



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년09월20일
 (11) 등록번호 10-2023444
 (24) 등록일자 2019년09월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 21/67 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 H01L 21/67069 (2013.01)
 H01L 21/3065 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0123879
 (22) 출원일자 2017년09월26일
 심사청구일자 2017년09월26일
 (65) 공개번호 10-2018-0106816
 (43) 공개일자 2018년10월01일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2017-053916 2017년03월21일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020140063365 A*
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자
 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
 일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1췌메 24-14
 (72) 발명자
 에토 소이치로
 일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1-6-6
 오모리 다케시
 일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1-6-6
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 문두현

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 박부식

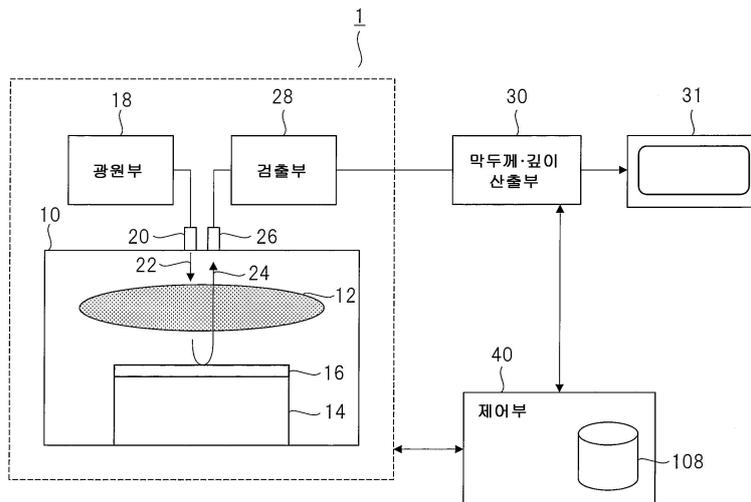
(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법

(57) 요약

본 발명은, 수율을 향상시킨 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법을 제공하는 것을 과제로 한다.

이러한 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 소정의 주기 및 기간에 의해 처리실(10) 내에 있어서 온과 오프가 전환되는 플라즈마(12)를 이용해서, 웨이퍼(16)의 표면에 미리 배치된 처리 대상의 막층이 처리되는 플라즈마 처리 장치는, 웨이퍼(16) 표면의 막층의 처리의 양을 검출하는 검출 제어부를 갖는다. 검출 제어부는, 광원부(18), 검출부(28), 및 막두께·깊이 산출부(30)로 구성된다. 이 검출 제어부는, 웨이퍼(16)를 처리 중의 플라즈마(12)가 오프된 기간에 미리 정해진 주기로 시료 표면의 광의 강도를 나타내는 양을 복수 회 검출하고, 검출한 광의 강도를 나타내는 양을 이용해서 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01L 21/67242 (2013.01)

(72) 발명자

우스이 다테히토

일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1-6-6

이노우에 사토미

일본국 도쿄도 미나토쿠 니시 십바시 1-24-14

(56) 선행기술조사문헌

KR1020130062791A

KR1020140025381A

KR1020070087193 A*

US20140131314 A1

US7718538 B2

US6160621 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

진공 용기 내부의 처리실과, 상기 처리실의 내측에 배치되고, 시료를 유지하는 시료대를 구비하고, 소정의 주기 및 기간에 의해 상기 처리실 내에 있어서 온과 오프가 전환되는 플라즈마를 이용해서, 상기 시료의 표면에 미리 배치된 처리 대상의 막층을 처리하는 플라즈마 처리 장치로서,

상기 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출하는 검출 제어부를 갖고,

상기 검출 제어부는, 상기 시료 처리 중의 미리 정해진 주기로 상기 플라즈마가 오프된 기간에서만 상기 시료 표면의 광의 강도를 나타내는 양을 복수 회 검출하고, 당해 복수의 검출한 상기 광의 강도를 나타내는 양의 시간의 추이에 대한 변화를 이용해서 상기 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출하는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 검출 제어부는, 상기 시료의 처리 중의 상기 플라즈마가 오프로 된 기간에 상기 처리실의 외부로부터 조사되어 상기 시료의 표면에서 반사된 광의 강도를 나타내는 양을 복수 회 검출한 결과를 이용해서 상기 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출하는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 검출 제어부는, 상기 시료의 처리 중의 상기 플라즈마가 오프로 된 복수의 기간에 걸쳐 미리 정해진 상기 주기로 상기 복수의 오프로 된 기간 동안에 적어도 1회 상기 시료 표면으로부터의 광의 강도를 나타내는 양을 검출하는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 검출 제어부는, 상기 시료가 처리 중의 상기 플라즈마가 오프로 된 복수의 기간의 각각에 있어서 상기 미리 정해진 주기로 상기 시료 표면으로부터의 광의 강도를 나타내는 양을 복수 회 검출한 데이터를 평균한 결과를 이용해서 상기 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출하는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 검출 제어부는, 상기 시료의 표면의 막층의 처리의 양을 검출한 결과를 이용해서 상기 처리의 조건의 변경 또는 처리의 종점의 판정을 행하는, 플라즈마 처리 장치.

청구항 6

진공 용기 내부의 처리실의 내측에 배치된 시료대 상에 배치되어 유지된 시료의 표면에 미리 배치된 처리 대상의 막층을 소정의 주기 및 기간에 의해 상기 처리실 내에서 온과 오프가 전환되어 반복되는 플라즈마를 이용해서 처리하는 플라즈마 처리 방법으로서,

상기 시료 처리 중의 미리 정해진 주기로 상기 플라즈마가 오프된 기간에서만 상기 시료 표면으로부터의 광의 강도를 나타내는 양을 복수 회 검출하는 스텝과,

상기 검출하는 스텝에서 검출된 상기 복수의 광의 강도를 나타내는 양으로부터 획득된 광의 강도를 나타내는 양의 시간의 추이에 대한 변화를 나타내는 양을 이용해서 상기 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출하는 스텝과,

상기 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출하는 스텝에서 검출된 처리의 양에 의거해서, 상기 처리의 조건을 변

경하는 스텝

을 갖는, 플라즈마 처리 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 광의 강도를 검출하는 스텝은, 상기 시료의 처리 중의 상기 플라즈마가 오프로 된 기간에 있어서 상기 처리실의 외부로부터 조사되어 상기 시료의 표면에서 반사된 광의 강도를 나타내는 양을 검출하는, 플라즈마 처리 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 광의 강도를 검출하는 스텝은, 상기 시료의 처리 중의 상기 플라즈마가 오프로 된 복수의 기간에 걸쳐, 상기 미리 정해진 주기로 상기 복수의 오프로 된 기간 동안에 적어도 1회의 상기 시료 표면으로부터의 광의 강도를 나타내는 양을 검출하는, 플라즈마 처리 방법.

청구항 9

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 처리의 양을 검출하는 스텝은, 상기 시료가 처리 중의 상기 플라즈마가 오프로 된 복수의 기간의 각각에 있어서, 상기 미리 정해진 주기로 상기 시료 표면으로부터의 광의 강도를 나타내는 양을 복수 회 검출한 데이터를 평균한 결과를 이용해서 상기 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출하는, 플라즈마 처리 방법.

청구항 10

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 처리의 양을 검출하는 스텝에서 상기 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출한 결과를 이용해서 상기 처리의 종점의 판정을 행하는 스텝을 갖는, 플라즈마 처리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법에 관한 것이며, 특히, 처리 중의 막층에 있어서의 처리 상태의 검출에 유효한 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 디바이스의 제조에서는, 웨이퍼의 표면 상에 다양한 컴포넌트나 그들을 상호 접속하는 배선 등을 형성한다. 이들은 도체·반도체·절연체 등 각종 재료의 성막, 불필요한 부분의 제거를 반복함에 의해 형성된다. 불필요한 부분의 제거 프로세스로서는, 플라즈마를 이용한 드라이 에칭이 널리 사용되고 있다.

[0003] 이와 같은 플라즈마를 이용한 드라이 에칭 장치는, 진공 용기 내부에 배치된 처리실 내에 도입한 처리용의 반응성 가스를 소정의 주파수, 예를 들면, 10MHz 이상의 고주파 대역의 전계 또는 자계를 이용해서 전리시켜 형성한 플라즈마를 이용해서 처리 대상의 반도체 웨이퍼 등의 기판 형상의 시료의 표면에 접촉시켜서 시료 표면의 막층의 처리를 행하는 것이다.

[0004] 이 처리 시에 생기는, 플라즈마 중의 이온에 의한 스퍼터링 등의 물리 반응이나 라디칼에 의한 화학 반응이 이용되어 이방성이나 등방성의 에칭이 행해진다. 또한, 이들 등방성, 이방성의 처리를 장치의 사용자가 구별해 사용함으로써, 처리 대상의 웨이퍼 표면 상에는 반도체 디바이스용의 각종 구조의 회로 컴포넌트나 배선이 형성된다.

[0005] 이와 같은 플라즈마 에칭에 의해서 얻어지는 가공 후의 형상, 치수가 소기의 것과 서로 다를 경우, 가공 후에 얻어지는 각종 회로의 컴포넌트는, 소기의 기능을 나타낼 수 없어, 반도체 디바이스는 불량품으로 간주된다.

- [0006] 이 때문에, 상기 플라즈마를 이용해서 에칭 처리가 되는 도중에도 그 처리의 상태를 감시하는 것, 처리의 조건과 그 진행이 안정할 수 있도록 실제의 처리의 상태를 검출하기 위한 프로세스 모니터 기술이 제안되어 왔다.
- [0007] 예를 들면, 플라즈마를 이용한 처리 중의 웨이퍼 표면으로부터의 반사광의 강도의 크기와 그 시간의 경과에 수반하는 변화를 검출해서 웨이퍼 상에 미리 형성되어 있던 막의 나머지 막두께의 크기나 웨이퍼 상에 형성된 홈이나 구멍의 깊이를 검출하기 위한 프로세스 모니터는, 막두께·깊이 모니터로 불리며, 에칭 처리의 종점 판정 등에 이용되어 왔다.
- [0008] 이와 같은 기술의 예로서는, 예를 들면 특허문헌 1~5에 개시된 것이 알려져 있다. 특허문헌 1에는, 이 막두께·깊이 모니터를 이용한 가공 정밀도 고정밀도화 방법이 기재되어 있다. 이 기술은, 플라즈마광을 광원으로 한 막두께·깊이 모니터를 이용해서 처리 대상의 막이 완전하게 제거되기 직전을 검지하여, 당해 에칭 처리를 종료하는 것을 개시하고 있다.
- [0009] 이 특허문헌 1에서는, 또한, 그 후, 처리 대상 부분과 처리 비대상 부분을 고(高)선택으로 에칭하는 조건으로 전환해서 에칭 처리가 행해지는 것이 개시되어 있다. 그리고, 이것에 의해, 전체의 처리 시간을 짧게 억제하면서, 웨이퍼면 내에서의 처리 불균일 없이, 처리 대상막의 완전한 제거를 실현할 수 있는 것이 개시되어 있다.
- [0010] 또한, 특허문헌 2에는, 막두께·깊이 모니터의 막두께나 깊이의 검출 정밀도의 고정밀도화 기술이 기재되어 있다. 이 특허문헌 2에서는, 웨이퍼에 조사하는 광원으로서 플라즈마광 대신에 외부 광원이 사용되는 것이 개시되어 있다.
- [0011] 이 구성에 의해, 광원의 광량 변동이 작아져 고정밀도로 막두께·깊이가 검출된다. 또한, 외부광 조사 시와 외부광 비조사 시에서 웨이퍼 반사광을 측정하고, 그들의 차분을 취함에 의해서 플라즈마광의 영향을 제거하여, 막두께·깊이 모니터의 노이즈를 저감하는 기술도 개시되어 있다.
- [0012] 한편, 최근에는, 반도체 디바이스가 고기능화에 수반하여 구조의 미세화나 3차원화가 진행되고 있어, 플라즈마 에칭의 추가적인 고정밀도화의 필요성이 증가하고 있다. 이와 같은 높은 정밀도의 에칭 처리를 실현하는 기술로서는, 플라즈마를 형성하는 전계 또는 자계가 미리 정해진 주기 및 시간으로 처리실 내의 공급과 정지를, 또는 공급되는 크기의 증감을 반복함으로써, 처리실 내에 플라즈마를 소정의 주기와 시간으로 형성 및 소화 혹은 그 강도를 증감하는 기술이 알려져 있다.
- [0013] 일반적으로, 이와 같은 전계 또는 자계의 주기적으로 단속(斷續)하는 공급은, 전원 또는 이것으로부터의 출력을 지령하는 신호가 소정의 기간으로 펄스 형상으로 On/Off(온·오프)하는 펄스폭 변조됨으로써 실현된다.
- [0014] 예를 들면, 특허문헌 3은, 펄스 형상으로 형성되는 플라즈마를 이용한 에칭 처리를 행함으로써 웨이퍼 상의 패턴의 조밀(粗密)에 기인하는 에칭 불균일(마이크로로딩)을 저감하는 방법이 기재되어 있다.
- [0015] 이와 같은 펄스 플라즈마를 이용한 처리 중에 처리의 상태를 검출하는 프로세스 모니터의 기술로서는, 특허문헌 4 및 특허문헌 5가 알려져 있다. 특허문헌 4는, 처리 중에 발생하는 특정의 파장의 광을 수광한 양의 시간적인 변화를 검출하고, 이것에 의거해서 에칭 처리의 종점을 판정하는 것이다.
- [0016] 특히, 소정의 주기와 시간으로 그 출력의 On/Off나 증감이 반복되어 공급되는 전계에 의해 형성과 소화가 반복되는, 소위 펄스 형상으로 형성되는 플라즈마의 On/Off에 수반하는 발광의 양의 시간적인 변화에 의해서 발광의 양으로부터 검출되는 처리의 상태를 나타내는 양의 검출에의 악영향을 저감하기 위해서, 플라즈마가 On으로 되는(형성하기 위한 전계가 공급되는) 시간을 일정하게 해서 플라즈마를 형성하는 기술이 개시되어 있다.
- [0017] 이것에 의해, 플라즈마가 Off인 기간에서의 처리실 내로부터의 발광을 검출한 결과로부터 받는 영향을 저감해서, 플라즈마가 On인 기간 중의 처리실 내의 발광의 양의 변화의 검출의 정밀도가 손상되는 것이 억제되어, 에칭 처리의 종료 판정을 정확히 행하는 것이 가능하게 되는 기술을 나타내고 있다.
- [0018] 특허문헌 5는, 플라즈마가 On으로 되는(펄스 형상으로 공급되는 전계가 On으로 되는 기간이 개시되는) 시각에 동기해서, 플라즈마의 발광의 양과 질을 검출하는, 소위 광검출을 행하는 기술이 기재되어 있다.
- [0019] 이 기술에서는, 처리 중의 처리실 내의 발광의 양은 항상 플라즈마가 형성되어 있는 기간(플라즈마가 On인 기간) 중에 실시된다. 이것에 의해, 받는 영향을 저감해서, 처리의 상태를 처리 중에 검출하여, 높은 정밀도로 처리의 종료를 판정하는 것이 가능하게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0020] (특허문헌 0001) 일본 특개평11-260799호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특표2004-507070호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특표2010-519758호 공보
- (특허문헌 0004) 일본 특개2014-9936호 공보
- (특허문헌 0005) 일본 특개2000-306884호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0021] 그러나, 전술의 기술에서는, 이하의 점에 대하여 고려가 불충분했기 때문에 문제가 발생하고 있었다.
- [0022] 즉, 에칭 처리의 고정밀도화에 수반하여, 막두께·깊이 모니터에 의한 막두께·깊이의 검출 정밀도의 향상이 요구된다. 막두께·깊이 모니터의 검출 정밀도를 저하시키는 주된 노이즈는 플라즈마의 광량 변동이기 때문에, 막두께·깊이 모니터의 고정밀도화에는 플라즈마 광량 변동을 완전하게 제거하는 것이 필수이다.
- [0023] 도 11은, 본 발명자의 검토에 의한 플라즈마 처리 장치에 있어서 처리 대상의 시료를 에칭 처리하는 기간 중에 검출된 시간의 추이에 대한 플라즈마의 발광의 강도의 변화를 모식적으로 나타내는 그래프이다.
- [0024] 본 도면은, 막두께·깊이 모니터 신호의 일례로서 에칭 처리 중의 웨이퍼 표면 및 처리실로부터의 발광의 강도의 변화가 본래 포함되는 노이즈가 없이 나타나 있다. 이 예에 있어서 처리는, 시각 0s에 개시되고, 에칭 처리의 진행(처리 대상의 막두께의 감소)에 수반하여 검출되는 광의 양은 증감한다.
- [0025] 상기한 기술에서는, 이와 같은 변화를 나타내는 에칭 처리 기간 중의 발광의 양을 복수의 소정의 시각에서 검출한 결과가 이용되어 처리 대상의 막의 나머지 두께나 처리된 양(에칭 깊이)이 검출되거나, 종점예의 도달이 판정된다.
- [0026] 여기에서, 처리 대상의 굴절률 n , 측정하는 파장 λ , 광의 입사(검출) 각도 θ 를 이용해서 나타나는 막두께 $\lambda / (2n \cdot \cos \theta)$ 를 1주기로 해서 반사광량은 주기적으로 변화한다. 그 때문에, 막두께·깊이 모니터에 있어서의 신호 강도는, 막두께 1nm당의 반사광량 변화 ΔI (반사광량 변화 1주기의 진폭)/ $\{\lambda / (2n \cdot \cos \theta)\}$ 로서 정의된다.
- [0027] 각 파라미터의 현실적인 취할 수 있는 값은 $\Delta I \leq 100\%$, $\lambda \geq 300\text{nm}$, $n \leq 4$, $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 이므로, 신호 강도 $\leq 100\% / \{300\text{nm} / (2 \cdot 4 \cdot \cos(0^\circ))\} = 2.7\%$ (검출 막두께 1nm당)로 된다. 여기에서, 1nm 등의 고정밀도의 막두께·깊이 검출에 있어서는 신호 강도가 매우 작아, 노이즈를 억제할 필요가 있는 것이 명백하다.
- [0028] 다음으로, 도 12는, 본 발명자의 검토에 의한 플라즈마 처리 장치에 있어서, 처리 대상의 시료를 에칭 처리하는 기간 중에 검출된 시간의 추이에 대한 플라즈마의 발광의 강도의 변화를 모식적으로 나타내는 그래프이다.
- [0029] 특히, 본 도면에서는, 시각 0s에 있어서 착화되어 형성된 플라즈마로부터의 발광의 강도의 변화의 전형적인 예를 도 11의 것보다 단시간으로 나타낸 것이다. 이 도면에 있어서, 그래프 상에 나타나는 각 점은, 각각의 대응하는 시각에 있어서 검출된 0.1s마다의 발광의 강도의 평균값이다.
- [0030] 플라즈마가 착화된(On으로 된) 직후의 시각 0s부터 1s까지의 기간은, 발광의 강도가 크게 변화하고 있으므로 플라즈마의 상태는 불안정하고, 평균값으로 규격화한 광량 변화는 46.2%로 매우 크다.
- [0031] 일반적으로 플라즈마 상태가 안정하다고 간주할 수 있는 시각 1s 이후에는, 시각 5s 정도에 걸쳐서의 완만한 변화에 더하여, 빠른 주기의 변화도 검출되어 있고, 이 기간에서의 변화의 크기는 전체의 7.2%이다.
- [0032] 이로부터, 처리 중에 웨이퍼 표면으로부터 얻어지는 발광의 강도의 변화를 나타내는 신호의 강도의 변화율 2.7%(검출 막두께 1nm당)에 대해서 플라즈마 자체의 발광의 광량의 변동은, 매우 커서, 높은 정밀도로 나머지 막두께나 깊이 또는 처리의 종점을 검출하는데 플라즈마 자체로부터 생기는 발광의 노이즈 성분의 제거가 필수라고 할 수 있다. 또한, 플라즈마 자체의 발광의 강도의 변동에 의한 영향은, 검출하는 기간이 짧을 경우에 보다 현저하게 나타난다.

- [0033] 도 13은, 본 발명자의 검토에 의한 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 대상의 시료를 예칭 처리하는 기간 중에 검출된 시간의 추이에 대한 플라스마의 발광의 강도의 변화를 모식적으로 나타내는 그래프이다.
- [0034] 특히, 본 도면에서는, 도 12와 마찬가지로, 플라스마가 착화된 직후의 도 11보다 짧은 기간에서의 처리실 내로부터의 발광의 강도의 변화를 나타내고 있고, 도 13의 (a), (b)는 각각, 그래프 상에 나타나는 각 점이 대응하는 시각에 검출된 데이터가 0.01s 및 0.001s마다의 평균값일 경우의 광의 양의 시간 경과에 수반하는 변동을 나타내고 있다.
- [0035] 본 도면의 예에서는, 플라스마가 안정해 있다고 간주할 수 있는 기간에 있어서도, 검출하는 시간 간격이 0.01s와 0.001s로 짧아지면, 발광의 강도의 변동은 24.3%에서 47.6%로 커지는 것을 알 수 있다. 이들 변동은, 상기한 신호의 강도의 변화율 2.7%의 10배 이상의 양을 갖는 노이즈이고, 이와 같은 노이즈는, 높은 정밀도로 막두께나 종점의 판정을 하는 것을 현저하게 곤란하게 한다.
- [0036] 또한, 플라스마의 발광의 강도의 변동은, 플라스마가 On으로 되는 시간의 짧은 펄스 형상의 플라스마에 있어서 더 현저하게 나타난다.
- [0037] 도 14는, 본 발명자의 검토에 의한 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 대상의 시료를 예칭 처리하는 기간 중에 검출된 시간의 추이에 대한 플라스마의 발광의 강도의 변화를 모식적으로 나타내는 그래프이다.
- [0038] 도 14의 (a), (b)의 각각은, 플라스마가 On으로 되는(플라스마 형성용의 전계가 플라스마 형성용의 공간에 공급되는) 시간이 10ms 및 1ms인 조건에 있어서, 이들 기간에서의 형성된 플라스마로부터의 발광의 강도와 그 변화를 검출한 결과를 나타내고 있다.
- [0039] 본 도면에 있어서, 도 14의 (a)에 있어서는, 플라스마가 On인 기간 중의 발광의 강도의 크기는, 각각의 기간마다(각각의 펄스 형상의 전계의 On 기간마다) 불균일이 있고, 그 변동의 크기의 비율은, 45.1%로 크다. 이 비율은, 도 13의 (a)에 나타난 플라스마가 안정해 있다고 간주한 기간에 있어서의 10ms마다의 변동의 비율에 비해서 커져 있다.
- [0040] 이것은, 각 On 기간 중에서 나타나는 검출된 신호에 대응하는 각각 시각은, 모두 전계의 공급(On 기간)이 개시 또는 플라스마가 착화된 직후의 플라스마가 불안정한 상태의 기간 내이고, 각 On 기간마다 플라스마의 착화 시의 복수의 파라미터가 서로 달라, 그 결과 당해 시각에의 플라스마의 밀도나 강도 또는 그 분포 등의 상태가 서로 다르기 때문이라고 생각할 수 있다.
- [0041] 이와 같은 플라스마의 상태의 불균일에 의한 영향은, 플라스마의 On 기간이 짧아지면 보다 커지고, 플라스마의 On 기간이 1ms인 도 14의 (b)의 예에 있어서는, 발광의 강도의 변동의 비율은 120.6%로 더 커진다.
- [0042] 이로부터, 펄스 형상으로 플라스마가 형성되는 경우에는, 검출되는 플라스마의 발광의 강도의 변동이 현저하게 커져, 처리 중의 나머지 막두께나 처리의 종점을 높은 정밀도로 검출하는 것은 더 곤란해지는 것을 알 수 있다.
- [0043] 이상 서술해 온 이유로부터, 펄스 형상으로 형성되는 플라스마를 이용해서 시료를 처리하는 경우에는, 플라스마의 발광의 강도의 변동이 커져, 처리 중의 처리의 상태를 높은 정밀도로 검출하는 것이 곤란하게 되어, 시료의 처리의 재현성이나 수율이 저하해 버린다는 문제가 발생해 있던 것에 대하여, 상기한 기술에서는 고려되어 있지 않았다.
- [0044] 본 발명의 목적은, 수율을 향상시킨 플라스마 처리 장치 및 플라스마 처리 방법을 제공할 수 있는 기술을 제공하는 것에 있다.
- [0045] 본 발명의 상기 및 그 밖의 목적과 신규의 특징에 대해서는, 본 명세서의 기술 및 첨부 도면으로부터 명백하게 될 것이다.

과제의 해결 수단

- [0046] 본원에 있어서 개시되는 발명 중, 대표적인 것의 개요를 간단히 설명하면, 다음과 같다.
- [0047] 즉, 대표적인 플라스마 처리 장치는, 진공 용기 내부의 처리실과, 당해 처리실의 내측에 배치되고, 시료를 유지하는 시료대를 구비하고, 소정의 주기 및 기간에 의해 처리실 내에 있어서 온과 오프가 전환되는 플라스마를 이용해서, 시료의 표면에 미리 배치된 처리 대상의 막층을 처리한다.
- [0048] 이 플라스마 처리 장치는, 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출하는 검출 제어부를 갖는다. 상기 검출 제어부는, 시료를 처리 중의 플라스마가 오프된 기간에 미리 정해진 주기로 시료 표면의 광의 강도를 나타내는 양을

복수 회 검출하고, 검출한 광의 강도를 나타내는 양을 이용해서 시료 표면의 막층의 처리의 양을 검출한다.

발명의 효과

- [0049] 본원에 있어서 개시되는 발명 중, 대표적인 것에 의해서 얻어지는 효과를 간단히 설명하면 이하와 같다.
- [0050] (1) 펄스 형상으로 형성되는 플라스마의 발광의 강도의 변화의 악영향을 억제해서 처리 중에 높은 정밀도로 처리의 상태를 검출할 수 있다.
- [0051] (2) 상기 (1)에 의해, 수율을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0052] 도 1은 실시예에 따른 플라스마 처리 장치의 구성 개략을 모식적으로 나타내는 종단면도.
- 도 2는 도 1에 나타내는 실시예의 막두께 · 깊이 산출부의 구성의 개략을 모식적으로 나타내는 블록도.
- 도 3은 도 1에 나타내는 플라스마 처리 장치가 행하는 처리실 내로부터의 광을 검출하는 동작의 흐름을 모식적으로 나타내는 타임차트.
- 도 4는 도 1에 나타내는 실시예에 따른 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트.
- 도 5는 도 4의 다른 예를 나타내는 타임차트.
- 도 6은 도 5의 다른 예를 나타내는 타임차트.
- 도 7은 도 1에 나타내는 실시예의 변형예에 따른 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트.
- 도 8은 도 1에 나타내는 실시예의 다른 변형예에 따른 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트.
- 도 9는 도 1에 나타내는 실시예의 다른 변형예에 따른 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트.
- 도 10은 도 1에 나타내는 실시예에 따른 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트.
- 도 11은 본 발명자의 검토에 의한 플라스마 처리 장치에 있어서 처리 대상의 시료를 예칭 처리하는 기간 중에 검출된 시간의 추이에 대한 플라스마의 발광의 강도의 변화를 모식적으로 나타내는 그래프.
- 도 12는 본 발명자의 검토에 의한 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 대상의 시료를 예칭 처리하는 기간 중에 검출된 시간의 추이에 대한 플라스마의 발광의 강도의 변화를 모식적으로 나타내는 그래프.
- 도 13은 본 발명자의 검토에 의한 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 대상의 시료를 예칭 처리하는 기간 중에 검출된 시간의 추이에 대한 플라스마의 발광의 강도의 변화를 모식적으로 나타내는 그래프.
- 도 14는 본 발명자의 검토에 의한 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 대상의 시료를 예칭 처리하는 기간 중에 검출된 시간의 추이에 대한 플라스마의 발광의 강도의 변화를 모식적으로 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0053] 본 발명의 실시형태를 이하, 도면을 이용해서 설명한다.
- [0054] 본 실시형태의 플라스마 처리 장치는, 진공 용기 내부의 처리실 내에 배치된 반도체 웨이퍼 등의 기판 형상의 시료의 표면에 미리 배치된 반도체 디바이스의 회로로 되는 막구조로서 회로의 패턴을 규정하는 마스크를 포함한 복수 층의 막구조의 처리 대상의 막층을, 당해 처리실 내에 형성한 플라스마를 이용해서 예칭 처리하는 반도체 플라스마 처리 장치이다.
- [0055] 본 실시형태의 플라스마 처리 장치에서는, 시료의 처리 중에 수광한 처리실 내로부터의 광의 강도와 그 변화를

검출하고, 이 결과를 이용해서 처리 중의 막층의 나머지 막두께나 처리의 깊이 등의 처리의 양이나 처리의 종점에의 도달을 판정하는 기능이 나타난다.

- [0056] 또한, 본 실시형태의 플라스마 처리 장치에서는, 처리실 내에 플라스마를 형성하는 전계 또는 자계가 미리 정해진 주기 및 시간으로 처리실 내의 공급과 정지를, 또는 공급되는 크기의 증감을 반복함으로써, 처리실 내에 플라스마를 소정의 주기와 시간으로 형성 및 소화하거나 혹은 플라스마의 강도를 증감하는 것이 행해진다.
- [0057] 또한, 본 실시형태에서는, 이와 같은 플라스마의 형성을 위하여, 전계 또는 자계의 주기적으로 단속하는 공급은, 전원 또는 이것으로부터의 출력을 지령하는 신호가 소정의 시간으로 펄스 형상으로 그 진폭이 커진(온(On)으로 된) 기간과 작아진(또는 0이나 이것과 동등한 크기로 된(오프로 된)) 기간이 전환되어 반복되는, 소위 On/Off(온오프)되도록 펄스폭 변조된다. 이와 같이 본 실시형태의 플라스마 처리 장치에서는, 처리실 내에 펄스 형상으로 플라스마가 형성된다.
- [0058] 한편, 펄스 형상으로 형성되는 플라스마에 있어서의 플라스마의 발광의 강도의 변동은, 플라스마가 소화된 상태에서 착화되어 형성되거나 또는 플라스마의 강도가 상대적으로 낮은 상태에서 높은 상태로 증대되는(플라스마 On) 직후에는 플라스마의 강도나 밀도 혹은 이들의 분포가 불안정한 상태에 의해서 일어나게 된다.
- [0059] 예를 들면, 도 12, 도 13에 나타낸 바와 같이, 플라스마 On 후의 시각 0s~1s에서는 플라스마의 강도 등 상태가 불안정하고, 시간이 0~1s 이내인 경우에는 플라스마는 펄스마다 상태가 크게 달라 그 발광의 강도도 크게 변동하게 된다.
- [0060] 이와 같은 플라스마가 불안정한 기간은, 방전에 관한 각종 파라미터, 예를 들면 장치의 구조, 방전 방식, 가스종, 압력, 배기 능력, 가스 여기(勵起) 파워(인가 전압이나 마이크로파 파워) 등에 의해서 변화한다.
- [0061] 그러나, 이 플라스마가 불안정한 기간은 가스의 플라스마화에 이용하는 고주파 전력이나 마이크로파의 파워를 가스에 공급하기 위하여 사용되는 정합기의 정합 속도 이하로 되는 경우는 없다.
- [0062] 정합기는, 가스의 플라스마화 상태에 따라서 고주파 전력의 임피던스나 마이크로파의 도파 부하를 변경하여, 항상 가장 효율적으로 파워를 가스에 흡수시키는 작용을 나타내고 있다. 이 정합기는, 주로 기계적인 동작을 하기 때문에, 그 정합을 달성하는 시간은 짧아도 0.5s 정도이고, 통상은 수 초를 요한다. 이로부터도, 발명자들은 플라스마가 착화 직후로부터의 상태가 불안정한 기간은 적어도 0.1s 존재하게 된다고 고찰했다.
- [0063] 이로부터, 플라스마의 On 시간이 개시 직후로부터 0.1s 동안에는, 펄스 형상의 플라스마의 발광의 강도는, 적어도 정합기에 의해서 변동하게 된다. 또한, 도 13의 (a), 도 13의 (b)에 나타내는 바와 같이, 이 플라스마가 불안정한 기간 0.1s보다 짧은 주기로 On/Off 기간이 반복되는 펄스 형상의 플라스마에 있어서는, 정합기의 영향에 더하여, 가스의 피리의 상태, 압력, 전자 밀도, 전자 온도 등은 안정해 있지 않으므로, 각 On 기간에서의 발광의 강도의 불균일은 더 커진다.
- [0064] 발명자들은, 이와 같은 과제에 대해서, 펄스 형상의 플라스마의 Off 기간에 있어서, 미리 정해진 주기로 처리실 내의 발광의 강도와 그 변화를 복수 회 검출함으로써, 상기 문제점을 해결한다는 지견을 얻었다.
- [0065] 본 실시형태는, 이 지견에 의거한 구성을 구비한 반도체 제조 장치로서, 처리실 내에 소정의 주기와 시간으로 반복되는 플라스마의 형성 및 소화 또는 소정의 대소의 강도의 플라스마의 형성 중, 복수의 반복되는 플라스마가 소화되어 있는 기간 혹은 강도가 작은 플라스마가 형성되어 있는 기간에 걸쳐 미리 정해진 주기로 처리실 내로부터의 발광을 복수 회 검출해서 얻어진 당해 발광의 강도 또는 그 강도의 변화로부터 처리실 내에 배치된 시료의 표면의 처리의 상태를 판정하는 기능을 구비하고 있다.
- [0066] 또한, 상기한 구성은, 펄스 형상의 플라스마를 이용한 처리의 경우에는 특정의 주기로 반복되는 플라스마 On/Off의 Off 기간에 있어서 플라스마의 발광의 강도가 0 또는 그렇다고 간주할 수 있을 정도로 작은 기간을 갖고 있을 경우에 복수의 Off 기간의 당해 강도가 작은 기간에 있어서, 발광의 강도 또는 그 변화가 검출된다.
- [0067] 연속 플라스마를 이용한 처리에 있어서도, 일시적으로 플라스마를 소화하는(플라스마 Off의) 기간에 있어서 플라스마의 발광의 강도가 0 또는 그렇다고 간주할 수 있을 정도로 작은 기간을 갖고 있는 경우에는, 복수의 당해 강도의 기간에 상기 검출이 실시됨으로써 마찬가지로의 작용이 얻어진다.
- [0068] 이들 발광의 강도가 0 또는 작은 복수의 기간으로 외부로부터의 광을 처리실 내에 도입하고 처리실 내로부터의 광을 검출한 결과를 이용해서 처리 중의 시료의 막두께·깊이 또는 종점의 검출을 실시해도 된다.
- [0069] 이 경우에, 외부로부터의 광을 처리 중의 시료 표면에 방사해서 반사시킨 광을 처리실 외에서 수광하여 당해 반

사한 광의 강도 또는 그 변화를 검출해도 된다. 상기한 구성을 구비한 본 실시형태는, 고정밀도의 막두께·깊이 모니터나 증점의 판정을 실현할 수 있다.

- [0070] 본 실시형태에 있어서, 복수의 플라즈마 Off 기간의 각각에 있어서의 처리실 내로부터의 발광을 검출하는 횟수는, 사용자가 검출의 정밀도나 그 목적에 따라서 검출의 주기를 선택해서, 반도체 제조 장치 또는 플라즈마 처리 장치의 동작을 조절하는 도 1의 제어부(40)에 대해서 지령 신호를 입력함으로써 임의로 설정된다.
- [0071] 이 설정된 주기마다의 검출에 의해 각 플라즈마 Off 중에 1회의 검출을 할 수 있는 경우에는, 플라즈마 Off 기간의 주기(및 펄스 형상 플라즈마의 주기)마다의 시각에서 시료의 처리의 상태의 검출이 가능하게 된다.
- [0072] 또한, 플라즈마 Off 기간 중에 2회 이상의 검출을 할 수 있는 경우에는, 이들 동일 Off 기간 중의 주기마다의 시각에서의 검출의 결과를 평균한 데이터를 이용함으로써, Off 기간에서의 발광의 강도나 그 변화에 포함되는 노이즈의 영향을 저감할 수 있어, 보다 높은 정밀도로의 처리의 상태의 검출을 실현할 수 있다.
- [0073] 본 실시형태의 반도체 제조 장치에 있어서, 처리실 내에 형성되는 펄스 형상의 플라즈마의 On/Off의 주기가 발광을 검출하는 검출기의 검출 가능한 최단의 주기보다 짧은 경우에는, 당해 검출기의 검출 주기를 플라즈마의 Off의 주기에 맞추면 된다.
- [0074] 이 경우, 검출의 주기마다의 시각 동안에는, 적어도 하나 이상의 플라즈마의 Off 기간이 존재하고 당해 Off 기간에는 처리실 내로부터의 광의 검출은 실시되지 않지만, 복수 회의 검출은 모두 플라즈마 Off 기간의 시각에서 주기적으로 실시되고, 이들 검출의 결과로부터 얻어진 복수의 시각에의 나머지 막두께 등의 예칭 처리의 상태나 그 양을 검출하는 것이 가능하게 된다.
- [0075] 또한, 시료의 처리의 조건에 따라서는, 플라즈마 Off 기간 중에 시료 표면에 막의 퇴적이 생겨서 당해 기간 중에도 막두께가 증가한다. 이 경우에는, 플라즈마 Off 기간 중에 복수 회의 나머지 막두께나 처리의 양의 검출이 실시됨으로써, 플라즈마 Off 중의 처리의 양이나 막두께의 변화가 검출된다.
- [0076] 처리 중에 처리실 외부로부터 처리실 내의 처리 대상의 시료에 조사하는 광은, 예를 들면 자외부터 적외까지의 파장을 포함하는 연속광이어도 된다. 이 경우, 처리 중의 막층의 표면과 그 저면으로부터의 반사광에 의한 간섭광이 복수의 파장마다 검출 가능하게 되어, 이들로부터 파장을 파라미터로 하는 간섭광의 강도 또는 그 시간 변화에 수반하는 변화가 검출되고, 이것을 이용해서 나머지 막두께 혹은 처리의 깊이의 검출이 가능하게 된다.
- [0077] 또한, 연속광이 아닌, 단일 또는 복수의 파장을 갖는 외부광으로서 이용해도 된다. 파장선평이 좁은 특정의 파장을 이용함으로써 파장이 넓어짐에 의한 처리실로부터의 광에 중첩되는 노이즈를 저감할 수 있어, 검출되는 발광의 강도의 데이터의 고정밀도화를 할 수 있다.
- [0078] 또한, 외부광의 광원으로서 레이저를 이용했을 경우, 코히런스 높음에 의해 시료 표면의 처리 대상의 막층에 형성된 어스펙트비가 큰(깊은) 홈이나 구멍 등의 형상에 대해서도, 이들 막층으로부터의 간섭광을 높은 분해능 또는 정밀도로 검출하는 것이 가능하게 된다. 이때, 반도체 레이저를 이용한 경우에는 귀환광 등에 의해 발신 파장이 변동(모드 홉)하는 경우가 있고, 이것은 막두께·깊이 모니터 신호의 노이즈로 된다.
- [0079] 그 경우에는, 반도체 레이저의 구동 전류를 고주파 변조함에 의해 모드 홉을 억제하는 고주파 중첩 등을 적용해도 된다. 단일 파장을 이용한 경우에 있어서는, 검출측에 분광기를 이용할 필요가 없어서 측정계를 간소화하는 것도 가능하게 된다.
- [0080] 외부로부터의 광(참조광)의 조사는, 플라즈마 Off 기간 중에 시료 표면으로부터의 반사광이 검출 가능하게 조사된다. 이때, 처리실 내로부터의 광의 검출의 주기 또는 시각에 동기해서 당해 외부광을 조사해도 되고, 또한 처리의 소정의 기간 중에 걸쳐서 항상 조사해도 된다.
- [0081] 플라즈마의 On 기간 중에 외부광의 조사를 하지 않는 경우에는, 외부광의 광원의 장수명화를 기대할 수 있다. 또한, 록인앰프를 적용함에 의해서 FTM 측정 정밀도를 향상시키는 경우에는, 외부광을 광량 변조해서 조사해도 된다.
- [0082] 반사광의 검출은, 검출 대상의 파장의 광의 강도나 그 변화를 검출할 수 있는 구성으로 되어 있으면 된다. 외부광이 연속광일 경우, 분광기를 이용함에 의해서 각 파장의 광의 강도의 양을 취득할 수 있다.
- [0083] 외부광이 특정 파장인 경우나 외부광은, 연속광인 한편 검출 대상의 반사광이 특정의 파장인 경우는, 대상의 파장을 검출할 수 있도록 광학계를 구성하고, 검출기는 분광기가 아닌 포토 디텍터 등을 이용해도 된다.

- [0084] 포토 디텍터는, 분광기에 비하여 고속의 데이터 샘플링이 가능하기 때문에, 포토 디텍터를 이용함으로써 시간 분해능이 높은 막두께·깊이 측정이 가능하게 된다. 상기 이외에 CCD(Charge Coupled Device)나 COMOS(Complementary metal oxide semiconductor) 센서를 이용해서 분광기와 동등한 기능을 실현할 수도 있어, 그들을 검출기로서 이용해도 된다.
- [0085] 본 실시형태에 있어서, 처리 중의 처리 대상의 막층의 나머지 막두께나 처리의 깊이 등의 처리의 상태를 나타내는 양은, 소정의 검출의 주기마다의 시각에 검출된 처리실 내로부터의 광의 강도 또는 그 변화를 검출해서 얻어진 결과로서의 데이터와, 당해 처리 중의 시료의 처리 전에 미리 얻어진 검출되는 광의 강도 또는 그 변화와 나머지 막두께 혹은 깊이 등의 양의 값의 관계를 나타내는 데이터를 비교해서 검출된다.
- [0086] 즉, 시료의 처리의 개시 전에 미리 처리 대상의 막층의 나머지 막두께나 깊이의 변화에 대한 파장을 파라미터로 하는 당해 막층으로부터의 간섭광의 강도 또는 그 변화율의 변화의 패턴을 나타내는 데이터를 취득하여 있는 경우에는, 처리 중의 특정의 시각에 검출된 처리실 내로부터의 광의 강도(또는 그 변화율)의 특정의 복수의 파장의 데이터와 당해 파장에 대응하는 미리 취득한 데이터가 비교되고, 미리 취득한 데이터 중에서 가장 차가 작은 데이터에 대응하는 막두께 혹은 처리의 깊이 등의 처리의 양이 당해 특정의 시각에서의 처리의 양으로 간주되어 판정된다.
- [0087] 복수의 파장을 포함하는 광 혹은 연속광이 외부광으로서 이용된 경우에도, 처리 중에 있어서 검출의 주기마다의 임의의 시각에 있어서 복수의 파장마다의 처리실 내로부터의 광의 강도(또는 그 변화율)가 검출된다. 이 검출 결과와 미리 취득하여 있는 시간 변화(막두께의 변화)에 대한 상기 파장을 파라미터로 하는 간섭광의 강도(또는 그 변화율)의 변화의 패턴의 각 시각 또는 막두께마다의 데이터가 비교되고, 가장 차가 작은 데이터에 대응하는 막두께를 당해 시각에의 막두께(처리 깊이)로 간주해서 판정된다.
- [0088] 처리 대상의 막두께·깊이에 대한 각 파장의 광량 변화의 1차 미분값 또는 2차 미분값을 미리 취득하여 있을 경우, 각 검출 결과의 시각에 대한 파장마다 광량의 1차 미분값 또는 2차 미분값을 취득하고, 그것과 미리 취득하여 있는 데이터를 비교함으로써 당해 시각의 막두께·깊이를 특정하면 된다.
- [0089] 상기 미리 취득된 시간의 변화 또는 막두께의 변화에 대한 파장을 파라미터로 하는 시료 표면으로부터의 간섭광의 강도(또는 그 변화율)의 변화를 나타내는 패턴의 데이터와 처리 중에 검출된 복수 파장의 광의 강도 또는 그 변화율을 나타내는 데이터의 비교는, 주지의 패턴 매칭의 기술을 적용할 수 있다. 또한, 당해 비교에 있어서 차의 검출은, 복수 파장마다의 데이터끼리의 패턴 매칭에 의해 얻어진 차의 편차가 미리 정해진 허용값 내로 되는 것 중 최소의 편차로 되는 것을 검출하여 선택함으로써 행해진다.
- [0090] (구체적 실시예)
- [0091] 이하, 구체적인 실시예에 대하여 도 1~도 10을 이용해서 설명한다.
- [0092] 도 1은, 본 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치의 구성 개략을 모식적으로 나타내는 종단면도이다.
- [0093] 플라즈마 처리 장치(1)는, 진공 용기 내부에 배치된 공간으로서 그 내측에 시료대(14)가 배치됨과 함께 플라즈마(12)가 형성되는 공간인 처리실(10)을 구비하고 있다. 처리실(10)은, 원통형을 가진 공간으로서, 그 원형의 천장면 위쪽에는 소정의 주파수의 고주파의 전계를 처리실(10)에 공급하는 전계 생성부와, 위쪽 또는 원통형의 측방 주위에 처리실(10) 내에 자계를 공급하는 솔레노이드 코일 등의 자계 공급부가 배치되어 있다.
- [0094] 또한, 처리실(10)의 천장면에는, 그 내부에 시료대(14) 상면에 놓여서 유지되는 시료인 웨이퍼(16)를 처리하기 위한 가스가 도입되는 복수의 도입 구멍이 배치되고, 이들 도입 구멍은 도시하지 않는 배관 등의 가스 공급로와 이것의 위에 배치된 유량 조절기(Mass Flow Controller : MFC)를 구비한 가스 도입부가 연통(連通)해서 연결되어 있다.
- [0095] 처리실(10)을 내장하는 진공 용기의 아래쪽에는, 처리실(10) 내부의 가스나 입자를 배기해서 내부를 감압하는 터보 분자 펌프 등의 배기 장치가 배치되어 있다. 또한, 도시되어 있지 않지만, 배기 장치의 입구는, 시료대(14) 아래쪽의 처리실(10)의 저면에 배치된 배기용의 개구인 배기구와 연통되고, 이들 사이의 배기관로 내에는 내측의 유로의 단면적을 증감해서 배기의 유량 또는 그 속도를 변화시키는 배기 조절 밸브가 배치되어 있다.
- [0096] 본 실시예에서는, 배기 장치의 동작에 의해 감압된 처리실(10)의 내부에 가스 도입부로부터 예칭 처리용의 가스가 도입되어, 처리실(10) 내의 압력이 배기와 가스의 공급의 양의 밸런스에 의해 처리의 개시에 적합한 압력으로 조절된 상태에서, 상기 고주파 전계 및 자계가 공급되어 이들의 상호 작용에 의해 처리용 가스의 원자 또는

분자가 전리 또는 해리해서 처리실(10) 내의 시료대(14) 위쪽의 공간에 플라스마(12)가 형성된다.

- [0097] 이 플라스마 중의 하전 입자 및 해리해서 높은 반응성(활성)을 가진 활성종의 입자가 웨이퍼(16)의 상면에 확산 또는 유도되어, 웨이퍼(16)의 표면에 미리 배치된 막구조의 처리 대상의 막층이 에칭 처리(플라스마 처리)된다.
- [0098] 본 실시예에 있어서, 처리실(10) 내의 처리용의 가스의 도입의 양이나 배기의 양, 플라스마(12)의 착화, 생성 및 소화나 그것을 위한 전계나 자계의 강도나 그 분포, 웨이퍼(16)의 처리실(10) 내외의 반송과 시료대(12) 상에서의 유지, 시료대(12) 내에 배치된 도시되지 않은 금속제의 원판 형상의 전극에의 바이어스 전위 형성용의 제2 고주파 전력의 공급, 정지에 의한 처리의 개시, 정지 등의 플라스마 처리 장치(1)의 동작의 조절은, 상기한 동작을 행하는 각 부품이나 기기, 이들 유닛과 통신 가능하게 접속된 제어부(40)로부터의 지령 신호에 의거해서 행해진다. 또한, 제어부(40)는, 사용자가 원하는 에칭 처리의 결과가 얻어지는 조건으로 되도록, 각 기기 간에서의 동기나 타이밍을 조절하는 기능을 갖고 있다.
- [0099] 본 실시예에서는, 플라스마(12)는 처리용의 가스를, 전계 생성 수단으로부터의 고주파 전계가 소정의 주기, 기간으로 On/Off(온오프)의 전환을 반복해서 당해 주기, 기간으로 착화, 형성과 소화가 펄스 형상으로 반복되어 형성된다.
- [0100] 또한, 에칭 가스의 도입을 시간 변조함에 의해서도 플라스마는 펄스화된다. 본 실시예에서는, 펄스 형상으로 플라스마(12)를 형성하기 위한 소정의 주기와 기간으로의 고주파 전력의 전원으로 부터의 공급의 On/Off의 전환과 반복도, 제어부(40)로부터 전계 형성부 또는 자계 형성부로 발신되는 당해 주기, 기간을 나타내는 펄스 형상의 신호에 동기해서 실시된다.
- [0101] 플라스마 처리 장치(1)는, 처리 중에 웨이퍼(16)의 막두께나 깊이 등의 처리량을 검출하기 위한 구성을 구비하고 있다. 이와 같은 구성은, 처리실(10) 내에 외부광을 조사하는 광원을 포함하는 광원부(18) 및 광원부(18)와 광파이버로 연결되고 처리실(10)의 천장면을 구성해서 외부광이 처리실(10) 내에 조사되는 렌즈(20), 마찬가지로 천장면을 구성하고 처리실(10) 내로부터의 광을 수광하는 렌즈(26), 당해 렌즈(26)와 광파이버로 연결되고 수광된 광의 강도를 검출하는 검출부(28), 또한 검출된 광의 강도 또는 그 변화율로부터 처리 중의 웨이퍼(16)의 처리량을 검출하는 막두께·깊이 산출부(30)를 구비하고 있다. 또한, 광원부(18), 검출부(28), 및 막두께·깊이 산출부(30)에 의해서, 검출 제어부가 구성되어 있다.
- [0102] 광원부(18)에 포함되는 외부광의 광원으로부터 사출된 광은, 광파이버 내를 전파하여 렌즈(20)를 통해 처리실(10) 내에 그 천장면으로부터 도입되고, 조사광(22)으로서 웨이퍼(16)의 상면에 조사된다. 광원부(18)의 광원은 자외로부터 적외까지의 연속광이 이용되고 있지만, 특정의 파장을 이용해서 막두께·깊이를 검출하는 경우에는 특정 파장의 광원이 이용되어도 된다.
- [0103] 조사된 조사광(22)은, 웨이퍼(16) 표면의 처리 대상의 막층의 상면 및 저면에서 반사되어 양자가 간섭한 간섭광으로서의 반사광(24)이, 검출용의 렌즈(26)에서 수광되어 집광된다. 렌즈(26)로부터의 광은 광파이버 내부를 전파해서 검출부(28)에 도입된다.
- [0104] 검출부(28)는, 분광기를 구비하고, 당해 분광기에 의해 도입된 광이 복수의 파장마다 나뉘지고 이들 파장마다 광의 강도가 검출된다. 특정 파장을 이용해서 막두께·깊이를 검출하는 경우에는, 검출기는 분광기로 한정되지 않으며 포토 디텍터 등이 이용되어도 된다.
- [0105] 이 경우에는, 검출부(28)에 도입되는 광이 원하는 특정 파장뿐이면 직접 포토 디텍터를 이용하면 되고, 연속광이 도입되는 경우에는 포토 디텍터 전단에 모노크로미터 등으로 특정 파장만을 선택하는 기구를 설치하면 된다.
- [0106] 본 실시예에서는, 도 1에 나타내는 바와 같이, 처리실(10)에 광원부(18)로부터의 조사광(22)을 도입하는 렌즈(20)와 웨이퍼(16)로부터의 반사광(24)을 수광하는 렌즈(26)는, 웨이퍼(16)에 대향한 처리실(10) 위쪽에 있어서, 거리를 두고 배치되어 있다.
- [0107] 반사광(24)을 가장 효율적으로 검출하기 위해서는, 렌즈(20)로부터의 조사광(22)과 렌즈(26)에서 수광되는 반사광(24)이 동일한 광선축 상에 위치하도록, 적어도 어느 한쪽의 광축을 경사시켜서 배치하는 것이 바람직하다.
- [0108] 렌즈(20, 26)의 구성은, 도 1에 나타낸 구성으로 한정되는 것은 아니며, 완전 동축 구성으로 해서, 렌즈(20)와 렌즈(26)를 하나의 렌즈로 구성해도 된다. 이 경우에는, 당해 하나의 렌즈의 광축의 방향은 웨이퍼(16)에 수직으로 해서 웨이퍼(16)에 대해서 위쪽으로부터 수직으로 조사되고 수직으로 반사한 광을 검출할 수 있는 구성으로 된다.

- [0109] 또한, 도 1에서는, 광원부(18)를 포함하는 조사광(22)을 도입하는 구성과 검출부(28)를 포함하는 반사광(24)을 검출하는 구성 한 쌍을 구비한 예가 개시되어 있지만, 이들 쌍을 복수 구비하여, 웨이퍼(16) 상면의 반경 방향에 대하여 복수의 개소에서 막두께·깊이를 검출하는 구성으로 해도 된다.
- [0110] 검출부(28)에서 검출된 처리 중의 임의의 시각의 웨이퍼(10)의 표면으로부터의 간섭광(반사광(24))의 강도 또는 그 변화율을 나타내는 데이터는, 검출부(28)와 통신 가능하게 접속된 막두께·깊이 산출부(30)에 송신되고, 막두께·깊이 산출부(30)에 있어서 막두께·깊이가 산출된다. 이와 같은 검출부(28)의 기능 블록의 구성을 도 2에 나타낸다.
- [0111] 도 2는, 도 1에 나타내는 실시예의 막두께·깊이 산출부(30)의 구성의 개략을 모식적으로 나타내는 블록도이다.
- [0112] 검출부(28)로부터 막두께·깊이 산출부(30)에 도입된 파장마다의 광량의 시계열 데이터(D1)는 제1 디지털 필터(100)에 의해서 평활화 처리되고, 제1 평활화 시계열 데이터(D2)로서 미분기(102)에 공급된다.
- [0113] 미분기(102)에서는, 예를 들면 S-G법(Savitzky-Golay Method)을 이용해서 미분계수치(1차 미분값 또는 2차 미분값)인 미분 시계열 데이터(D3)를 산출하고, 제2 디지털 필터(104)에 공급된다. 제2 디지털 필터(104)에서는 미분 시계열 데이터(D3)를 평활화 처리하고, 제2 평활화 시계열 데이터(D4)를 미분 비교기(106)에 공급한다.
- [0114] 여기에서, 제2 평활화 시계열 데이터(D4)의 산출에 대하여 설명한다.
- [0115] 제1 디지털 필터(100)로서는, 예를 들면 2차 버터워스형의 로우 패스 필터를 이용한다. 2차 버터워스형의 로우 패스 필터에 의해 제1 평활화 시계열 데이터(D2)는 다음 식에 의해 구해진다.
- [0116] $D2(i) = b1 \cdot D1(i) + b2 \cdot D1(i-1) + b3 \cdot D1(i-2) - [a2 \cdot D2(i-1) + a3 \cdot D2(i-1)]$
- [0117] 여기에서, $Dk(i)$ 는, 각 데이터 Dk 의 시각 i 의 데이터를 나타내고, 계수 b , a 는 샘플링 주파수 및 컷오프 주파수에 의해 수치가 서로 다르다. 또한, 디지털 필터의 계수치는, 예를 들면, $a2=-1.143$, $a3=0.4128$, $b1=0.067455$, $b2=-0.013491$, $b3=0.067455$ (샘플링 주파수 10Hz, 컷오프 주파수 1Hz)이다.
- [0118] 2차 미분계수치의 시계열 데이터(D3)는, 미분기(102)에 의해 5점의 시계열 데이터(D2)의 다항식 적합 평활화 미분법을 이용해서 이하와 같이 산출된다.

$$D3(i) = \sum_{j=-2}^{j=2} wj \cdot D2(i + j)$$

- [0119]
- [0120] 여기에서, 가중 계수 w 에 관해서 $w-2=2$, $w-1=-1$, $w0=-2$, $w1=-1$, $w2=2$ 이다. 상기 미분계수치의 시계열 데이터(D3)를 이용해서 제2 평활화 시계열 데이터(D4)는, 제2 디지털 필터(104)로서는 예를 들면 2차 버터워스형 로우 패스 필터에 의해 이하와 같이 산출된다.
- [0121] $D4(i) = b1 \cdot D3(i) + b2 \cdot D3(i-1) + b3 \cdot D3(i-2) - [a2 \cdot D4(i-1) + a3 \cdot D4(i-2)]$
- [0122] 미분 비교기(106)에 도입된 데이터(D4)는, 웨이퍼(16)의 처리 전에 미리 취득된 웨이퍼(16) 표면의 나머지 막두께나 처리의 깊이를 나타내는 데이터와의 비교가 행해진다. 당해 데이터는, 에칭 처리의 양에 대응하는 시간의 변화에 대한 웨이퍼(16)로부터의 간섭광의 파장을 파라미터로 한 강도의 미분파형의 패턴의 변화를 나타내는 복수의 데이터를 포함하는 데이터베이스(108)로부터 선택된 소정의 패턴의 데이터이다.
- [0123] 이와 같은 데이터베이스(108)는, 제어부(40) 내에 배치된 HDD(Hard Disk Drive)나 CD-ROM(Compact Disc-Read only memory) 등의 외부 기억 장치나 RAM(Random Access Memory)이나 ROM 등의 반도체 메모리 장치 등의 기억 장치 내에 기억되어 있고, 제어부(40)에 의해 판독된 패턴의 데이터가 제어부(40)와 통신 가능하게 구성된 막두께·깊이 산출부(30)에 송신되어, 비교에 이용된다.
- [0124] 미분파형 비교기(106)에서는, 상기 미분파형 패턴 데이터베이스(108)로부터 판정의 기준으로서 선택된 패턴의 데이터에 포함되는 각 시각의 패턴의 데이터와 처리의 양을 구하는 대상의 임의의 시각에서 산출된 제2 평활화 시계열 데이터(D4)가 비교된다.
- [0125] 당해 비교의 결과, 기준으로 되는 패턴의 데이터의 각 시각의 데이터 중, 가장 제2 평활화 시계열 데이터(D4)와의 편차가 작은 데이터가 산출되고, 당해 최소의 편차로 되는 시각에 대응하는 막두께 또는 깊이가 임의의 시각의 막두께·깊이로서 산출된다.

- [0126] 산출된 막두께·깊이는, 막두께·깊이 산출부(30)로부터 CRT나 액정의 모니터 등의 표시기(31)에 송신되어 표시 또는 통지된다.
- [0127] 또한, 본 실시예에서는, 산출된 막두께나 깊이 등의 처리의 양이, 처리 전에 미리 정해진 처리의 조건에 포함되는 소기의 값에 도달했거나, 또는 당해 값과의 차가 허용되는 범위 내의 값이 되었다고 제어부(40)의 마이크로프로세서 등의 반도체 디바이스에 의해 구성된 연산기가 미리 기억 장치에 기록된 소프트웨어 기재의 알고리즘을 따라 판단한 경우에는, 제어부(40)의 연산기에서 산출된 지령 신호가 플라σμα 처리 장치(1)의 각 부에 송신되고, 당해 지령 신호에 따라서, 제1 고주파 전원을 포함하는 전계 생성부나 자계 생성부가 정지됨과 함께, 시료대(14) 내의 전극에 제2 고주파 전력을 공급하는 제2 고주파 전원의 동작이 정지되어 플라σμα(12)가 소화되어서 에칭 처리가 정지된다. 즉, 당해 에칭 처리의 공정의 종점의 도달이 판정된다.
- [0128] 그 후, 웨이퍼(16)의 정전기에 의한 흡착이 해제되어, 웨이퍼(16)가 처리실(10) 외부에 반송되고, 필요에 따라서 다음의 웨이퍼(16)의 처리가 개시된다. 또는, 제어부(40)로부터 발신되는 지령 신호에 따라서, 처리실(10) 내에 공급되는 가스의 조성이나 공급의 양, 처리실(10) 내의 압력, 제1 고주파 전원으로부터의 전력의 크기 등의 처리의 상한이 변경되어, 웨이퍼(16)에 다음의 처리의 공정이 개시된다. 이때, 플라σμα(12)는 소화되지 않고 다음의 공정이 개시되어도 된다.
- [0129] 웨이퍼(16)의 처리 개시 전에 취득되는 미분파형 패턴 데이터베이스(108) 내의 패턴의 데이터는, 처리 대상의 웨이퍼(16)의 표면에 배치된 처리 대상의 막구조의 것과 같은 재료이며 또한 같은 순으로 적층된 복수의 막층으로서, 두께가 같은 또는 그렇다고 간주할 수 있을 정도로 근사한 값을 갖는 막구조를 구비한 다른 웨이퍼(16)를 처리실(10)에 배치하고 플라สมา를 형성해서 당해 웨이퍼(16)를 처리했을 때에 얻어진 처리실(10) 내로부터의 광으로부터 검출한 간섭광의 파장을 파라미터로 하는 강도의 미분파형의 시간의 변화에 대한 변화를 나타내는 패턴의 데이터이다.
- [0130] 이와 같은 데이터는, 플라σμα 처리 장치(1)가 클린룸 등의 건물에 설치되기 전에, 기억 장치 내에 저장되어도 된다. 또한, 실제로 웨이퍼(16)를 처리했을 때의 데이터 대신에, 수치 계산해서 얻어진 것을 이용해도 된다.
- [0131] 도 2에서는, 대상막의 막두께에 대한 각 파장의 광량 변화의 1차 미분값 또는 2차 미분값을 미리 취득하여 있을 경우에, 각 검출 결과의 시각에 대한 파장마다 광량의 1차 미분값 또는 2차 미분값을 취득하고, 그것과 미리 취득하여 있는 데이터를 비교함으로써 당해 시각의 막두께를 특정하는 방법에 대하여 나타냈지만, 막두께·깊이 특정의 방법은 이것으로 한정된 것은 아니다.
- [0132] 예를 들면, 웨이퍼(16)의 처리 전에 막구조 중의 처리 대상의 막층의 막두께·깊이의 변화(또는 처리의 시간의 변화)에 대한 막층 표면으로부터의 광의 파장마다의 반사율의 데이터를 취득해 두고, 처리 중에 웨이퍼(16) 표면의 막층으로부터의 반사광(24)을 검출한 결과와 조사한 외부광의 파장마다의 광량을 이용해서 당해 파장마다의 반사율을 산출하고, 산출한 파장마다의 반사율과 미리 취득하여 있는 반사율의 데이터를 비교해서, 양자의 편차가 가장 작은 데이터에 대응하는 막두께·깊이를 처리 중에 반사광을 검출한 시각에 있어서의 막두께·깊이로서 판정하는 방법이어도 된다.
- [0133] 또한, 검출에 이용하고 있는 외부광을 이용했을 경우의 대상막의 막두께와 파장마다의 광량 데이터를 미리 취득하여 있고, 검출 결과로부터 파장마다의 광량을 취득하고, 그것과 미리 취득하여 있는 데이터를 비교함으로써 당해 시각의 막두께를 특정하는 방법이어도 된다.
- [0134] 이러한 플라σμα 처리 장치를 이용한 본 발명의 막두께·깊이를 검출하는 동작을 도 3을 이용해서 설명한다.
- [0135] 도 3은, 도 1에 나타내는 플라σμα 처리 장치가 행하는 처리실 내로부터의 광을 검출하는 동작의 흐름을 모식적으로 나타내는 타임차트이다.
- [0136] 본 예에서는, 플라σμα(12)는, 소정의 주기와 기간으로 그 공급이 On/Off되는 펄스 형상의 전계에 의해서 처리실(10) 내에 착화, 형성되고, 소화되는, 펄스 형상의 플라σμα이다.
- [0137] 이 플라σμα(12)로부터의 발광은, 상기 주기와 기간에 따라서 그 광의 강도의 양이 변동하게 된다. 이와 같은 플라σμα(12)에 대해서, 참조광으로서 처리실(10) 외부의 광원부(19) 내의 광원에서 방사된 외부광이 처리실(10) 내의 웨이퍼(16) 표면에 조사된다.
- [0138] 또한, 웨이퍼(16)에서 방사된 반사광(24) 및 플라σμα(12)의 발광을 포함하는 처리실(10) 내로부터의 광은, 미리 정해진 주기로, 플라σμα(12)가 Off인 기간 내에 포함되는 특정의 시각에 있어서 반복해서 검출된다.

- [0139] 본 도면의 예에서는, 플라스마(12)가 Off로 되는 기간의 개시로부터 종료(다음의 플라스마(12)의 On 기간의 개시)까지에 걸쳐서, 검출부(28)에서의 처리실(10) 내로부터의 광의 검출(렌즈 수광) 또는 막두께·깊이 산출부(30)에서의 산출이 행해지고 있지만, 이것으로 한정되지 않는다.
- [0140] 미리 정해진 주기마다 반복해서 검출되는 처리실(10)로부터의 광의 수광은, 주기마다 개시되는 시각으로부터 처리의 양의 산출에 필요, 충분한 양의 광의 양 또는 정보가 얻어지는 시간만 행해진다.
- [0141] 이 경우, 외부광은, 처리실(10) 내로부터의 광의 검출하는 시각에 있어서 조사되어 있으면 되고, 도 3의 예에서는, 처리 중의 기간은 상시 조사되어 있을 경우에 대하여 나타나 있다. 본 실시예에서는, 이와 같이 플라스마가 Off 기간 중의 시각에 소정의 주기로 웨이퍼(16)에 대향한 개소를 통해서 처리실(10) 내로부터의 광의 검출이 행해진다.
- [0142] 이 검출에 의해, 당해 광의 검출에 대해서 펄스 형상으로 형성, 소화가 반복되는 플라스마(12)의 발광의 변동이 끼치는 영향이 저감되어, 막두께·깊이 등의 처리의 양의 검출의 정밀도가 향상된다.
- [0143] 본 실시예에서는, 플라스마(12), 광원부(19)로부터의 외부광의 조사, 검출부(28)에 있어서의 처리실(10) 내로부터의 광의 검출 또는 막두께·깊이 산출부(30)에 있어서의 처리의 양의 산출 및 그들의 동작 타이밍은 제어부(40)로부터의 지령 신호에 따라서 조절된다.
- [0144] 이하, 상기 실시예에 따른 플라스마 처리 장치(1)에 있어서의 예칭 처리에 있어서, 처리실(10)로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 구체예에 대하여 도 4~도 10을 이용해서 설명한다.
- [0145] 도 4~도 6은, 도 1에 나타내는 실시예에 따른 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트이다.
- [0146] 도 4에 나타내는 예에서는, 플라스마(12)는 플라스마 On 기간이 10ms, 플라스마 On/Off의 주기(주파수)가 50Hz로 되고, 각 플라스마(12)의 Off 기간마다 미리 정해진 주기로 1회의 처리실(10)로부터의 광의 검출을 실시하는 예이다.
- [0147] 본 예의 광원부(18)는, 광원으로서 자외광~적외광의 연속 광원, 예를 들면 제논 광원 또는 백색 LED 광원이 이용되고, 광원부(18)로부터 렌즈(20)를 통해서 처리 기간 중에 웨이퍼(16)에 대해서 상시 조사된다.
- [0148] 또한, 검출부(28)에 있어서, 주기마다 특정의 시간만 수광된 처리실(10) 내로부터의 광은, 분광기가 이용되어 복수의 파장의 것으로 나뉘지고, 막두께·깊이 산출부(30)에 송신되어서 당해 산출부(30)에 있어서 각 파장마다의 강도와 그 시간에 대한 미분값이 검출되고 도 2에 나타낸 것과 마찬가지로 처리의 양이 산출 또는 판정된다.
- [0149] 도 4에 나타내는 본 예의 처리실(10)로부터의 광의 검출의 타이밍에서는, 플라스마(12)의 On의 기간은 10ms이기 때문에, 상기한 플라스마 On 후에 동작하는 정합기의 불안정성에 더하여 플라스마(12)의 전자 온도, 전자 밀도, 가스의 피리나 밀도 등의 짧은 시정수(~수십 ms 정도)의 불안정함을 갖고, 도 14의 (a)에 나타낸 기술예와 마찬가지로, 플라스마(12)의 각 On 기간이 개시된 시각 이후 직후의 발광이 변동한다.
- [0150] 이와 같은 플라스마(12)의 발광에 대해서, 본 예에서는 플라스마(12)의 Off 기간 중의 미리 정해진 시각으로부터의 특정의 시간 τ_4 만 외부광을 처리실(10)에 조사해서 웨이퍼(16)로부터의 반사광(24)을 검출하도록 구성되어 있다.
- [0151] 이 구성에 의해, τ_4 에 있어서 검출되는 반사광(24)에는, On 기간마다 그 강도가 변화하는, 또는 그 시간적인 변화의 프로파일이 기간마다 서로 다른 플라스마(12)의 발광의 성분이 포함되지 않거나, 그렇다고 간주할 수 있을 정도로 작게 되어, 검출된 웨이퍼(16) 표면으로부터의 광의 정보에 대한 플라스마(12)의 발광의 강도가 변동함에 의한 영향은 현저하게 억제된다.
- [0152] 이것에 의해, 본 예에서는, 높은 정밀도로 처리 중의 나머지 막두께·깊이 등의 처리의 양의 검출 또는 종점의 판정을 행할 수 있다. 또한, 본 예에서는 플라스마(12)의 Off 기간의 주기마다(10ms 간격으로) 막두께·처리깊이가 검출되고, 플라스마 처리 중의 이들 처리의 양의 시간적인 변동이 높은 정밀도로 검출 가능하게 된다.
- [0153] 여기에서, 상기한 실시예에서는, 막두께·깊이를 산출하기 위한 기술로서, 처리실(10) 내로부터의 광의 복수 파장마다의 강도의 시각에 대한 미분값을 이용하는 구성을 구비하고 있지만, 이 구성으로 한정되지 않으며, 처리

실(10)로부터의 광의 파장마다의 광량·파장마다의 반사율 등을 이용함에 의해서도 막두께·깊이의 검출을 행할 수 있다.

- [0154] 또한, 도 10에 나타내는 바와 같이, 플라스마(12)가, 전계가 그 On/Off를 간헐시켜서 연속하도록 공급되는 것에 따라서, 2s 연속하는 On 기간마다 10ms의 Off 기간이 삽입되어 On/Off가 각각 간헐적으로 연속하도록 형성되는 경우에 있어서도, 당해 Off 기간 중에 처리실(10) 내에 외부광을 조사해서 얻어진 반사광(24)을 검출한 결과를 이용해서 막두께·깊이의 산출 및 처리의 양의 판정으로 실시할 수 있다.
- [0155] 도 10은, 도 1에 나타내는 실시예에 따른 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트이다.
- [0156] 도 4에 나타내는 예와의 차이는, 플라스마(12)가 2s 연속하는 On 기간마다 10ms의 Off 기간이 삽입되어 On/Off가 각각 간헐적으로 연속하는 점이다. 본 도면의 예는, 이 점 이외는 도 4에 따른 실시예와 같은 도 1에 나타낸 플라스마 처리 장치(1)에 있어서 실시된 예가 나타난다.
- [0157] 본 도면에서는, 플라스마 On 시간이 2s이기 때문에, 플라스마(12)의 발광의 강도는, 주로 도 12에 나타나는 플라스마 안정 상태에서의 변동과 동등하다고 간주할 수 있다. 이와 같은 플라스마(12)에 대해서, 본 예에서는, 플라스마(12)의 Off 기간 중에 광원부(18)로부터의 외부광을 처리실(10) 내에 조사해서 웨이퍼(16)로부터의 반사광(24)을 검출하도록 구성되어 있다.
- [0158] 이와 같이 해서 검출한 반사광(24)에는, 도 4에 나타내는 것과 마찬가지로, On 기간마다 그 강도가 변화하는, 또는 그 시간적인 변화의 프로파일이 기간마다 서로 다른 플라스마(12)의 발광의 성분이 포함되지 않거나, 그렇다고 간주할 수 있을 정도로 작게 되어, 검출된 웨이퍼(16) 표면으로부터의 광의 정보에 대한 플라스마(12)의 발광의 강도가 변동함에 의한 영향은 현저하게 억제된다.
- [0159] 도 5에 나타내는 예도, 도 4와 마찬가지로, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트이다. 본 도면의 예는, 플라스마(12)는 플라스마 On 시간을 1s, On/Off의 주기(주파수)를 0.1Hz로 해서, 각 Off 기간 중에 복수 회, 소정의 기간 τ_5 동안에 처리실(10) 내로부터의 광의 검출을 실시하는 점이, 도 4에 나타낸 예와 서로 다른 점이다. 이 점 이외의 구성은 도 4에 나타내는 것과 같은 구성으로 했다.
- [0160] 본 예에서는, 플라스마(12)의 On 기간이 1s이기 때문에 플라스마(12)의 발광의 강도의 변동은 도 12에 나타나는 플라스마(12)의 안정 상태의 것과 동등하다. 또한, 플라스마(12)의 Off 기간 중에 외부광을 처리실(10) 내의 웨이퍼(16) 상면에 조사해서 반사광(24)을 검출하도록 구성되어 있다. 이때, Off 기간의 9s 동안의 반사광(24)의 검출은, 소정의 주기마다 복수 회 실시되고, 이들이 각 Off 기간마다 실시된다.
- [0161] 본 예에서의 임의의 Off 기간에 있어서의 최후의 반사광(24)의 검출의 개시 시각과 그 직후의 Off 기간에 있어서의 최초의 반사광(24)의 검출의 개시 시각 사이의 시간은, 각 Off 기간에서의 복수 회의 검출의 주기와 같다. 즉, 간헐적으로 연속하는 복수의 플라스마(12)의 Off 기간에 걸쳐, 반사광(24)의 검출의 개시 시각과 지속의 시간은, 미리 정해진 주기와 기간 τ_5 로 행해진다.
- [0162] 이와 같이 해서, 주기마다의 τ_5 동안에 있어서 검출되는 반사광(24)에는, On 기간마다 그 강도가 변화하는, 또는 그 시간적인 변화의 프로파일이 기간마다 서로 다른 플라스마(12)의 발광의 성분이 포함되지 않거나, 그렇다고 간주할 수 있을 정도로 작게 되어, 검출된 웨이퍼(16) 표면으로부터의 광의 정보에 대한 플라스마(12)의 발광의 강도가 변동함에 의한 영향은 현저하게 억제된다.
- [0163] 이것에 의해, 본 예에서는 높은 정밀도로 처리 중의 나머지 막두께·깊이 등의 처리의 양의 검출 또는 종점을 판정할 수 있다. 또한, 본 예에서는, 1회의 플라스마(12)의 Off 기간 중에 복수 회의 검출이 행해지고 있기 때문에, 이들 데이터를 평균화함으로써 검출계의 전기 노이즈 등을 저감할 수 있고, 또한 고정밀도의 막두께·깊이 검출을 실현하는 것이 가능하게 된다.
- [0164] 도 6에 나타내는 예도, 도 4와 마찬가지로, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트이다.
- [0165] 도 4 및 도 5의 예와 본 도면의 예의 차이는, 플라스마(12)의 플라스마 On 시간을 0.05ms, 플라스마(12) On/Off 주파수를 10kHz로 해서, 각 Off 기간의 소정의 횟수에 1회만 처리실(10)로부터의 반사광(24)을 검출하는 점이다.

- [0166] 본 예는, 이 점 이외의 구성에 관해서는 도 4 및 도 5와 같은 구성으로 되어 있다. 단, 본 예에서는, 검출부(28)에 포함되는 분광기는 10kHz의 속도에서는 데이터 샘플링을 할 수 없어, 2.5kHz에서는 데이터 샘플링이 가능한 분광기로 했다.
- [0167] 도 6에는, 본 예에 있어서의 처리실(10) 내로부터의 광을 검출하는 타이밍이 나타나 있다. 플라스마(12)의 On 시간이 0.05ms이기 때문에, On 시간 개시 후의 플라스마(12)의 발광의 강도는, 정합기의 변동에 의하여 시정수가 짧은 다른 요인, 예를 들면 전자 온도, 전자 밀도, 가스의 피리나 밀도 등에 기인해서 변동한다.
- [0168] 한편, 플라스마(12)의 Off 기간의 주기(주파수)는, 10kHz인 것에 대해서 본 예의 검출부(28)에 포함되는 분광기는, 주기 10kHz에서 검출을 높은 정밀도로 행할 수 없는 것으로 되어 있다.
- [0169] 이 때문에, 본 예에서는, 분광기를 플라스마(12)의 On/Off의 주파수의 1/4인 2.5kHz의 주기로 동작시켜서 수광한 광을 검출하는 구성을 구비하고 있다.
- [0170] 이 구성에 의해, 플라스마(12)의 Off 기간의 4회에 1회마다, 즉, Off 기간 주기의 4배의 주기에 대응하는 Off 기간 중의 시각에 있어서, 외부광이 조사되고 기간 τ_6 만 반사광(24)이 검출되고, 이들이 웨이퍼(16)의 처리 중에 복수 회 반복된다.
- [0171] 이들 반사광(24)의 검출은, 모두 플라스마(12)의 Off 기간 중에 실시된다. 본 예에서는 플라스마(12)의 Off 기간의 4배의 주기인 0.4ms 간격으로, 기간 τ_6 동안에 검출된 반사광(24)을 이용해서 당해 기간 τ_6 의 개시 시각 또는 그 기간을 대표하는 임의의 시각에 있어서의 웨이퍼(16) 표면의 막층의 막두께·깊이가 높은 정밀도로 산출됨과 함께, 중점 등의 처리의 양이 판정된다.
- [0172] 다음으로, 도 4~도 6에 나타낸 실시예의 변형예의 동작에 대하여, 도 7~도 9를 이용해서 설명한다.
- [0173] [변형예 1]
- [0174] 도 7은, 도 1에 나타내는 실시예의 변형예에 따른 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트이다.
- [0175] 본 예에서는, 상기한 실시예와 마찬가지로 해서 펄스 형상으로 플라스마(12)가 처리실(10) 내에 형성되는 플라스마 처리 장치(1)에 있어서, 외부 광원으로서 특정 파장의 광원, 예를 들면 반도체 레이저를 이용하고, 외부 광은, 고주파, 예를 들면 600MHz로 변조해서 웨이퍼에 조사하는 구성으로 했다.
- [0176] 여기에서, 반도체 레이저는, 레이저 출사 단부면의 귀환광이나 레이저 자체의 온도 변화 등에 의해서 파장이 변동(모드 홉)하는 경우가 있다. 이 모드 홉의 영향을 저감하기 위해서, 레이저는 고주파로 변조했다. 이들 이외에 관해서는 실시예 1과 같은 구성으로 했다.
- [0177] 본 예에서는, 플라스마(12)의 On 시간이 10ms이기 때문에 플라스마(12)의 On 시간 개시 후의 각종 불안정 요인에 의해서 발광의 강도가 변동한다. 이와 같은 플라스마(12)에 대해서, 본 실시예에서는 Off 기간 중에, 미리 정한 주기마다 기간 τ_7 동안, 광원부(19)로부터 반도체 레이저에 의한 외부광을 처리실(10) 내에 조사해서 웨이퍼(16)로부터의 반사광(24)을 검출한다.
- [0178] 여기에서, 검출의 주기는 플라스마(12)의 Off 기간의 주기(플라스마(12)의 On/Off의 주기)와 같고, 또한 레이저 광은 고주파로 변조되어 있지만, 그 변조의 주기(주파수)는, 반사광(24)을 검출하는 주기(주파수)에 비하여 1000배 이상 짧다(주파수가 높다). 이 때문에, 당해 외부광의 변조에 의한 반사광(24)을 검출한 결과로서의 강도의 변동에 부여하는 영향은 무시할 수 있다고 간주할 수 있을 정도로 작게 할 수 있다.
- [0179] 본 예에서는, 이와 같은 구성에 의해서도, 웨이퍼(16) 표면으로부터의 반사광(24)의 검출에 대한 플라스마(12)의 발광의 강도의 변동의 영향을 억제해서, 고정밀도의 막두께·깊이 검출을 실현하는 것이 가능하다.
- [0180] [변형예 2]
- [0181] 도 8은, 도 1에 나타내는 실시예의 다른 변형예에 따른 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트이다.
- [0182] 본 예에서는, 상기한 실시예와 마찬가지로 해서 처리실(10) 내에 펄스 형상으로 형성되는 플라스마(12)의 Off 기간 중에 웨이퍼(16)의 막구조의 표면에 처리실(10) 내의 입자가 퇴적해서 성장이 일어나 막이 형성되는 것은

로서, 플라스마(12)가 On 기간 중에 이 Off 기간 중에 형성된 막과 함께 웨이퍼(16) 표면의 막구조의 처리 대상의 막층을 에칭 처리하는 예이다.

- [0183] 본 예의 플라스마 처리 장치(1)에서는, 당해 처리 중에 처리 대상의 막층의 나머지 막두께·에칭 깊이 등의 처리의 양을 검출 또는 처리의 종점의 판정이 행해진다.
- [0184] 본 예의 플라스마(12)는, On 기간을 100ms, On/Off의 주기(주파수)를 2Hz로 해서, 광원부(19)로부터의 외부광이 처리실(10) 내에 조사된다. 본 예에서는, 각 Off 기간 중에 웨이퍼(16)로부터의 외부광의 반사광(24)이 복수 회, 미리 정해진 주기로 반복해서 검출된다.
- [0185] 또한, 임의의 Off 기간에서의 최후의 검출 기간 τ_8 의 종료 시각과 다음의 Off 기간에서의 최초의 검출 기간 τ_8 의 개시 시각 사이의 간격은, 이들 Off 기간에서의 검출의 공통된 주기와 일치하지 않아도(달라도) 된다. 이들 점 이외는, 도 4에 나타내는 예와 구성은 동등하다.
- [0186] 본 예에서, 플라스마(12)의 On 기간이 100ms이기 때문에 On 기간 개시 후는, 각종 불안정 요인에 의해서 플라스마(12)의 발광은 당해 기간 중에 변동한다. 본 실시예에서는, 플라스마(12)의 복수 회의 On/Off 기간에 걸쳐서 외부광은 연속해서 처리실(10) 내에 조사되고, 검출부(28)에 있어서 복수의 플라스마(12)의 Off 기간 중에 웨이퍼(16) 표면으로부터의 외부광의 반사광(24)이 미리 정해진 복수 횟수, 검출되도록 구성되어 있다.
- [0187] 이 구성에 있어서도, 웨이퍼(16) 표면으로부터의 반사광(24)의 검출에 대한 플라스마(12)의 발광의 강도의 변동의 영향이 억제되어, 고정밀도의 막두께·깊이 검출이 실현된다.
- [0188] 여기에서, 플라스마(12)의 Off 기간 중의 복수 회의 검출의 각각에서는, 반사광(24)이 검출되는 기간 τ_8 마다, 그 개시 시각 또는 기간 τ_8 을 대표하는 시각에 대응한 막두께·깊이 등의 처리의 양이 산출된다.
- [0189] 이들 막두께·깊이는 Off 기간 중에 성장해 가는 퇴적막의 막두께·평균 구조(요철 등)를 반영하고 있고, 이와 같은 검출을 행함으로써 플라스마 Off 중의 막의 퇴적 상황을 감시하는 것도 가능하게 된다.
- [0190] 또한, 각 플라스마 Off 중의 복수의 검출의 동일 타이밍, 또는 그들의 평균값의 막두께·깊이를 감시함에 의해서, 웨이퍼의 막두께·깊이 변화를 감시하는 것도 가능하다.
- [0191] [변형예 3]
- [0192] 도 9는, 도 1에 나타내는 실시예의 다른 변형예에 따른 플라스마 처리 장치에 있어서, 처리 중에 처리실로부터의 광을 검출하고 막두께 등의 처리의 양을 산출해서 판정을 행하는 동작의 흐름의 예를 모식적으로 나타내는 타임차트이다.
- [0193] 본 예에서는, 상기한 실시예와 마찬가지로 해서 처리실(10) 내에 펄스 형상으로 형성되는 플라스마(12)의 On 기간을 $5\mu s$, On/Off의 주파수(주기)를 100kHz로 해서, 소정의 주기로 반복하고 처리실(10) 내로부터의 광을 검출하는 것으로서, 플라스마 Off 기간마다 1회씩, 소정의 기간 τ_9 검출을 실시하는 예를 나타내고 있다.
- [0194] 본 예의 광원부(18)에 구비되는 광원으로서 특정 파장의 광원, 예를 들면 가스 레이저가 이용되어, 웨이퍼(16) 상면에 대향한 위치로부터 처리 기간 중 연속해서 아래쪽으로 조사된다. 또한, 검출부(28)에 구비되는 검출기로서 포토 디텍터가 이용된다. 이 구성에 의해, 검출부(28)에서는 고속으로 데이터 샘플링할 수 있는 구성으로 했다. 이들 점 이외의 구성은, 도 4에 나타내는 예와 동등하게 되어 있다.
- [0195] 본 도면의 예에 있어서, 플라스마(12)의 On 기간은, $5\mu s(0.005ms)$ 이기 때문에, On 기간 개시 후의 각종 불안정 요인의 영향을 받아서 각각의 On 기간에 있어서 플라스마의 발광의 강도는 크게 변동한다. 이와 같은 플라스마(12)에 대해서, 본 예에서는, Off 기간 중에 당해 기간과 같은 길이의 시간 τ_9 만 광원부(19)로부터 처리실(10) 내에 조사된 외부광의 웨이퍼(16) 표면으로부터의 반사광(24)을 검출하도록 구성되어 있다. 이 구성에 의해, 상기 실시예 또는 변형예와 동등한 작용을 나타낼 수 있다.
- [0196] 여기에서, 본 예에서는, 외부광으로서 단색광이 이용되고 있기 때문에, 검출부(28)에서는 분광기에 의한 분광을 행할 필요가 없기 때문에, 검출부(28)에서는 분광이 행해지지 않고 수광한 광의 강도를 검출하는 검출기로서 포토 디텍터가 이용되고 있다.
- [0197] 이 구성에 의해, 100kHz와 같은 고속의 플라스마(12)의 On/Off의 전환(변조)에 대해서도, 각각의 Off 기간의 개시와 종료에 맞춰서 검출을 행할 수 있어, 짧은 주기로 막두께의 변화를 검출 가능하게 할 수 있다.
- [0198] 이상의 실시예 및 변형예에 따르면, 웨이퍼(16) 표면으로부터의 광의 강도 또는 그 변화를 나타내는 정보에 대

한 플라즈마(12)의 발광의 강도가 변동함에 의한 영향을 억제해서, 높은 정밀도로 처리 중의 나머지 막두께·깊이 등의 처리의 양의 검출 또는 중점의 판정을 행할 수 있다.

[0199] 이것에 의해, 수율이 높은 플라즈마 처리 장치를 제공할 수 있다.

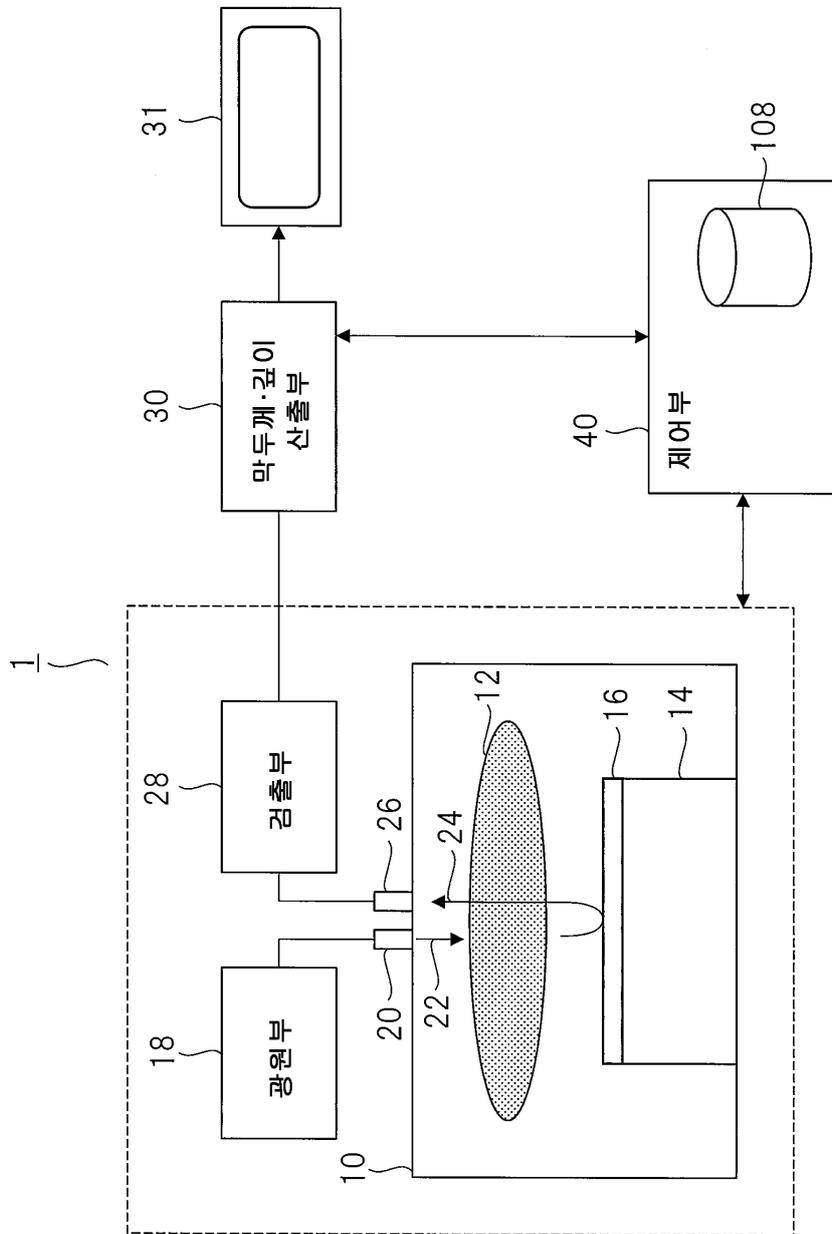
[0200] 또, 서술해 온 실시예는 본 실시형태의 일부의 예에 지나지 않고, 본 실시형태는, 상기로 한정되는 것은 아니다.

[0201] 이상, 본 발명자에 의해서 이루어진 발명을 실시형태에 의거해서 구체적으로 설명했지만, 본 발명은 상기 실시형태로 한정되는 것은 아니며, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 각종 변경 가능한 것은 물론이다.

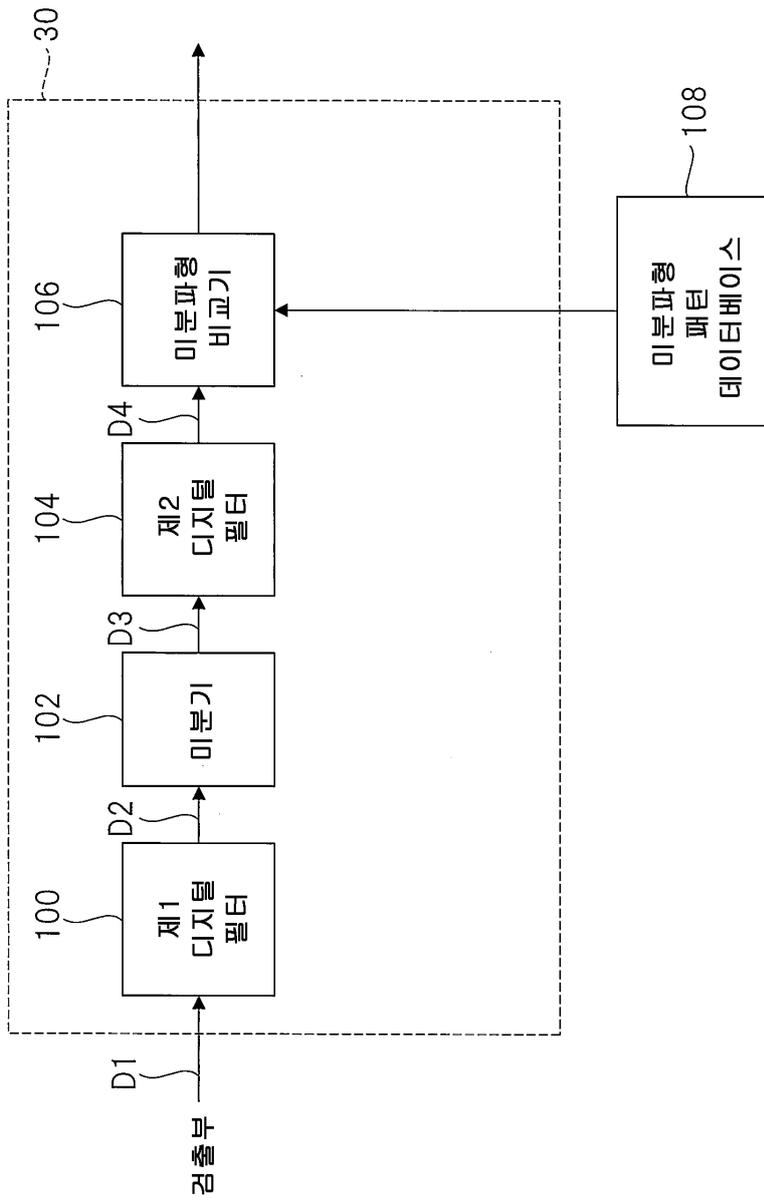
부호의 설명

- | | | |
|--------|----------------------|--------------|
| [0202] | 10 : 처리실 | 12 : 플라즈마 |
| | 14 : 시료대 | 16 : 웨이퍼 |
| | 18 : 광원부 | 20 : 렌즈 |
| | 22 : 조사광 | 24 : 반사광 |
| | 26 : 렌즈 | 28 : 검출부 |
| | 30 : 막두께·깊이 산출부 | 40 : 제어부 |
| | 100 : 제1 디지털 필터 | 102 : 미분기 |
| | 104 : 제2 디지털 필터 | 106 : 미분 비교기 |
| | 108 : 미분과형 패턴 데이터베이스 | |

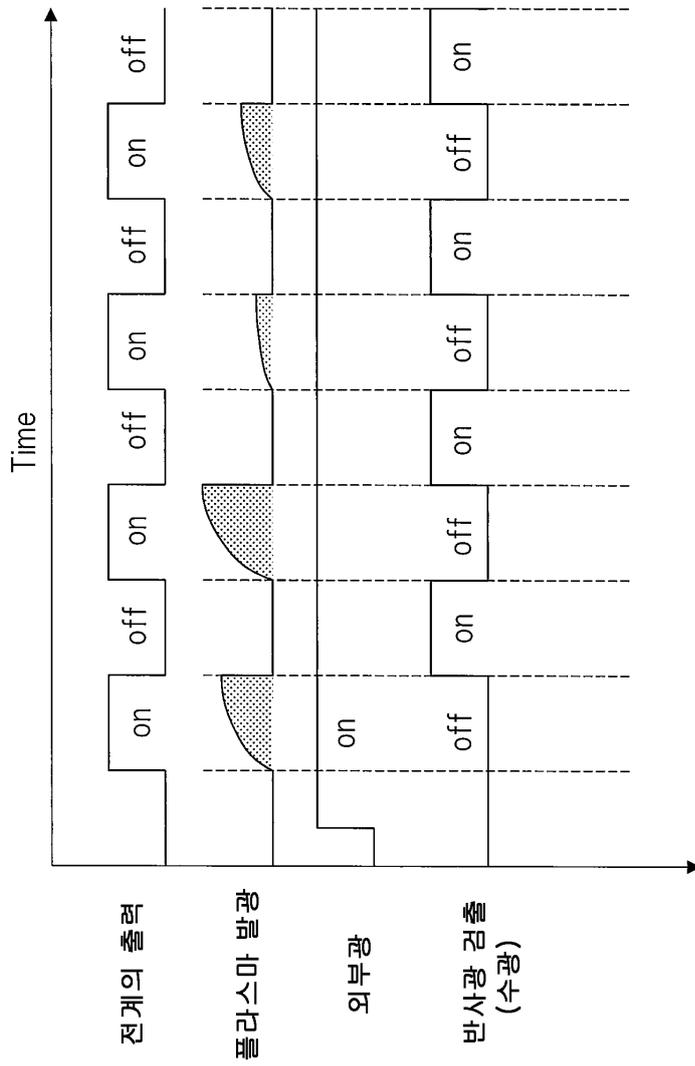
도면
도면1



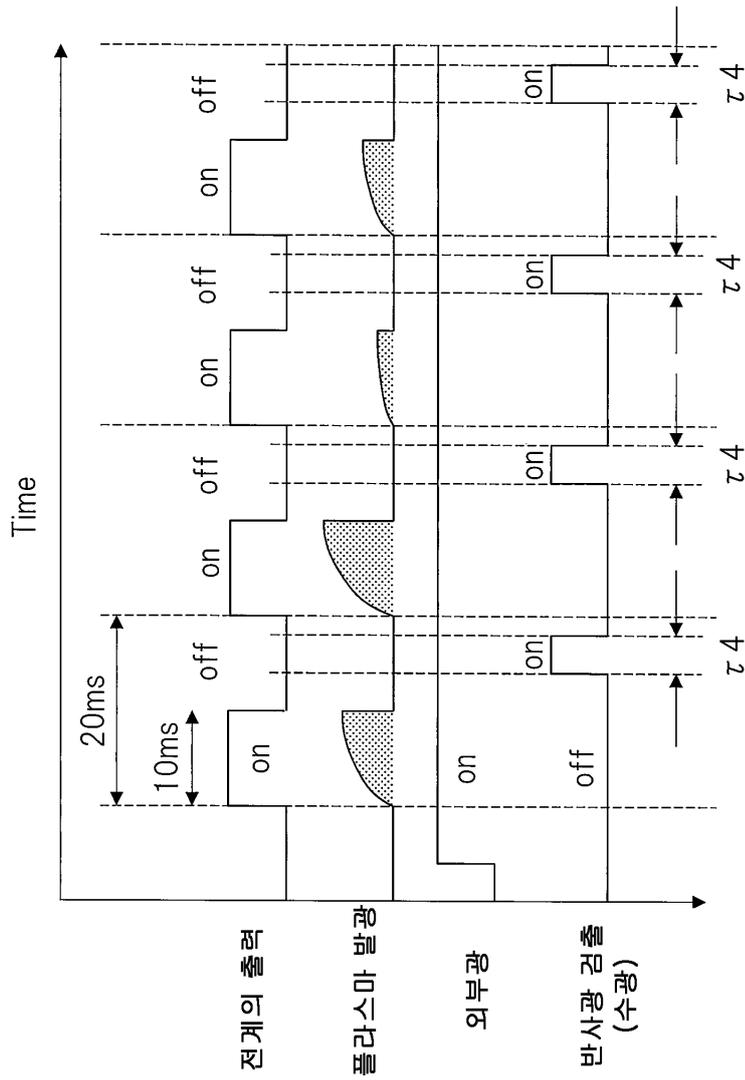
도면2



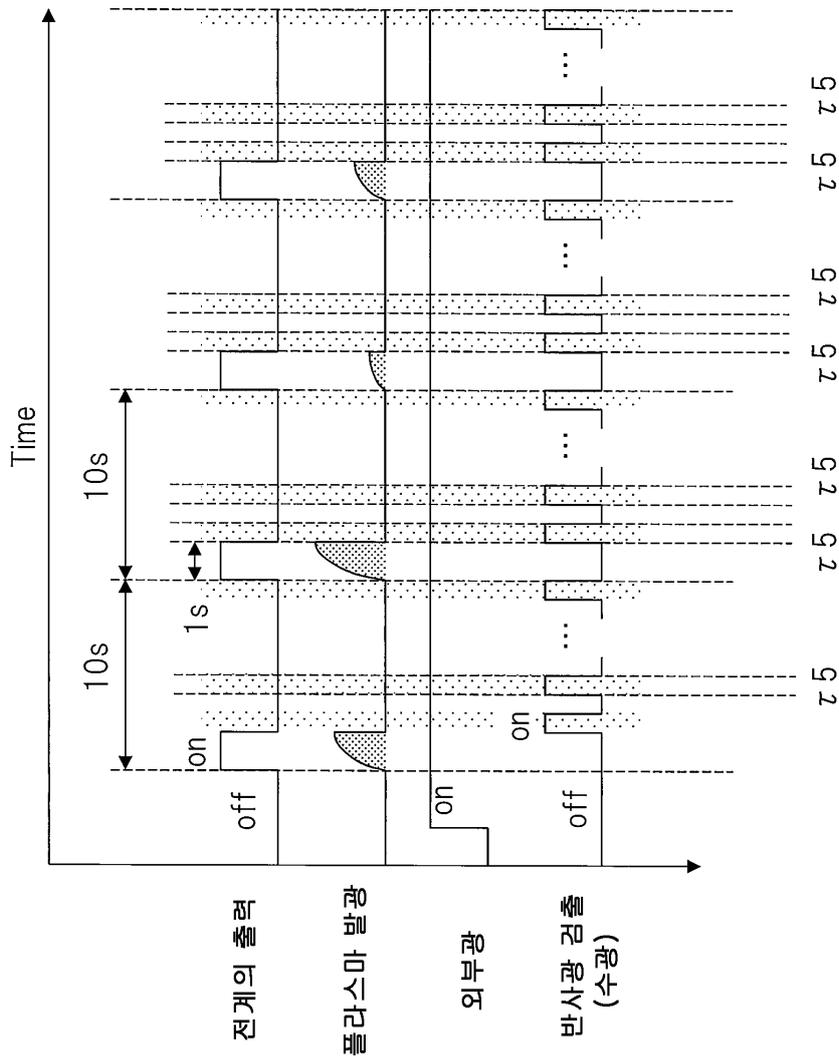
도면3



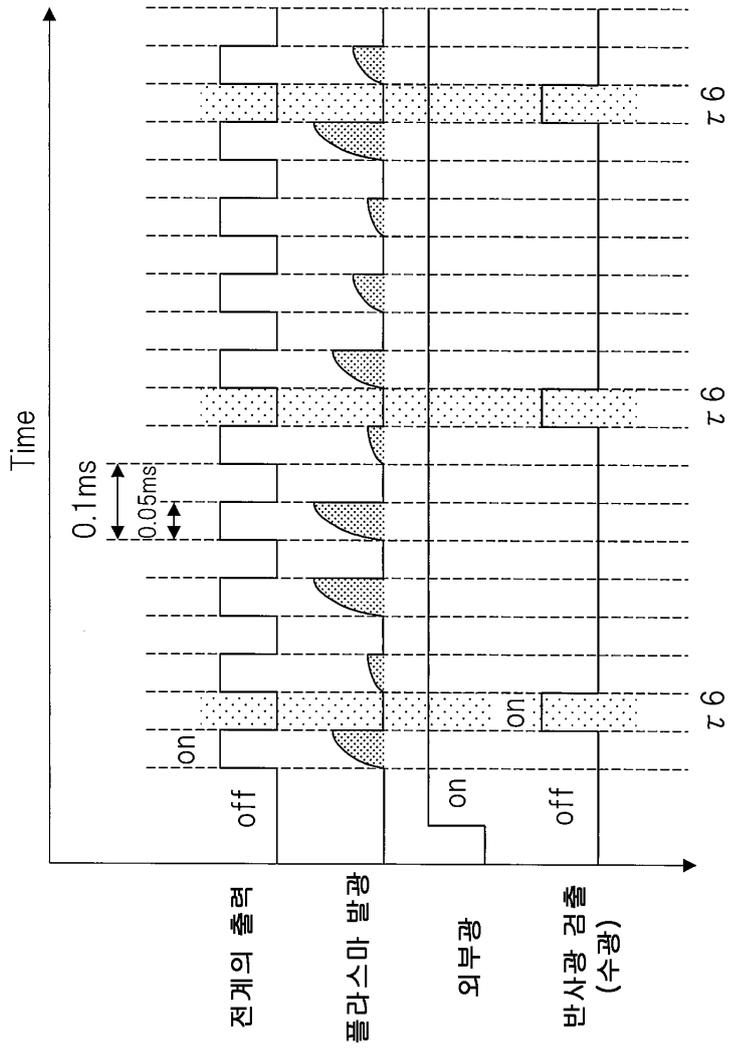
도면4



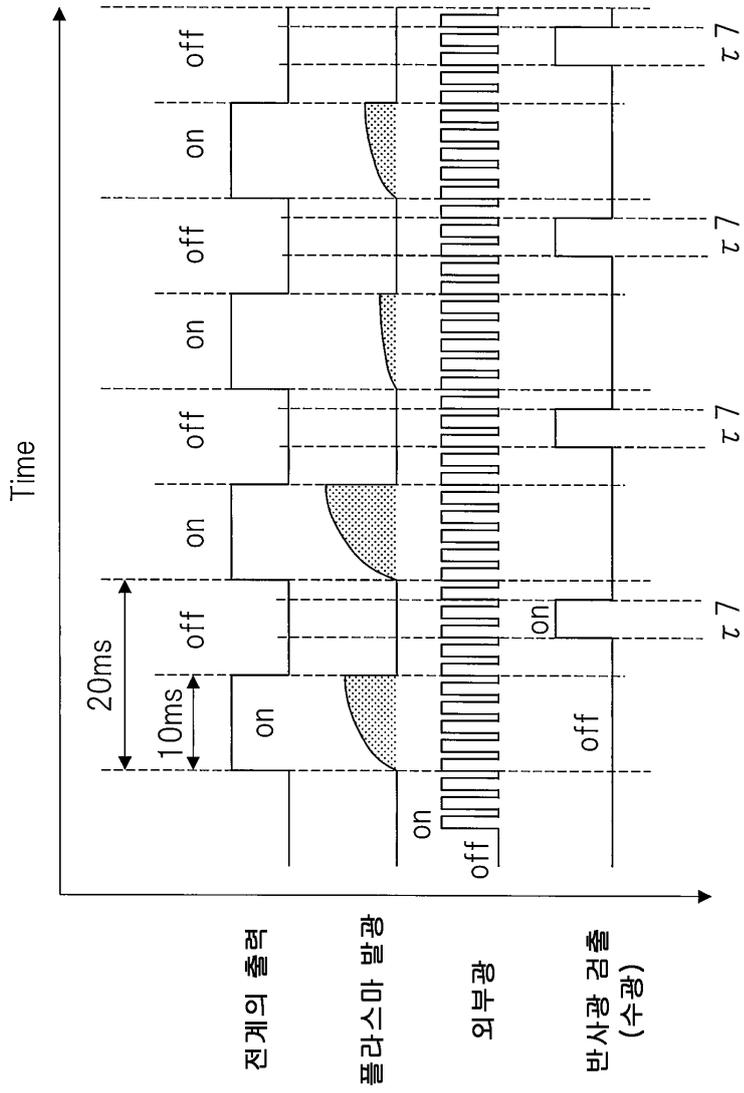
도면5



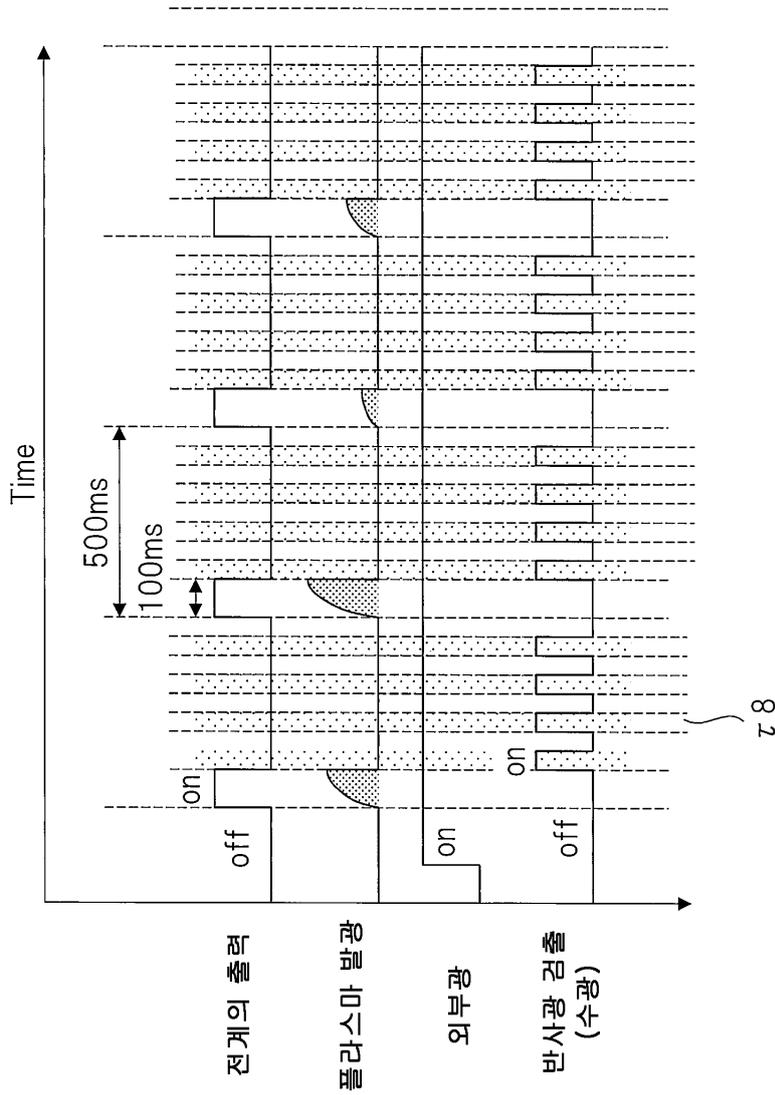
도면6



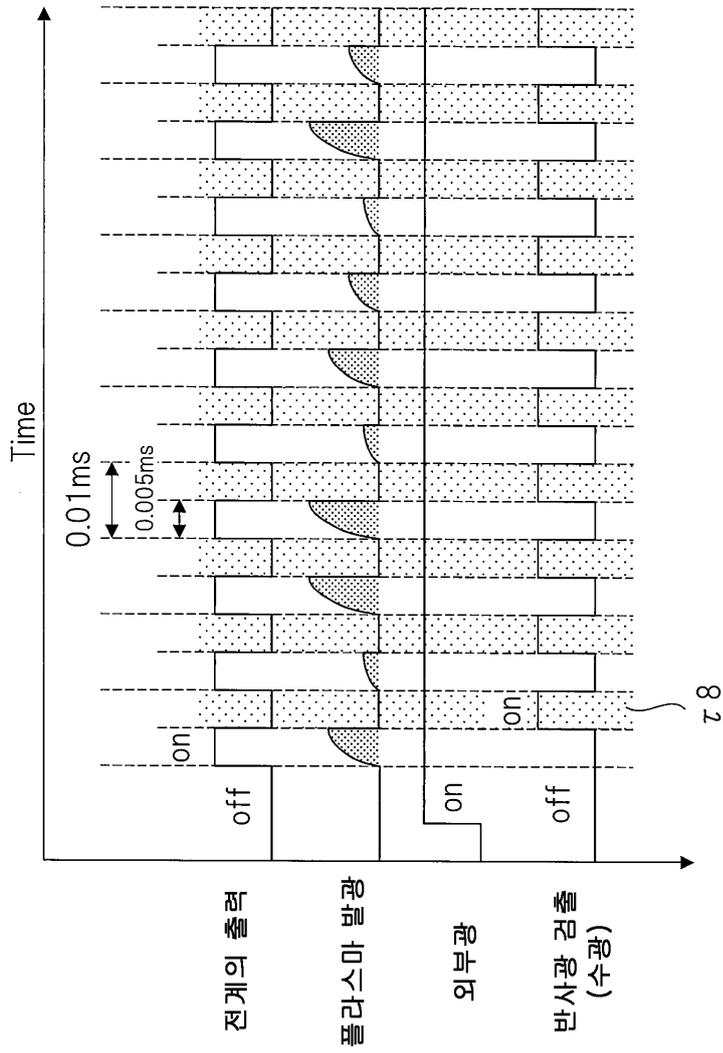
도면7



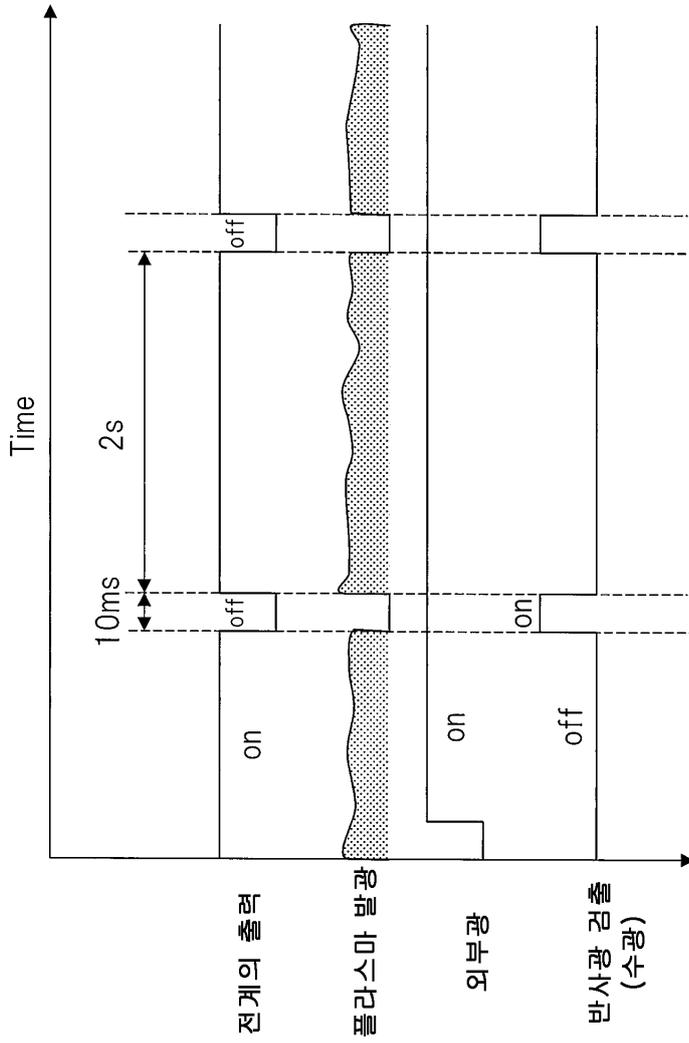
도면8



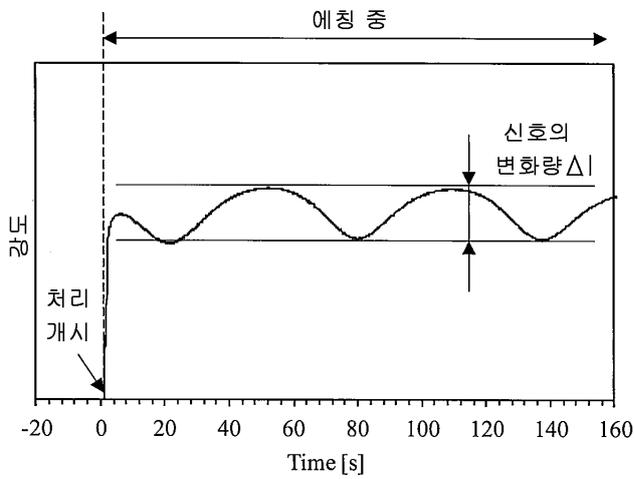
도면9



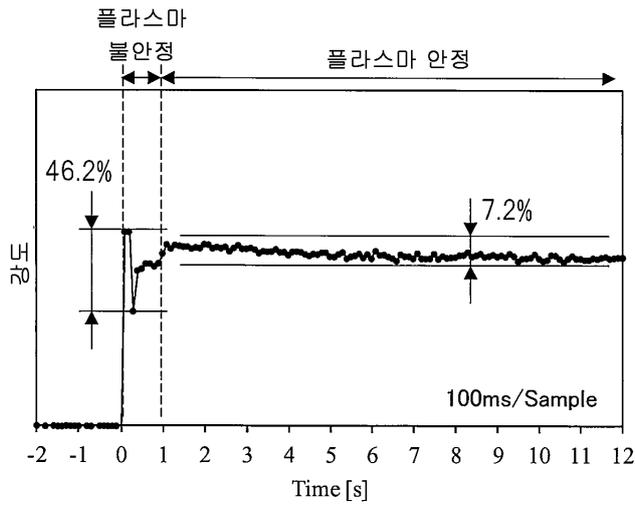
도면10



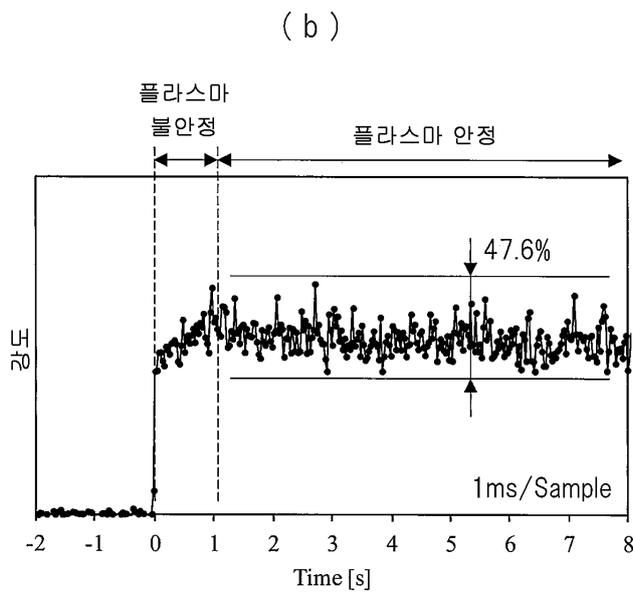
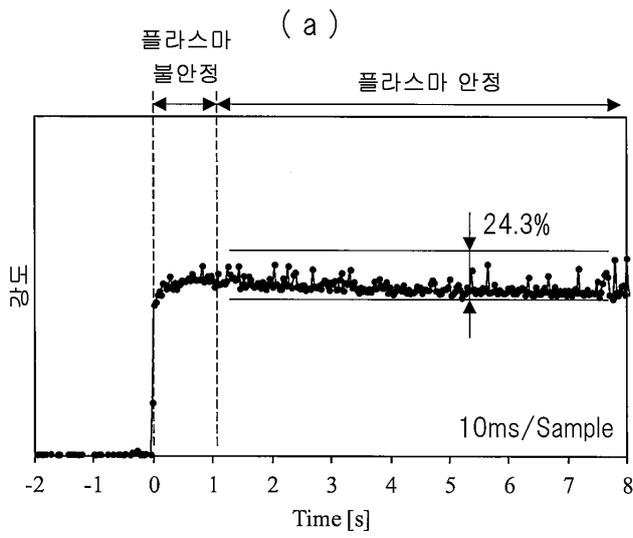
도면11



도면12



도면13



도면14

