력 데이터를 상기 학습 후의 제1 학습 모델(25a)에 입력하여 에칭의 종점 전후 중 어느 쪽인지를 판정했다. 이 때, 전술의 학습 시와 동일하게, 기판 처리 장치(10A)에 설치된 분광기를 이용하여, 각 샘플링 주기의 입력 데이터가, 에칭의 종점 전의 것인지, 에칭의 종점 후의 것인지를 판정했다.

[0141] 도 8은, 상기 시험의 결과를 나타낸다. 도 8에 나타내는 「0」은, 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의해 에칭의 종점 전이라고 판정한 것이며, 「1」은, 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의해 에칭의 종점 후라고 판정한 것이다. 도 8에 있어서, 사선의 헤칭을 하고, 굵은 선으로 둘러싼 란은, 분광기를 이용하여 에칭의 종점 후라고 판정한 것이다.

[0142] 도 8에 나타내는 바와 같이, 분광기를 이용한 판정과 상이한 판정을 한 것은, No.2-1의 클리닝의 35~39초 시점에 있어서의 판정과, No.2-3의 클리닝의 3초 시점에 있어서의 판정과, No.2-5의 클리닝의 44초 시점에 있어서의

판정뿐이며, 판정 정밀도로서의 정답률은 $99.1\% (=743/750 \times 100)$ 였다. 따라서, 제2 실시 형태에 따른 기관 처리 시스템(200)의 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의하면, 챔버(1) 내에 부착된 막 조성물의 예칭(클리닝)의 종점 을 정밀도 좋게 검출 가능하다고 할 수 있다.

[0143] 또한, 이상으로 설명한 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태에서는, 판정부(22)가 정규화부(23)를 구비하는 구성을 예로 들어 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다. 판정부(22)가 정규화부(23)를 구비하지 않고, 프로세스 로그 취득부(21)에 의해 취득한 프로세스 로그 데이터를 정규화하지 않고, 그대로 이용하여 입력 데이터를 작성하는 것도 가능하다.

[0144] 또, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태에서는, 판정부(22)가 화상화부(24)를 구비하는 구성을 예로 들어 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다. 판정부(22)가 화상화부(24)를 구비하지 않고, 프로세스 로그 취득부(21)에 의해 취득한 프로세스 로그 데이터를 그대로 또는 정규화한 후, 화상화하지 않고 학습 모델(25)로의 입력 데이터로서 이용하는 것도 가능하다.

[0145] 구체적으로는, 화상화하지 않는 경우, 예를 들면, 도 3에 나타내는 학습 모델(25)의 입력층에, 도 2에 나타내는 프로세스 로그 데이터(X_{ij}) ($i=1\sim N$, $j=1\sim M$) 또는 정규화 후의 프로세스 로그 데이터(Y_{ij}) ($i=1\sim N$, $j=1\sim M$)가 입력되게 된다.

[0146] 또, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태에서는, 학습 시에도 판정 시에도 학습 모델(25)로의 입력 데이터로서, 소정의 샘플링 주기(예를 들면, 1초)로 작성한 입력 데이터(화상 데이터)를 이용하는 구성을 예로 들어 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다. 예를 들면, 소정의 샘플링 주기로 취득한 프로세스 로그 데이터의 소정 시간 내(복수의 샘플링 주기에 상당하는 시간 내)에서의 변화를 나타낸 그래프를 화상화하고, 이 화상 데이터를 학습 모델(25)로의 입력 데이터로서 이용하는 것도 가능하다. 상기의 화상 데이터 중 어느 하나에는, 예칭의 종점 전후에 걸친 프로세스 로그 데이터로부터 작성된 그래프가 포함되게 된다.

[0147] 또, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태에서는, 제1 학습 모델(25a)이, 기관 처리 장치(10, 10A)의 출하 전에 얻어진 교사 데이터만을 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성되고, 제2 학습 모델(25b)이, 기관 처리 장치(10, 10A)의 출하 전과 출하 후에 얻어진 교사 데이터를 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성되어 있는 구성을 예로 들어 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다. 예를 들면, 제2 학습 모델(25b)이, 기관 처리 장치(10, 10A)의 출하 후에 얻어진 교사 데이터만을 이용한 기계 학습을 행함으로써 생성되어 있어도 된다. 또, 출하 전후의 교사 데이터를 이용하는 것에 한정하는 것은 아니며, 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)이 서로 상이한 교사 데이터를 이용하여 생성되어 있으면 된다.

[0148] 또, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태에서는, 기관 처리 장치(10, 10A)가 예칭 처리를 실행하는 단일의 챔버(1)를 구비하고, 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)을 1쌍 구비하는 구성을 예로 들어 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다. 예를 들면, 기관 처리 장치(10, 10A)가 복수의 챔버(1)를 구비하고, 챔버(1)마다 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 경우에는, 챔버(1)마다 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)을 구비하고, 이들을 전환하여 이용하는 구성을 채용하는 것이 가능하다. 또, 레시피마다 제조 프로세스에 관련된 판정을 행하는 경우에는, 레시피마다 제1 학습 모델(25a) 및 제2 학습 모델(25b)을 구비하고, 이들을 전환하여 이용하는 구성을 채용하는 것이 가능하다. 변형예에 따른 제조 프로세스 판정 장치(20A)와 같이, 제1 학습 모델(25a)~제3 학습 모델(25c)을 구비하는 경우도 마찬가지이다.

[0149] 또, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태에서는, 출력이 예칭의 종점 전인 것(OUT=0) 및 예칭의 종점 후인 것(OUT=1)의 쌍방의 교사 데이터를 이용하여 학습 모델(25)의 기계 학습을 행하는 것을 예로 들어 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다. 예를 들면, 출력이 예칭의 종점 전인 것(OUT=0)의 교사 데이터만을 이용하고, 또는, 출력이 예칭의 종점 후인 것(OUT=1)의 교사 데이터만을 이용하여 학습 모델(25)의 기계 학습을 행하는 것도 가능하다.

[0150] 또, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태에서는, 교사 데이터의 출력이 이산치(離散值)(OUT=0 또는 1)인 경우, 환언하면, 학습 모델(25)이 분류 모델(분류기)인 경우를 예로 들어 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다. 예를 들면, 판정 대상이 예칭 짚이의 예측치 등의 연속치인 경우에는, 출력이 연속치(예를 들면, 0~1의 범위로 정규화한 값)인 교사 데이터를 이용하여 학습 모델(25)의 기계 학습을 행하는(즉, 회귀 모델인 학습 모델(25)을 생성하는) 것도 가능하다.

[0151] 또한, 제2 실시 형태에서는, 다수결 결정부(26)가 제1 학습 모델(25a)~제3 학습 모델(25c)의 판정 결과의 다수결을 최종적인 판정 결과로서 출력하는 경우를 예로 들어 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다.

예를 들면, 상기와 동일하게, 판정 대상이 예칭 깊이의 예측치 등의 연속치인 경우에는, 다수결 결정부(26)를 대신하여 평균치 산출부를 설치하고, 이 평균치 산출부가, 연속치를 출력하도록 구성된 제1 학습 모델(25a)~제3 학습 모델(25c)의 출력의 평균치를 산출하고, 산출한 평균치를 최종적인 판정 결과로서 출력하는 양태를 채용하는 것도 가능하다.

[0152] 또, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태의 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의하면, 제조 프로세스 판정 장치(20)를 적용하는 기판 처리 장치(10, 10A) 자체에 분광기를 설치하는 것은 반드시 필요하지는 않으며, 분광기를 설치한다 하더라도 학습 모델(25)의 학습 시에만 사용하면 된다. 학습 후에는 분광기를 빼어내도 된다.

[0153] 따라서, 특히 문헌 4의 기재와 같은, 예칭의 종점을 검출할 때에 반드시 분광기가 필요한 종래의 판정 장치에 비해, 제조 비용이나 메인더넌스의 수고가 경감한다.

[0154] 단, 본 발명은, 학습 모델(25)의 학습 시에 분광기를 사용하는 양태에 한정하는 것은 아니다.

[0155] 일반적으로, 챔버(1) 내에 발생한 광을 챔버(1) 밖에 설치한 분광기로 안내하기 위해, 챔버(1)의 측벽에 석영 유리 등의 투명 재료로 이루어지는 광학창이 설치된다. 이 광학창은, 챔버(1) 내의 플라즈마에 의해 예칭되어 조면화하거나, 챔버(1) 내의 반응 생성물이 부착됨으로써 흐려지는 경우가 있다. 광학창이 흐려지면, 분광기로 검출되는 광의 광량이 저하함으로써, 분광기에 의한 예칭의 종점 검출 정밀도가 저하하는 경우가 있다. 이 때문에, 예를 들면, 기설(既設)의 기판 처리 장치(10, 10A)에 이미 분광기가 설치되어 있는 경우에는, 제조 프로세스 판정 장치(20)에 의한 예칭의 종점 검출을, 분광기에 의한 예칭의 종점 검출의 보조(예를 들면, 알람을 내기 위한 용도)로서 사용하는 양태를 채용하는 것도 가능하다.

[0156] 또, 일반적으로, 기판 처리 장치(10, 10A)의 재치대(2)에는, 플라즈마 처리 시에 기판(W)을 정전 흡착하기 위한 정전 척(도 1, 도 7에는 도시하지 않음)이 설치된다. 플라즈마 처리가 종료하고, 승강 기구에 의해 기판(W)을 밀어 올려, 정전 척으로부터 기판(W)을 이탈하려고 할 때에, 잔류하는 정전력에 의해, 기판(W)의 이탈 불량이 발생하는 경우가 있다. 이러한 승강 이상을 판정(검출)할 때에도, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태의 제조 프로세스 판정 장치(20)를 적용하는 것이 가능하다.

[0157] 승강 이상을 판정하는 제조 프로세스 판정 장치(20)의 경우, 예를 들면, 정전 척으로부터 이탈 후에 챔버(1) 밖을 향하여 반송되는 기판(W)에 대해, 기판(W)을 검지하는 센서 등을 이용함으로써, 소정의 타이밍 및 소정의 위치에서 반송 이상이 발생했는지 여부를 검지하고, 반송 이상이 발생하지 않았던(정상적인) 때의 프로세스 로그 데이터를 이용하여 교사 데이터를 작성하면 된다. 즉, 학습 모델(25)의 출력이 정상적인 교사 데이터만을 이용하여 학습 모델(25)의 기계 학습을 행하면 된다.

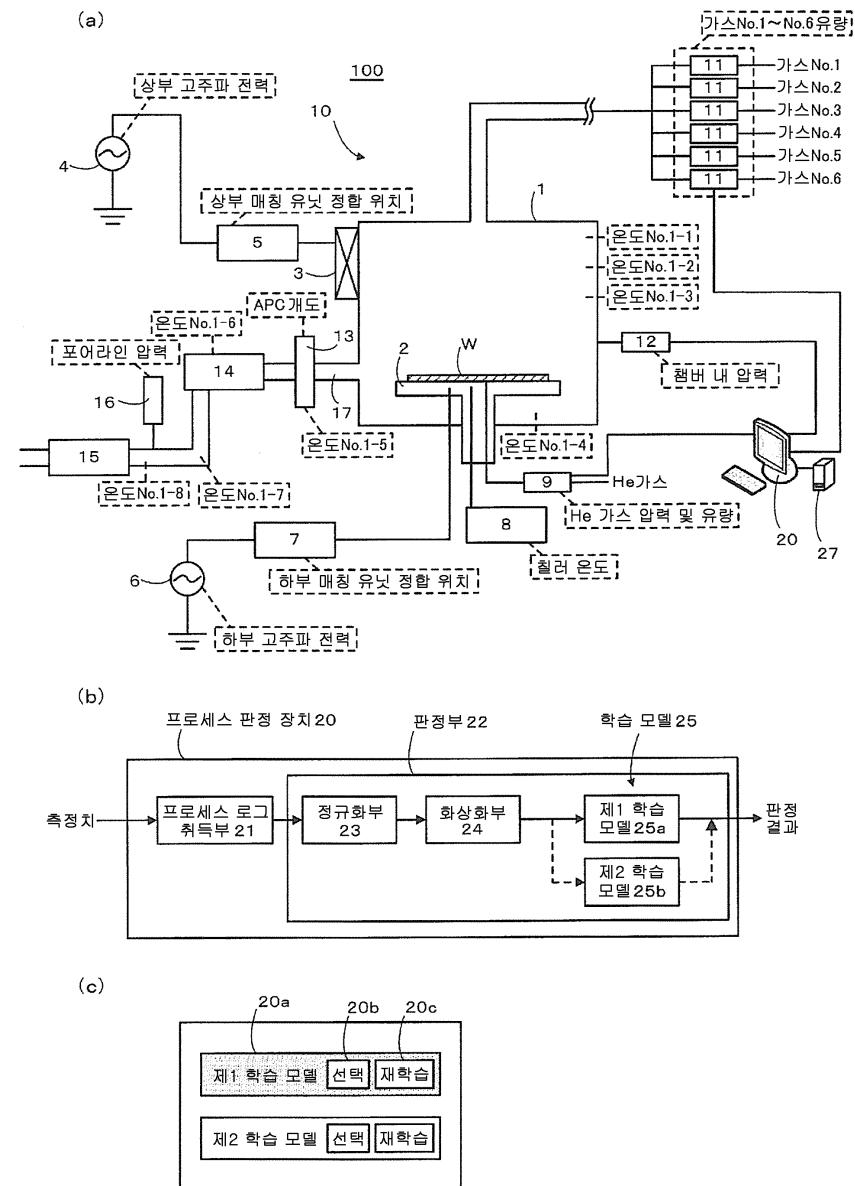
[0158] 또한, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태에서는, 제조 프로세스 판정 장치(20)를 적용하는 기판 처리 장치(10, 10A)가 플라즈마 처리 장치인 경우를 예로 들어 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정하는 것은 아니다. 예를 들면, 종래, 시간 예칭(미리 정한 일정 시간만큼 실행하는 예칭)밖에 할 수 없었던 무수 HF 가스 및 알코올을 이용한 희생층 예칭 장치나, XeF₂ 가스를 이용한 희생층 예칭 장치 등에도 적용 가능하다.

부호의 설명

1: 챔버	2: 재치대
10, 10A: 기판 처리 장치	20: 제조 프로세스 판정 장치
21: 프로세스 로그 취득부	22, 22A: 판정부
23: 정규화부	24: 화상화부
25: 학습 모델	26: 다수결 결정부
25a: 제1 학습 모델	25b: 제2 학습 모델
25c: 제3 학습 모델	100, 200: 기판 처리 시스템
W: 기판	

도면

도면1



도면2

(a)

<프로세스 로그 데이터>

프로세스 시간	파라미터1	...	파라미터N
1[sec]	X_{11}	...	X_{N1}
2[sec]	X_{12}	...	X_{N2}
⋮	⋮	...	⋮
M[sec]	X_{1M}	...	X_{NM}

정규화

<정규화 후 프로세스 로그 데이터>

프로세스 시간	파라미터1	...	파라미터N
1[sec]	Y_{11}	...	Y_{N1}
2[sec]	Y_{12}	...	Y_{N2}
⋮	⋮	...	⋮
M[sec]	Y_{1M}	...	Y_{NM}

$$Y_{ij} = (X_{ij} - MIN_i) / (MAX_i - MIN_i)$$

$$i=1 \sim N$$

$$j=1 \sim M$$

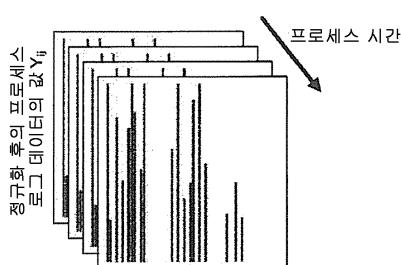
(b)

<정규화 후 프로세스 로그 데이터>

프로세스 시간	파라미터1	...	파라미터N
1[sec]	Y_{11}	...	Y_{N1}
2[sec]	Y_{12}	...	Y_{N2}
⋮	⋮	...	⋮
M[sec]	Y_{1M}	...	Y_{NM}

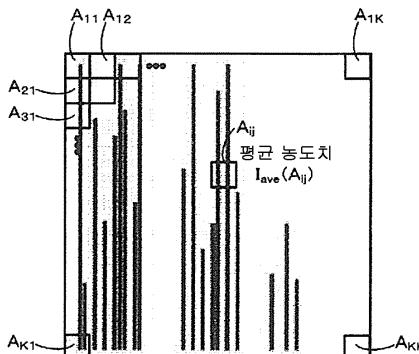
화상화

<화상 데이터>

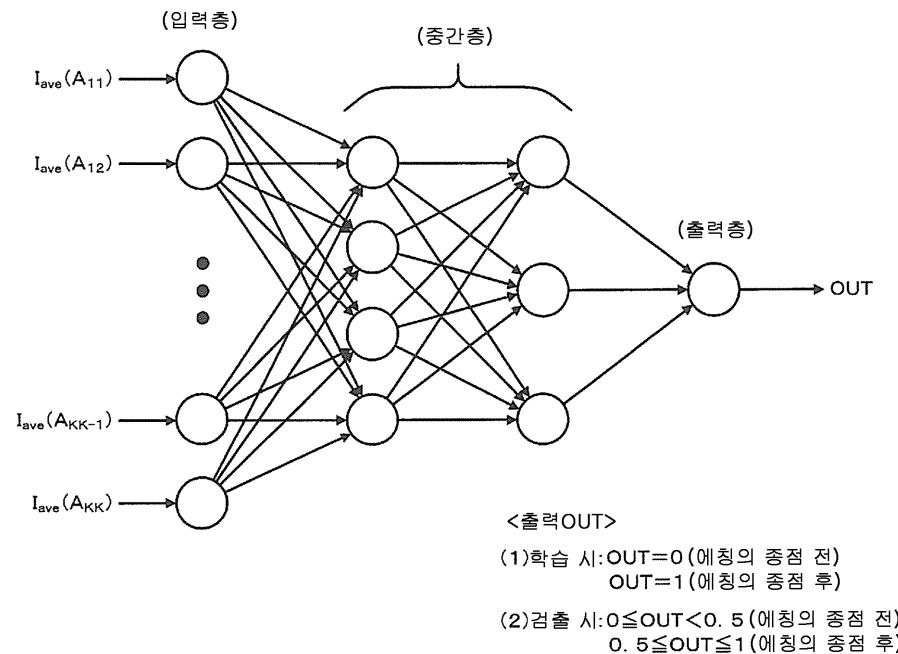


프로세스 로그 데이터의 종류(파라미터 1~N)

(c)

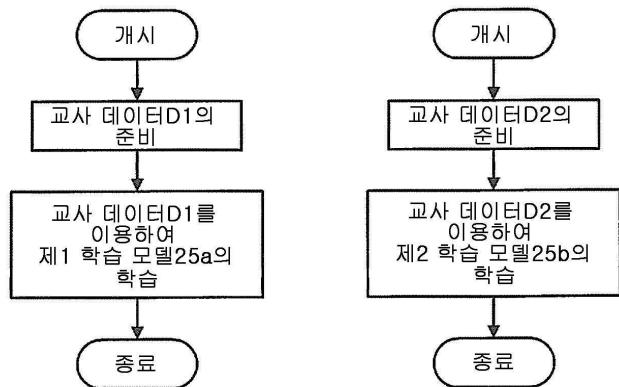


도면3

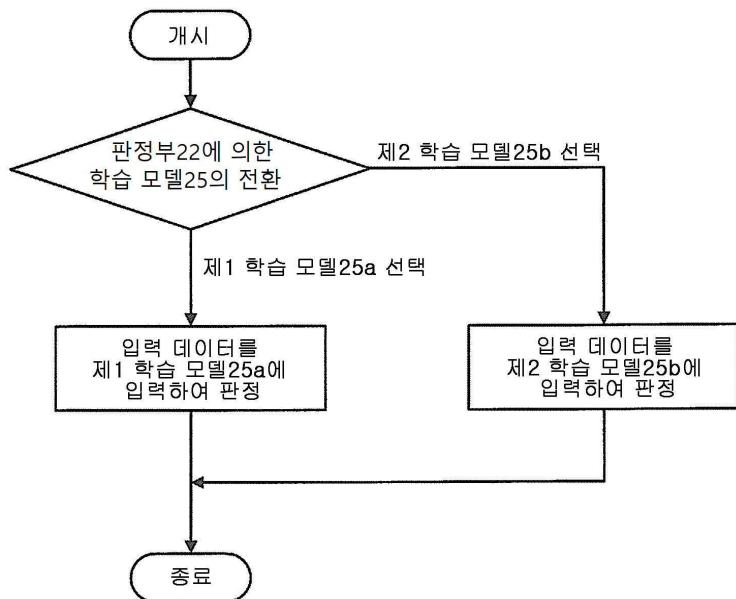
25

도면4

(a)

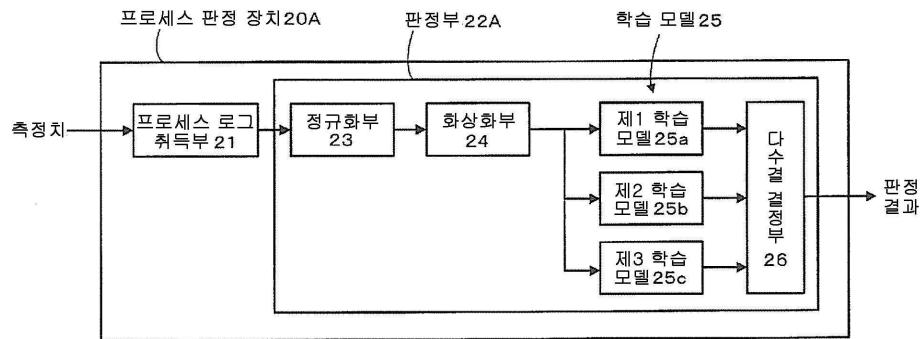


(b)

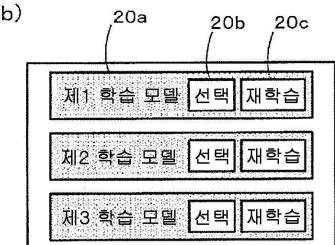


도면5

(a)

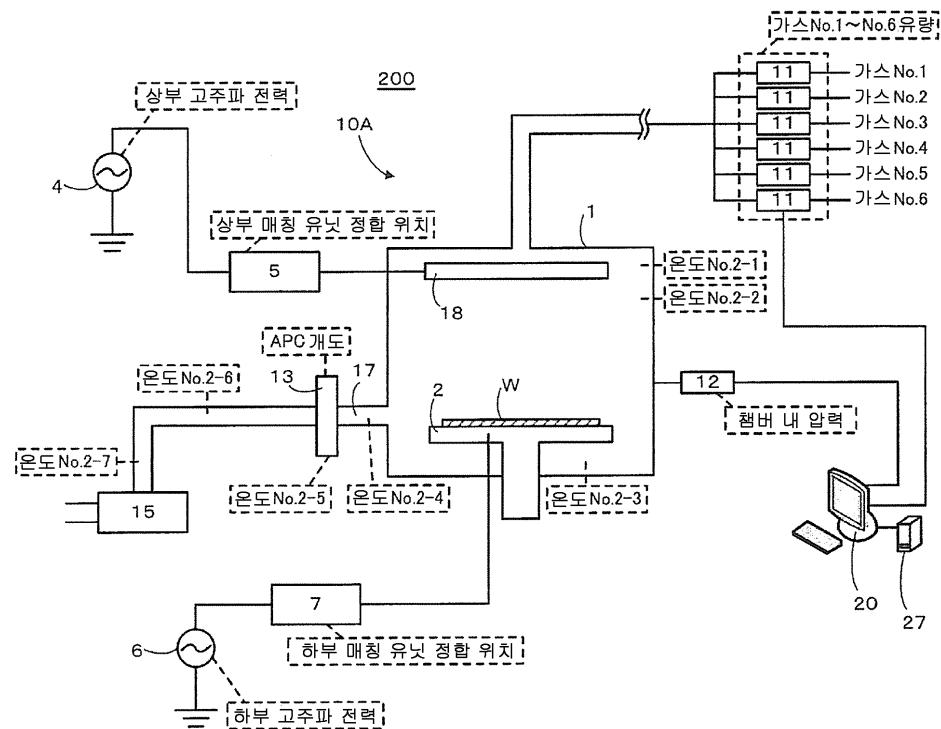


(b)



도면6

도면7



도면8