



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0002024
(43) 공개일자 2018년01월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B24B 49/10 (2006.01) B24B 37/013 (2012.01)
B24B 7/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B24B 49/105 (2013.01)
B24B 37/013 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0077095
(22) 출원일자 2017년06월19일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
JP-P-2016-127611 2016년06월28일 일본(JP)

(71) 출원인
가부시키키가이샤 에바라 세이사꾸쇼
일본국 도쿄도 오타쿠 하네다아사히초 11-1
(72) 발명자
나카무라 아키라
일본 도쿄도 오오타쿠 하네다 아사히초 11방 1고
가부시키키가이샤 에바라 세이사꾸쇼 내
(74) 대리인
장수길, 서원대, 김명곤

전체 청구항 수 : 총 9 항

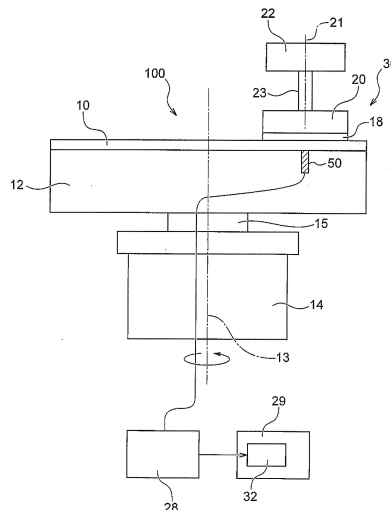
(54) 발명의 명칭 연마 장치, 연마 방법 및 연마 제어 프로그램

(57) 요약

처리 시스템 등의 지연 시간에 의한 측정 오차를 보정하여, 현재의 막 두께에 상당하는 데이터를 추정할 수 있는 연마 장치를 제공한다.

연마부(30)는 반도체 웨이퍼(18)의 연마를 행한다. 와전류 센서(50)는, 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께의 변화에 따라 변화 가능한 와전류를, 복수의 측정 시각에 있어서 측정한다. 센서 처리부(28)는 와전류 센서(50)가 측정 한 와전류에 기초하여, 측정 시각에 있어서의 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께를 산출한다. 막 두께 예측부(32)는, 산출된 막 두께를 사용하여, 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 막 두께를 예측한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B24B 7/228 (2013.01)

H01L 21/304 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

연마 대상물을 연마하는 연마 장치에 있어서,

상기 연마 대상물의 연마를 행하는 연마부와,

상기 연마 대상물의 막 두께의 변화에 따라 변화 가능한 물리량을, 복수의 측정 시각에 있어서 측정하는 측정부와,

상기 측정부가 측정한 상기 물리량에 기초하여, 상기 측정 시각에 있어서의 상기 연마 대상물의 막 두께에 상당하는 데이터를 산출하는 막 두께 산출부와,

산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 상기 데이터를 예측하는 막 두께 예측부

를 갖는 것을 특징으로 하는 연마 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 막 두께 예측부는, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 상기 데이터의 변화량을 예측하고, 예측된 상기 변화량을 사용하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 상기 데이터를 예측하는 것을 특징으로 하는 연마 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 막 두께 예측부는, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 연마 레이트를 산출하고, 산출된 상기 연마 레이트를 사용하여 상기 변화량을 예측하는 것을 특징으로 하는 연마 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후란, 상기 측정 시각에 상기 측정부가 상기 물리량을 측정한 후, 상기 막 두께 산출부가 당해 물리량에 기초하여, 상기 연마 대상물의 상기 데이터의 산출이 종료 가능한 때인 것을 특징으로 하는 연마 장치.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후란, 상기 측정 시각에 상기 측정부가 상기 물리량을 측정한 후, 상기 막 두께 예측부가, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 데이터의 예측이 종료 가능한 때인 것을 특징으로 하는 연마 장치.

청구항 6

연마 대상물을 연마하는 연마 방법에 있어서,

상기 연마 대상물의 연마를 행하는 연마 스텝과,

상기 연마 대상물의 막 두께의 변화에 따라 변화 가능한 물리량을, 복수의 측정 시각에 있어서 측정하는 측정 스텝과,

상기 측정 스텝에서 측정한 상기 물리량에 기초하여, 상기 측정 시각에 있어서의 상기 연마 대상물의 막 두께에 상당하는 데이터를 산출하는 막 두께 산출 스텝과,

산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 상기 데이터를 예측하는 막 두께 예측 스텝

을 갖는 것을 특징으로 하는 연마 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 막 두께 예측 스텝은, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 상기 데이터의 변화량을 예측하고, 예측된 상기 변화량을 사용하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 상기 데이터를 예측하는 것을 특징으로 하는 연마 방법.

청구항 8

연마 대상물의 막 두께의 변화에 따라 변화 가능한 물리량을, 복수의 측정 시각에 있어서 측정하는 측정부를 갖는 연마 대상물을 연마하는 연마 장치의 제어에 사용하는 기록 매체에 저장된 연마 제어 프로그램에 있어서,

컴퓨터를,

상기 측정부가 측정한 상기 물리량에 기초하여, 상기 측정 시각에 있어서의 상기 연마 대상물의 막 두께에 상당하는 데이터를 산출하는 막 두께 산출부 및

산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 상기 데이터를 예측하는 막 두께 예측부

로서 기능시키는 것을 특징으로 하는 기록 매체에 저장된 연마 제어 프로그램.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 막 두께 예측부는, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 상기 데이터의 변화량을 예측하고, 예측된 상기 변화량을 사용하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 상기 데이터를 예측하는 것을 특징으로 하는 기록 매체에 저장된 연마 제어 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 연마 대상물의 표면을 연마하는 연마 장치, 특히 막 두께에 상당하는 데이터를 예측하는 연마 장치 및 해당 장치를 사용하여 연마를 행하는 연마 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 연마 장치를 제어하는 연마 제어 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 들어 반도체 디바이스의 고집적화가 진행됨에 따라 회로의 배선이 미세화되어, 배선간 거리도 더 좁아지고 있다. 그래서, 연마 대상물인 반도체 웨이퍼의 표면을 평탄화하는 것이 필요해지지만, 이 평탄화법의 일 수단으로서 화학적 기계적 연마(CMP) 장치에 의해 연마하는 것이 행하여지고 있다.

[0003] 연마 장치는, 연마 대상물을 연마하기 위한 연마 패드를 보유 지지하기 위한 연마 테이블과, 연마 대상물을 보유 지지하여 연마 패드에 가압하기 위한 톱 링을 구비한다. 연마 테이블과 톱 링은 각각 구동부(예를 들어 모터)에 의해 회전 구동된다. 연마제를 포함하는 액체(슬러리)를 연마 패드 위에 흐르게 하고, 거기에 톱 링에 보유 지지된 연마 대상물을 압박함으로써, 연마 대상물은 연마된다.

[0004] 연마 장치에서는, 연마 대상물의 연마가 불충분하면, 회로 사이의 절연을 취할 수 없어, 쇼트될 우려가 발생하고, 또한 과연마된 경우에는 배선의 단면적이 줄어드는 것에 의한 저항값의 상승, 또는 배선 자체가 완전히 제거되어, 회로 자체가 형성되지 않거나 하는 문제가 발생한다. 또한, 표면 전체에 걸쳐 고정밀도로 평탄하게 할 필요가 있다. 이로 인해, 연마 장치에서는, 최적의 연마 중점을 검출하는 것이나, 표면 전체에 걸쳐 고정밀도로 연마량을 검출할 것이 요구된다.

[0005] 이러한 기술로서는, 일본 특허 공개 제2012-135865호에 기재된 와전류식 중점 검지 센서(이하에서는, 「와전류 센서」라고 칭한다) 등이 있다. 이 와전류 센서에 있어서는, 솔레노이드형 또는 와권형의 코일에 의해 연마 대상물 내의 와전류 검출이 행하여진다. 연마 대상물의 막 두께가 변화함으로써, 와전류가 증가 또는 감소한다.

[0006] 연마 종점 검출 수단의 다른 방법으로서, 연마 대상물의 막 두께가 변화하여, 연마가 다른 재질의 물질로 이행했을 때의 연마 마찰력의 변화를 검출하는 방법도 알려져 있다. 또한, 연마 대상물의 표면의 반사율의 변화를 검출하는 방법도 있다.

[0007] 연마 중에 연마 대상의 막 두께를 측정하는 이들 센서의 출력에 대하여, 노이즈 제거 등을 위하여, 센서의 출력을 평균화하는 처리나 노이즈 필터 처리 및/또는 증폭하는 처리 등의 처리가 행하여진다. 이들 처리는, 아날로그 회로, 또는 디지털 회로(소프트웨어 등)에 의한 처리 시스템에 의해 행하여진다. 이들 처리가 복잡한 경우, 센서에서의 측정 시와 처리 종료 시 사이에 지연(타임 래그)이 발생한다. 또한, 이들 처리를 위하여, 연마 장치 내 통신 시스템에 있어서, 또는 연마 장치와 다른 장치 사이의 통신 시스템에 있어서, 데이터의 송수신이 행하여지는 경우도 있다. 데이터의 송수신용 통신 시스템에 기인하는 지연이 발생하는 경우도 있다. 이 결과, 연마 장치가 종점 검출이나 다양한 컨트롤에 사용하는 막 두께 데이터를 파악하는 것은, 완전히 실시간이 될 수는 없다. 아날로그 회로, 또는 디지털 회로에 의한 처리 시스템이나 통신 시스템이 처리하고 있는 동안에도 연마는 진행되기 때문에, 처리 시스템이나 통신 시스템이, 처리 종료 시에 파악하는 막 두께와, 처리 종료 시에 있어서의 실제의 막 두께에는 오차가 발생하고 있다.

[0008] 반도체 디바이스의 미세화가 진행됨에 따라, 필요한 연마량이 줄어들고, 연마 시간도 짧아지는 한편, 막 두께의 측정 정밀도에 대한 요구는 높아지고 있다. 그로 인해, 처리 시스템이나 통신 시스템에 의한 처리 지연에 수반하는 처리 시스템이나 통신 시스템이 파악하는 막 두께의 시간적 지연의 영향이 커지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2012-135865호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 이러한 문제점을 해소하기 위하여 이루어진 것으로, 그 목적은 처리 시스템 등의 지연 시간에 의한 측정 오차를 보정하여, 처리 시스템의 처리 종료 시의 막 두께에 상당하는 데이터를 추정할 수 있는 연마 장치, 연마 방법 및 연마 제어 프로그램을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 해결하기 위하여, 제1 형태에서는, 연마 대상물을 연마하는 연마 장치에 있어서, 상기 연마 대상물의 연마를 행하는 연마부와, 상기 연마 대상물의 막 두께의 변화에 따라 변화 가능한 물리량을, 복수의 측정 시각에 있어서 측정하는 측정부와, 상기 측정부가 측정한 상기 물리량에 기초하여, 상기 측정 시각에 있어서의 상기 연마 대상물의 막 두께에 상당하는 데이터를 산출하는 막 두께 산출부와, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 데이터를 예측하는 막 두께 예측부를 갖는 것을 특징으로 하는 연마 장치라는 구성을 취하고 있다.

[0012] 본 형태에 의하면, 물리량의 측정 후에 있어서의 통신 시스템이나 처리 시스템 등의 처리 시간에 기인한, 측정부에 의한 측정이 행하여진 측정 시각과, 이들 시스템에 의한 처리가 종료된 처리 종료 시각 사이의 시간의 차, 즉 「처리 지연 시간」에 의한 측정 오차를 보정할 수 있다. 보정에 의해, 보다 정확하게 처리 종료 시각에서의 막 두께에 상당하는 데이터가 추정되어, 연마의 종점 검지 정밀도가 향상된다. 즉, 처리 시스템의 지연을 보상하여, 종점 검출의 지연을 방지할 수 있다.

[0013] 여기서, 「막 두께에 상당하는 데이터」란, (1) 막 두께, (2) 막 두께에 소정수를 곱한 데이터, (3) 막 두께에 소정수를 가산 또는 감산한 데이터, (4) (2)와 (3)을 조합한 데이터 등이 포함된다. (1) 내지 (4)의 데이터에 의해, 막 두께의 변화를 모니터링하는 것이 가능하여, 연마의 종점 검지, 또는 연마 상태의 모니터링이 가능해진다. 또한, (2) 내지 (4)에 있어서의 소정수는, 측정 중 일정한 수치여도 되지만, 막의 상태의 시간 변화, 연마부(예를 들어, 연마 패드)의 상태의 시간 변화 등을 고려하여, 측정 중 변경해도 된다.

[0014] 또한, 본 실시 형태에 따르면, 종래보다도 정확하게 막 두께에 상당하는 데이터를 추정할 수 있기 때문에, 클로

즈 루프 제어(Close-loop control: CLC)의 성능이 향상된다. 또한, 클로즈 루프 제어란, 연마 결과의 데이터(막 두께에 해당하는 데이터)를, 연마 장치의 제어 장치에 피드백하여, 제어 장치가 연마 상태를 판단하여, 제어 장치로부터의 명령에 의해 연마부를 제어하는 방식이다.

- [0015] 화학적 기계적 연마 중의 in-situ 막 두께 측정에 있어서, 연마 중에 연마 대상의 막 두께의 변화에 따라 변화 가능한 물리량으로서는, 와전류나, 막의 표면의 광학 반사율 등이 있다. 와전류는, 막의 전기 전도율 및 막 두께에 의존한다. 이들 물리량을 센서(측정부)가 측정한 후, 노이즈 제거나 신호 증폭 등을 목적으로 하여, 측정값의 시간 평균 처리나, 보정 처리 등의 처리가 행하여져, 시간 지연이 발생한다. 연마 장치의 제어 시스템이, 종점 검출이나 다양한 연마 상태의 컨트롤에 사용하는 막 두께에 해당하는 데이터는, 처리 등에 필요한 시간만큼 오랜 데이터이다.
- [0016] 지연 시간은, 예를 들어 0.2 내지 1초 정도이다. 지연 시간은, 실제로 측정하여 처리 지연 시간으로서 시스템에 내장할 수 있다. 통신 시스템이나 처리 시스템에 의한 지연은, 일정한 값(일정한 시간)으로 해도 된다. 또한, 연마의 진행에 맞게, 또는 연마 조건에 따라 가변으로 해도 된다.
- [0017] 처리 지연 시간 경과했을 때의 막 두께에 해당하는 데이터의 계산에는, 스플라인 보간 등을 사용해도 된다. 스플라인 보간이란, 복수의 측정 데이터를 통과하는 매끄러운 곡선(스플라인 곡선)을 사용한 보간이다. 스플라인 보간 곡선에서는, 인접하는 측정 데이터 사이에 있는 각 구간에 대하여, 개별의 다항식, 예를 들어 3차식을 사용한다.
- [0018] 제2 형태에서는, 상기 막 두께 예측부는, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 데이터의 변화량을 예측하고, 예측된 상기 변화량을 사용하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 데이터를 예측하는 것을 특징으로 하는 연마 장치라는 구성을 취하고 있다.
- [0019] 제3 형태에서는, 상기 막 두께 예측부는, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 연마 레이트를 산출하고, 산출된 상기 연마 레이트를 사용하여 상기 변화량을 예측하는 것을 특징으로 하는 연마 장치라는 구성을 취하고 있다. 또한 연마 레이트란, 단위 시간당(예를 들어 1초당) 연마량(상기 막 두께에 해당하는 데이터의 변화량)이다.
- [0020] 본 실시 형태에서는, 막 두께에 해당하는 데이터의 시계열 데이터로부터, 연마 레이트를 사용함으로써, 처리 시스템의 지연을 보상하여, 종점 검출의 지연을 방지할 수 있다.
- [0021] 제4 형태에서는, 상기 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후란, 상기 측정 시각에 상기 측정부가 상기 물리량을 측정한 후, 상기 막 두께 산출부가 당해 물리량에 기초하여, 상기 연마 대상물의 상기 데이터의 산출이 종료 가능할 때인 것을 특징으로 하는 연마 장치라는 구성을 취하고 있다.
- [0022] 제5 형태에서는, 상기 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후란, 상기 측정 시각에 상기 측정부가 상기 물리량을 측정한 후, 상기 막 두께 예측부가, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 데이터의 예측이 종료 가능할 때인 것을 특징으로 하는 연마 장치라는 구성을 취하고 있다.
- [0023] 제6 형태에서는, 연마 대상물을 연마하는 연마 방법에 있어서, 상기 연마 대상물의 연마를 행하는 연마 스텝과, 상기 연마 대상물의 막 두께의 변화에 따라 변화 가능한 물리량을, 복수의 측정 시각에 있어서 측정하는 측정 스텝과, 상기 측정 스텝에서 측정한 상기 물리량에 기초하여, 상기 측정 시각에 있어서의 상기 연마 대상물의 막 두께에 해당하는 데이터를 산출하는 막 두께 산출 스텝과, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 데이터를 예측하는 막 두께 예측 스텝을 갖는 것을 특징으로 하는 연마 방법이라는 구성을 취하고 있다.
- [0024] 제7 형태에서는, 상기 막 두께 예측 스텝은, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 데이터의 변화량을 예측하고, 예측된 상기 변화량을 사용하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 데이터를 예측하는 것을 특징으로 하는 연마 방법이라는 구성을 취하고 있다.
- [0025] 제8 형태에서는, 연마 대상물의 막 두께의 변화에 따라 변화 가능한 물리량을, 복수의 측정 시각에 있어서 측정하는 측정부를 갖는 연마 대상물을 연마하는 연마 장치의 제어에 사용하는 연마 제어 프로그램에 있어서, 컴퓨터를, 상기 측정부가 측정한 상기 물리량에 기초하여, 상기 측정 시각에 있어서의 상기 연마 대상물의 막 두께에 해당하는 데이터를 산출하는 막 두께 산출부 및 산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 데이터를 예측하는

막 두께 예측부로서 기능시키는 것을 특징으로 하는 연마 제어 프로그램이라는 구성을 취하고 있다.

[0026] 제9 형태에서는, 상기 막 두께 예측부는, 산출된 상기 데이터를 사용하여, 상기 측정 시각 중 적어도 일부의 측정 시각에 대하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 데이터의 변화량을 예측하고, 예측된 상기 변화량을 사용하여, 당해 측정 시각으로부터 상기 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 데이터를 예측하는 것을 특징으로 하는 연마 제어 프로그램이라는 구성을 취하고 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 실시 형태에 관한 연마 장치의 기본 구성을 도시하는 도면.

도 2는 와전류 센서의 구성을 도시하는 도면이며, 도 2의 (a)는 와전류 센서의 구성을 도시하는 블록도이며, 도 2의 (b)는 와전류 센서의 등가 회로도.

도 3은 본 실시 형태의 와전류 센서에 있어서의 센서 코일의 구성예를 도시하는 개략도.

도 4의 (a)는 반도체 웨이퍼(18)의 실제의 막 두께를 나타내는 그래프이며, 도 4의 (b)는 센서 처리부(28)가 출력하는 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께를 나타내는 그래프이며, 도 4의 (c)는 막 두께 예측부(32)가 출력하는 반도체 웨이퍼(18)의 예측된 막 두께를 나타내는 그래프.

도 5는 소정의 막 두께까지 연마를 행하여, 소정의 막 두께에 도달하면 연마를 종료하는 경우의 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명의 일 실시 형태에 관한 연마 장치를 도면에 기초하여 설명한다. 처음에, 연마 장치의 기본 구성에 대하여 설명하고, 그 후, 연마 대상물의 연마 종점의 검출에 대하여 설명한다.

[0029] 도 1은 본 실시 형태에 관한 연마 장치(100)의 기본 구성을 도시하는 도면이다. 반도체 웨이퍼(연마 대상물)(18)를 연마하는 연마 장치(100)는, 반도체 웨이퍼(18)의 연마를 행하는 연마부(30)와, 와전류 센서(측정부)(50)와, 센서 처리부(막 두께 산출부)(28)를 갖는다. 와전류 센서(50)는 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께의 변화에 따라 변화 가능한 물리량을, 복수의 측정 시각에 있어서 측정한다. 센서 처리부(28)는 와전류 센서(50)가 측정한 와전류에 기초하여, 각 측정 시각에 있어서의 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께에 해당하는 데이터를 산출한다.

[0030] 본 실시 형태에서의 측정 시각은, 예를 들어 0.5초 간격의 시각이다. 본 실시 형태에서의 물리량은, 반도체 웨이퍼(18) 내의 와전류이다. 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께가 변화함으로써, 와전류가 증가 또는 감소된다. 또한, 본 발명에서의 막 두께의 변화에 따라 변화 가능한 물리량은, 와전류에 한정되지 않는다. 물리량은, 연마 시의 연마 마찰력이나, 연마 대상물의 표면의 반사율이어도 된다.

[0031] 연마 장치(100)는 제어부(29)를 더 갖는다. 제어부(29)는 막 두께 예측부(32)를 포함한다. 막 두께 예측부(32)는 센서 처리부(28)에 의해 산출된 막 두께에 해당하는 데이터를 사용하여, 각 측정 시각에 대하여, 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 막 두께에 해당하는 데이터를 예측한다. 본 실시 형태에 있어서의 막 두께에 해당하는 데이터는, 후술하는 임피던스 Z의 크기(절댓값)로부터 얻어지는 막 두께이다.

[0032] 막 두께 예측부(32)는, 산출된 막 두께를 사용하여, 각 측정 시각에 대하여, 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 막 두께의 변화량을 예측하고, 예측된 변화량을 사용하여, 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 막 두께를 예측한다. 또한, 본 발명은 막 두께의 변화량을 예측하고, 예측된 변화량을 사용하여, 막 두께를 예측하는 방법에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 막 두께의 변화량을 예측하지 않고, 직접 막 두께를 예측해도 된다. 직접 막 두께를 예측하는 방법으로서, 산출된 막 두께를 사용하여, 스프라인 보간에 의해 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후에 있어서의 막 두께를 예측해도 된다.

[0033] 막 두께 예측부(32)는 산출된 막 두께를 사용하여, 연마 레이트를 산출하고, 산출된 연마 레이트를 사용하여 상기 변화량을 예측한다. 연마 레이트의 산출 방법의 상세는 후술한다.

[0034] 본 실시 형태에 있어서의 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후란, 측정 시각에 와전류 센서(50)가 와전류를 측정한 후, 센서 처리부(28)가 와전류에 기초하여, 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께의 산출이 종료되었을 때이다. 처리 지연 시간 경과한 후란, 예를 들어 와전류 센서(50)가 와전류를 측정한 후, 0.2초 후이다. 또한, 본 발명은 처리 지연 시간 경과한 후로서, 센서 처리부(28)가 와전류에 기초하여, 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께의 산출이 종료되었을 때에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한

후란, 측정 시각에 와전류 센서(50)가 와전류를 측정한 후, 막 두께 예측부(32)가, 산출된 막 두께를 사용하여, 막 두께의 예측이 종료 가능한 때로 해도 된다.

- [0035] 도 1에 의해, 연마부(30)의 상세에 대하여 설명한다. 연마부(30)는 연마 패드(10)를 상면에 설치 가능한 연마 테이블(12)과, 연마 테이블(12)을 회전 구동하는 제1 전동 모터(14)와, 반도체 웨이퍼(18)를 보유 지지 가능한 톱 링(20)과, 톱 링(20)을 회전 구동하는 제2 전동 모터(22)를 구비하고 있다. 제1 전동 모터(14)의 로터는, 모터 샤프트(15)에 접속되어 있고, 모터 샤프트(15)에 의해 연마 테이블(12)이 회전 구동된다.
- [0036] 톱 링(20)은, 도시하지 않은 보유 지지 장치에 의해 연마 테이블(12)에 접근하거나 멀어지도록 하거나 할 수 있게 되어 있다. 반도체 웨이퍼(18)를 연마할 때는, 톱 링(20)을 연마 테이블(12)에 접근함으로써, 톱 링(20)에 보유 지지된 반도체 웨이퍼(18)를 연마 테이블(12)에 설치된 연마 패드(10)에 닿게 한다.
- [0037] 반도체 웨이퍼(18)를 연마할 때는, 연마 테이블(12)이 회전 구동된 상태에서, 톱 링(20)에 보유 지지된 반도체 웨이퍼(18)가 연마 패드(10)에 가압된다. 또한, 톱 링(20)은, 제2 전동 모터(22)에 의해, 연마 테이블(12)의 회전축(13)과는 편심된 축선(21)의 주위로 회전 구동된다. 반도체 웨이퍼(18)를 연마할 때는, 연마재를 포함하는 연마액이, 도시하지 않은 연마재 공급 장치로부터 연마 패드(10)의 상면에 공급된다. 톱 링(20)에 세트된 반도체 웨이퍼(18)는 톱 링(20)이 제2 전동 모터(22)에 의해 회전 구동되고 있는 상태에서, 연마액이 공급된 연마 패드(10)에 가압된다.
- [0038] 연마 테이블(12)의 내부에는 와전류 센서(50)가 매설되어 있다. 와전류 센서(50)의 접속 케이블은, 연마 테이블(12)의 모터 샤프트(15) 내를 통하여, 모터 샤프트(15)의 축단에 설치된 로터리 조인트(도시하지 않음)를 경유하여, 센서 처리부(28)에 접속되어 있다.
- [0039] 이어서, 본 실시 형태에 관한 연마 장치가 구비하는 와전류 센서(50)에 대하여, 도 2 내지 도 3을 사용하여 설명한다.
- [0040] 도 2는 와전류 센서(50)의 구성을 도시하는 도면이며, 도 2의 (a)는 와전류 센서(50)의 구성을 도시하는 블록도이며, 도 2의 (b)는 와전류 센서(50)의 등가 회로도이다.
- [0041] 도 2의 (a)에 도시한 바와 같이, 와전류 센서(50)는 검출 대상의 금속막(또는 도전성막) mf의 근방에 센서 코일(51)을 배치하고, 그 코일에 교류 신호원(52)이 접속되어 있다. 여기서, 검출 대상의 금속막(또는 도전성막) mf는, 예를 들어 반도체 웨이퍼(18) 위에 형성된 Cu, Al, Au, W 등의 박막이다. 센서 코일(51)은 검출용 코일이며, 검출 대상의 금속막(또는 도전성막)에 대하여, 예를 들어 1.0 내지 4.0mm 정도의 근방에 배치된다.
- [0042] 와전류 센서에는 금속막(또는 도전성막) mf에 와전류가 발생함으로써, 발진 주파수가 변화하고, 이 주파수 변화로부터 금속막(또는 도전성막)을 검출하는 주파수 타입과, 임피던스가 변화하고, 이 임피던스 변화로부터 금속막(또는 도전성막)을 검출하는 임피던스 타입이 있다. 즉, 주파수 타입에서는, 도 2의 (b)에 도시하는 등가 회로에 있어서, 와전류 I_2 가 변화함으로써, 임피던스 Z가 변화한다. 임피던스 Z가 변화하면, 신호원(가변 주파수 발진기)(52)의 발진 주파수가 변화한다. 발진 주파수가 변화하면, 검파 회로(54)에서 이 발진 주파수의 변화를 검출하여, 금속막(또는 도전성막)의 변화를 검출할 수 있다. 교류 신호원(52)과 검파 회로(54)에 의해 센서 처리부(28)가 구성된다.
- [0043] 임피던스 타입에서는, 도 2의 (b)에 도시하는 등가 회로에 있어서, 와전류 I_2 가 변화함으로써, 임피던스 Z가 변화한다. 임피던스 Z가 변화하면, 신호원(고정 주파수 발진기)(52)으로부터 본 임피던스 Z가 변화한다. 검파 회로(54)에서 이 임피던스 Z의 변화를 검출하여, 금속막(또는 도전성막)의 변화를 검출할 수 있다. 본 실시 형태에 있어서의 막 두께에 상당하는 데이터는, 임피던스 Z의 크기(절댓값)로부터 센서 처리부(28)에 의해 얻어진다. 구체적으로는, 검파 회로(54)는, 예를 들어 임피던스 Z에 소정수를 곱하여, 실제의 막 두께와 일치하는 값을 막 두께 예측부(32)에 출력한다. 따라서, 검파 회로(54)의 출력, 즉 센서 처리부(28)의 출력은, 본 실시 형태에서는 실제의 막 두께와 일치하는 값이다.
- [0044] 임피던스 타입의 와전류 센서에서는, 신호 출력 X, Y, 위상, 임피던스 Z 등이 추출 가능하다. 신호 출력 X, Y란, 각각 임피던스 Z의 실수 성분, 허수 성분이다. 주파수 F 또는 임피던스 Z 등으로부터, 금속막(또는 도전성막) Cu, Al, Au, W의 막 두께의 측정 정보가 얻어진다. 와전류 센서(50)는 연마 테이블(12)의 내부의 표면 부근의 위치에 내장할 수 있다. 와전류 센서(50)는 연마 대상의 반도체 웨이퍼에 대하여 연마 패드를 사이에 두고 대면하도록 위치한다. 와전류 센서(50)는 반도체 웨이퍼 위의 금속막(또는 도전성막)에 흐르는 와전류로부터 금속막(또는 도전성막)의 막 두께의 변화를 검출할 수 있다.

- [0045] 도 3은 본 실시 형태의 와전류 센서(50)에 있어서의 센서 코일의 구성예를 도시하는 개략도이다. 도 3에 도시한 바와 같이, 센서 코일(51)은 금속막(또는 도전성막)에 와전류를 형성하기 위한 코일과, 금속막(또는 도전성막)의 와전류를 검출하기 위한 코일을 분리한 것이다. 센서 코일(51)은, 보빈(71)에 권회된 3층의 코일(72, 73, 74)에 의해 구성되어 있다. 여기서 중앙의 코일(72)은, 교류 신호원(52)에 접속되는 발진 코일이다. 이 발진 코일(72)은, 교류 신호원(52)으로부터 공급되는 전압의 형성하는 자계에 의해, 근방에 배치되는 반도체 웨이퍼(18) 상의 금속막(또는 도전성막) mf에 와전류를 형성한다. 보빈(71)의 상측(금속막(또는 도전성막)측)에는, 검출 코일(73)이 배치되고, 금속막(또는 도전성막)에 형성되는 와전류에 의해 발생하는 자계를 검출한다. 그리고, 발진 코일(72)의 검출 코일(73)과 반대측에는 밸런스 코일(74)이 배치되어 있다. 밸런스 코일(74)은, 측정에 사용하는 저항 브리지 회로로 밸런스의 조정을 행하기 위한 것이다. 밸런스 코일(74)에 의해 제로점의 조정이 가능하다. 따라서, 금속막(또는 도전성막)에 흐르는 와전류를 제로의 상태에서부터 검출하는 것이 가능해지므로, 금속막(또는 도전성막) 중의 와전류의 검출 감도가 높아진다.
- [0046] 이어서, 제어부(29) 내의 막 두께 예측부(32)에 있어서의 처리에 대하여, 도 4에 의해 구체적으로 설명한다. 도 4의 (a)는 연마 시간의 경과에 수반하는 반도체 웨이퍼(18)의 실제의 막 두께를 나타내는 그래프이다. 도 4의 (b)는 연마 시간의 경과에 수반하는 센서 처리부(28)가 출력하는 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께를 나타내는 그래프이며, 도 4의 (c)는 막 두께 예측부(32)가 출력하는 반도체 웨이퍼(18)의 예측된 막 두께를 나타내는 그래프이다. 이들 그래프의 횡축은 공통이며, 시간을 나타낸다. 그 단위는 초이다. 이들 그래프의 종축은 막 두께이며, 동일 스케일이다. 그 단위는 μm 이다. 도 4의 (a)에 도시하는 곡선(34)은, 시간과 함께 연마가 진행되어, 막 두께가 얇아지는 것을 나타낸다.
- [0047] 시각 t1 내지 t4, t6 내지 t10은, 와전류 센서(50)에 의해 측정이 행하여지고, 그 출력이 센서 처리부(28)에 보내지는 시각을 나타낸다. 도 4의 (b)에 도시하는 센서 처리부(28)의 출력은, 본 실시 형태에서는, 실제의 막 두께와 일치하는 값이다. 단, 와전류 센서(50)로부터 입력을 받고 나서, 센서 처리부(28)가 출력할 때까지의 시간에 지연이 있기 때문에, 도 4의 (a)의 그래프와 도 4의 (b)의 그래프 사이에 어긋남이 있다.
- [0048] 도 4에서는, 시각 t4까지의 측정과 처리가 행하여지고 있다. 막 두께 s1 내지 s4는 센서 처리부(28)의 출력이며, 각각 시각 t1 내지 t4에서의 와전류 센서(50)로부터의 입력을 처리한 결과이다. 시각 t1 내지 t4와, 막 두께 s1 내지 s4가 출력되는 시간 동안에는 시간차(36)가 있다. 막 두께 r1 내지 r4는, 막 두께 예측부(32)가 출력하는 막 두께이며, 시간 지연이 보정된 막 두께이다. 막 두께 r1 내지 r4는, 시각 t1 내지 t4에 실제의 측정에 의해 얻어진 값이기 때문에, 시간차(36)만큼, 막 두께 s1 내지 s4를 되돌리는 조작을 함으로써, 막 두께 r1 내지 r4는 얻어진다. 막 두께 s1 내지 s4와, 막 두께 r1 내지 r4는 각각 동일값이다. 시간차(36)는 센서 처리부(28)가 처리에 필요한 시간이다. 곡선(40)은 실제의 막 두께를 나타내는 곡선이며, 곡선(42)은 예측된 막 두께를 나타내는 곡선이다.
- [0049] 본 실시 형태에 있어서의 측정 시각으로부터 처리 지연 시간 경과한 후란, 측정 시각에 와전류 센서(50)가 와전류를 측정 후, 센서 처리부(28)가 와전류에 기초하여, 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께의 산출이 종료되었을 때이다. 처리 지연 시간이, 시간차(36)에 상당한다. 처리 지연 시간 경과한 후가 시각 t5이다. 시간차(36)는, 예를 들어 와전류 센서(50)가 와전류를 측정한 시각 t4부터 0.2초 후이다. 본 실시 형태에서는, 막 두께 예측부(32)에서의 처리에 필요한 시간은 무시할 수 있다. 도 4에 있어서는, 막 두께 r1 내지 r4는 과거의 데이터(44)이며, 막 두께 r5가 최신의 예측 데이터이다.
- [0050] 시각 t1 내지 t4, t6 내지 t10에서는, 실제의 측정값을 얻을 수 있다. 그러나, 시각 t1 내지 t4, t6 내지 t10의 중간의 시각, 예를 들어 센서 처리부(28)가 막 두께 s4를 출력하는 시각 t5에 있어서는, 실제의 막 두께는 불분명하다. 막 두께 예측부(32)는 시각 t5에 있어서의 막 두께를 예측한다. 막 두께 예측부(32)는, 이미 산출된 막 두께 s1 내지 s4를 사용하여, 측정 시각 t4 이전에 있어서의 연마 레이트를 산출하고, 산출된 연마 레이트를 사용하여, 시각 t5에 있어서의 막 두께 r5를 예측한다. 시각 t4에 있어서의 연마 레이트 R(t4)은, 시각 t3에 있어서의 막 두께 s3과, 시각 t4에 있어서의 막 두께 s4로부터 다음 식에 의해 구한다.
- [0051]
$$R(t4)=(s4-s3)/(t4-t3)\cdots(1) \text{ 식}$$
- [0052] 시각 t5에 있어서의 막 두께 r5는 다음 식에 의해 구한다.
- [0053]
$$r5=r4+R(t4)*(t5-t3)\cdots(2) \text{ 식}$$
- [0054] 도 4의 (c)에 도시하는 변화량(38)이, 막 두께 r4와 막 두께 r5의 차이이며, (2) 식의 $R(t4)*(t5-t3)$ 이다.

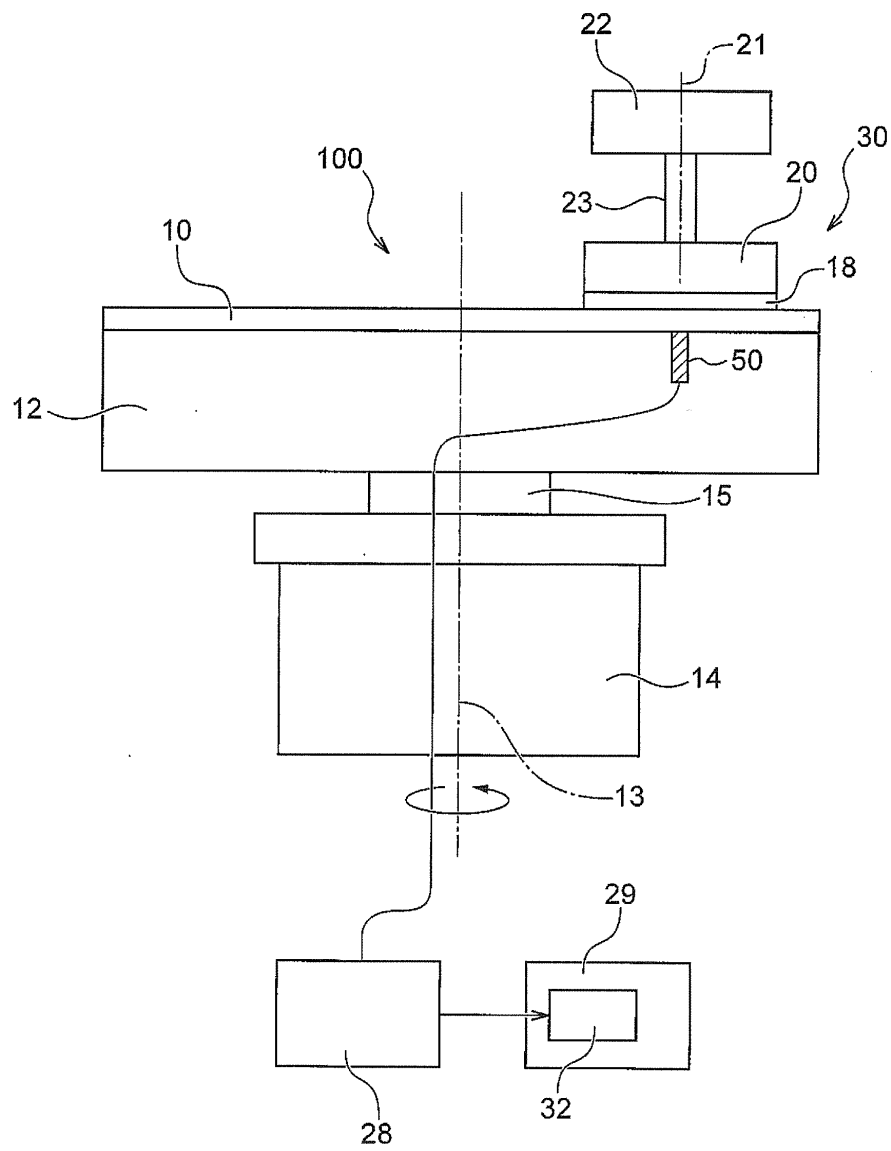
- [0055] 연마 레이트의 산출 방법은, (1) 식에만 한정되지 않는다. 즉, 연마 레이트로서, 연마 레이트 $R(t_4)$ 만을 사용하는 것에 한정되지 않는다. 다른 방법으로서, 시각 t_1 내지 t_3 에 대해서도, (1) 식과 마찬가지로 연마 레이트 $R(t_1)$ 내지 $R(t_3)$ 을 구하고, 이들 4개의 연마 레이트 $R(t_1)$ 내지 $R(t_4)$ 의 평균을, (2) 식의 $R(t_4)$ 대신에 사용해도 된다. 또한, 변화량을 구하지 않고, 스프라인 보간에 의해, 직접 막 두께 r_1 내지 r_4 로부터 막 두께 r_5 를 구해도 된다.
- [0056] 막 두께 예측부(32)를 포함하는 제어부(29)는, 연마 장치(100) 전체의 제어에 사용하는 연마 제어 프로그램을 실행한다. 제어부(29)는, 도시하지 않은 자기 하드 디스크 장치나 반도체 기억 장치 등의 기억 장치를 갖고, 센서 처리부(28)에 의해 생성된 막 두께 데이터를 데이터베이스로서 기억한다. 기억 장치는, 각 시각과, 그 시각에 있어서의 각 막 두께를 대응지어, 시계열을 따라 기억한다. 제어부(29)는, 도시하지 않은 연산부를 갖고, 기억 장치에 기억되어 있는 데이터에 기초하여, 연마 레이트를 추정하여, 막 두께를 예측한다. 제어부(29)는, 버스로 접속된 CPU(Central Processing Unit)나 메모리나 보조 기억 장치를 구비한다. 연산부는, 프로그램을 실행함으로써, 센서 처리부(28) 및 막 두께 예측부(32)로서 기능한다.
- [0057] 상기한 바와 같이 구성되는 연마 장치(100)에 있어서의 반도체 웨이퍼(18)를 연마하는 연마 방법에 대하여, 도 5에 의해 설명한다. 도 5는 소정의 막 두께까지 연마를 행하고, 소정의 막 두께에 도달하면 연마를 종료하는 경우의 흐름도이다. 시각 t_5 에서의 막 두께를 예측하는 경우를 예로 들어 설명한다. 다른 시각에서도 마찬가지로 처리가 행하여진다.
- [0058] 반도체 웨이퍼(18)의 연마를 개시하면(연마 스텝 S10), 반도체 웨이퍼(18)의 와전류(구체적으로는 임피던스 Z)를, 각 시각에 있어서 측정한다(측정 스텝 S12). 시각 t_4 에 있어서 임피던스 Z 를 측정하면, 측정된 임피던스 Z 에 기초하여, 시각 t_4 에 있어서의 반도체 웨이퍼(18)의 막 두께에 상당하는 데이터를 산출한다(막 두께 산출 스텝 S14, S16). 산출된 데이터를 사용하여, 시각 t_4 에 대하여, 시각 t_4 로부터 시간차(36)만큼 경과한 후에 있어서의 데이터를, 이미 설명한 바와 같이 예측한다(막 두께 예측 스텝 S18, S20). 막 두께 예측 스텝 S18에서는, 막 두께의 시계열 데이터로부터, 연마 레이트 $R(t_4)$ 을 계산한다. 막 두께 예측 스텝 S20에서는, 연마 레이트의 예측값을 바탕으로, 현재 시각의 막 두께 r_5 를 계산한다. 이어서, 막 두께 r_5 로부터, 소정의 막 두께까지 연마가 행하여졌는지 여부를 판정한다(스텝 S22). 소정의 막 두께까지 연마가 행해진 경우("예")는 연마를 종료한다. 소정의 막 두께까지 연마가 행하여지지 않은 경우("아니오")는 연마를 속행한다.
- [0059] 이상, 본 발명의 실시 형태의 예에 대하여 설명해 왔지만, 상기한 발명의 실시 형태는, 본 발명의 이해를 용이하게 하기 위한 것이고, 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 본 발명은 그 취지를 일탈하지 않고, 변경, 개량될 수 있음과 함께, 본 발명에는 그 균등물이 포함되는 것은 물론이다. 또한, 상술한 과제 of 적어도 일부를 해결할 수 있는 범위 또는 효과의 적어도 일부를 발휘하는 범위에서, 특허 청구 범위 및 명세서에 기재된 각 구성 요소의 임의의 조합 또는 생략이 가능하다.

부호의 설명

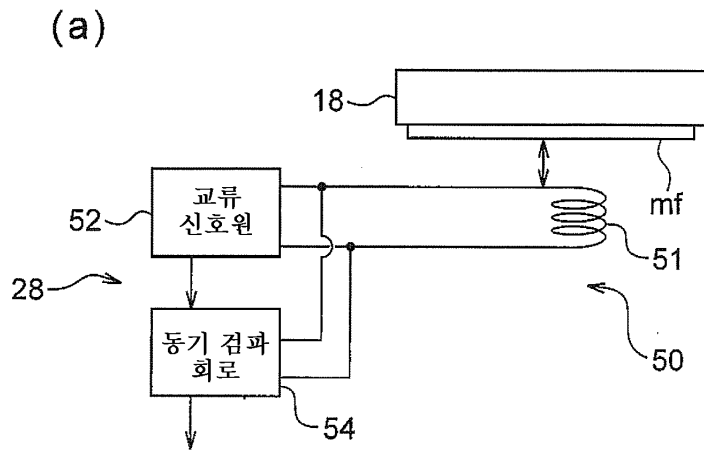
- [0060] 12: 연마 테이블
18: 반도체 웨이퍼
28: 센서 처리부
29: 제어부
30: 연마부
32: 막 두께 예측부
50: 와전류 센서
51: 센서 코일
52: 교류 신호원
54: 검파 회로
100: 연마 장치

도면

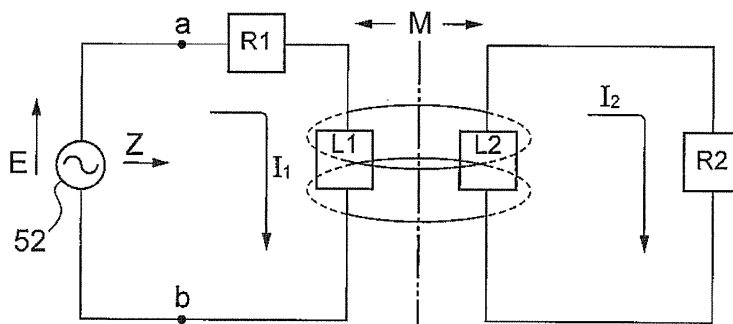
도면1



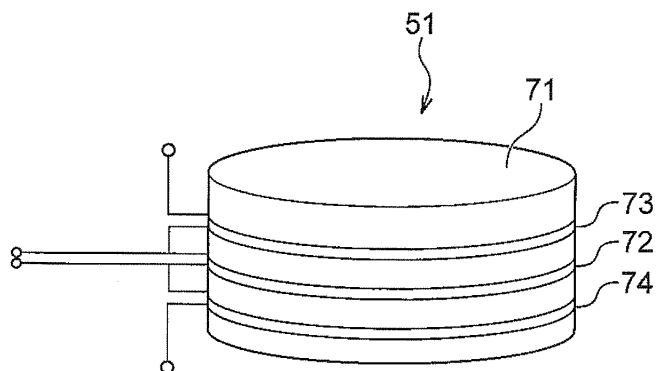
도면2



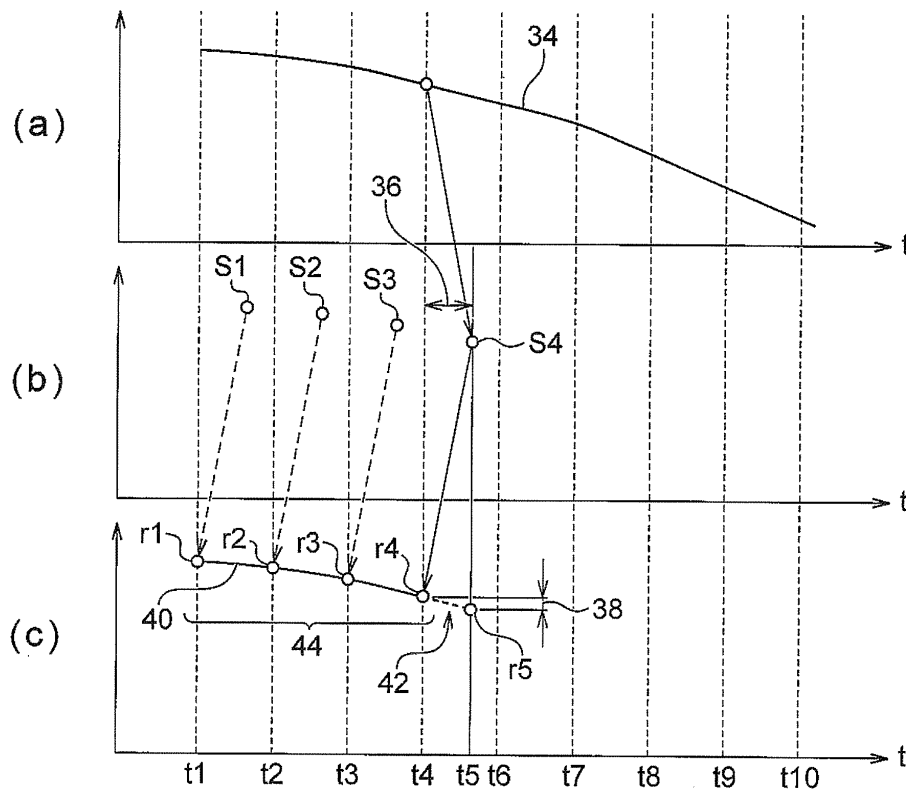
(b)



도면3



도면4



도면5

