



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월13일
 (11) 등록번호 10-1700391
 (24) 등록일자 2017년01월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H05H 1/00 (2006.01) H01J 37/32 (2006.01)
 H01L 21/3065 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-0152086
 (22) 출원일자 2014년11월04일
 심사청구일자 2015년09월09일
 (65) 공개번호 10-2016-0052173
 (43) 공개일자 2016년05월12일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2002093781 A*
 JP2012009544 A*
 KR1020050055048 A*
 US20050034811 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
 (72) 발명자
이동수
 경기도 화성시 병점2로 78, 409동 1002호 (병점동, 느치미마을주공4단지)
장성호
 경기도 수원시 영통구 영통로 232, 806동 2005호 (영통동, 두산.우성.한신 아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

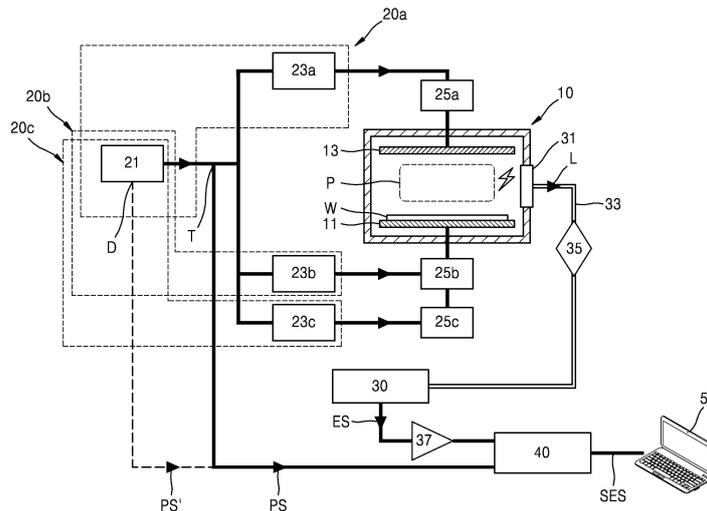
심사관 : 이민형

(54) 발명의 명칭 **펄스 플라즈마의 고속 광학적 진단 시스템**

(57) 요약

본 발명의 기술적 사상에 의한 펄스 플라즈마의 진단 시스템은, 기관과 펄스 플라즈마의 반응에 의해 광이 발생하는 챔버; 상기 챔버에 펄스 신호를 포함하는 제1 펄스 RF 전력을 제공하는 제1 펄스 RF 전력 공급부; 상기 광을 검출하고, 상기 광을 전기 신호로 변환하는 발광 검출기 (Optical Emission Sensor; OES); 상기 전기 신호를 상기 펄스 신호와 동기화(synchronization)시키는 디지털라이저(Digitizer); 상기 동기화된 전기 신호에 대응하는 상기 펄스 플라즈마의 파라미터를 측정하는 측정부;를 포함하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템을 포함한다.

대표도 - 도1a



(72) 발명자

김병희

서울특별시 서초구 마방로2길 15-15, 204호 (양재동, 양재빌리지)

성덕용

서울특별시 영등포구 시흥대로 589-8, 202동 2004호 (대림동, 신대림자이)

신동욱

경기도 수원시 영통구 법조로 134, 3008동 2103호 (하동, 광고호수마을참누리레이크)

명세서

청구범위

청구항 1

기관과 펄스 플라즈마의 반응에 의해 광이 발생하는 챔버;

상기 챔버에 온 구간 및 오프 구간을 반복하는 펄스 신호를 포함하는 제1 펄스 RF 전력을 제공하는 제1 펄스 RF 전력 공급부;

상기 온 구간 및 상기 오프 구간을 포함하는 전구간에서 나노초(nanosecond) 단위로 상기 광을 검출하고, 상기 광을 전기 신호로 변환하는 발광 검출기 (Optical Emission Sensor; OES);

상기 전기 신호의 시작 지점을 상기 펄스 신호의 시작 지점에 동기화(synchronization)시키는 디지털라이저(Digitizer);

상기 온 구간 및 상기 오프 구간을 포함하는 전구간에서 상기 전기 신호의 크기를 검출하고, 상기 온 구간 또는 상기 오프 구간에서의 최대 전기 신호 크기값, 상기 최대 전기 신호 크기값이 나타나는 최대 신호 시간, 최소 전기 신호 크기값, 상기 최소 전기 신호 크기값이 나타나는 최소 신호 시간, 전기 신호 크기의 평균값, 상기 전기 신호 크기의 평균값에 대한 표준 편차값을 결정하고, 상기 온 구간 또는 상기 오프 구간에서의 상기 최대 신호 시간 사이의 시간차나 상기 최소 신호 시간 사이의 시간차를 이용해 펄스 플라즈마의 주기를 계산하여 상기 전구간에서의 펄스 플라즈마의 거동을 분석하는 분석기;를 포함하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 발광 검출기는 광전자 증배관(Photo multiplier Tube; PMT)인 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 3

청구항 3은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제2 항에 있어서, 상기 광전자 증배관 및 상기 디지털라이저는 나노초(nanosecond)의 시분해능을 가지는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 펄스 신호는 상기 제1 펄스 RF 전력 공급부로부터 생성되는 신호를 전기적으로 T분기되거나 상기 제1 펄스 RF 전력 공급부로부터 직접 연결되어 상기 디지털라이저로 공급되는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 5

청구항 5은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1 항에 있어서, 상기 분석기는 특정 시간에서의 펄스 플라즈마의 전기 신호의 크기를 결정하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 6

제1 항에 있어서, 상기 펄스 신호는 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간으로 나뉠 수 있고,

상기 분석기는 상기 펄스 온 구간 또는 상기 펄스 오프 구간의 시작 지점으로부터 상기 동기화된 전기 신호를 분석하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 7

청구항 7은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제6 항에 있어서, 상기 펄스 신호는 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간으로 나뉠 수 있고,

상기 분석기는 상기 펄스 온 구간에서의 상기 전기 신호의 크기 또는 상기 펄스 오프 구간에서의 상기 전기 신호의 크기를 결정하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 8

청구항 8은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1 항에 있어서, 상기 펄스 신호는 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간으로 나뉠 수 있고,

상기 분석기는, 상기 펄스 온 구간에서의 최대 전기 신호 크기 값인 제1 최대 신호 크기 값, 상기 제1 최대 신호 크기 값이 나타나는 제1 최대 신호 시간, 상기 펄스 온 구간에서의 최소 전기 신호 크기 값인 제1 최소 신호 크기 값, 상기 제1 최소 신호 크기 값이 나타나는 제1 최소 신호 시간, 상기 펄스 온 구간에서의 전기 신호 크기 값의 평균인 제1 평균 신호 크기 값, 상기 제1 평균 신호 크기 값에 대한 표준 편차를 나타내는 제1 표준 편차값, 상기 펄스 오프 구간에서의 최대 전기 신호 크기 값인 제2 최대 신호 크기 값, 상기 제2 최대 신호 크기 값이 나타나는 제2 최대 신호 시간, 상기 펄스 오프 구간에서의 최소 전기 신호 크기 값인 제2 최소 신호 크기 값, 상기 제2 최소 신호 크기 값이 나타나는 제2 최소 신호 시간, 상기 펄스 오프 구간에서의 전기 신호 크기 값의 평균인 제2 평균 신호 크기 값, 상기 제2 평균 신호 크기 값에 대한 표준 편차를 나타내는 제2 표준 편차값 중 적어도 하나를 결정하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 9

청구항 9은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제8 항에 있어서, 상기 분석기는 펄스 플라즈마의 주기를 결정하고, 상기 펄스 플라즈마의 주기는 상기 제1 최대 신호 시간 사이의 시간차, 상기 제1 최소 신호 시간 사이의 시간차, 제2 최대 신호 시간 사이의 시간차, 또는 상기 제2 최소 신호 시간 사이의 시간차를 이용하여 분석하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 10

제9 항에 있어서, 상기 펄스 플라즈마 주기는, 상기 펄스 온 구간 내에서 상기 전기 신호의 크기 값이 시작 문턱 값(start threshold level)이상인 되는 최초 시점부터, 상기 펄스 온 구간 밖에서 상기 전기 신호의 크기 값이 종료 문턱 값(end threshold level)이하가 되는 최초 시점까지로 정의되는 듀티 온 구간과, 상기 플라즈마 펄스 주기에서 상기 듀티 온 구간을 제외한 나머지 구간으로 정의되는 듀티 오프 구간으로 나뉠 수 있고,

상기 분석기는 상기 플라즈마 펄스 주기 대비 상기 듀티 온 구간의 비율인 듀티비(duty ratio)를 결정하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 11

제1 항에 있어서, 상기 분석기는 적어도 두 번의 상기 펄스 주기에 걸쳐 상기 동기화된 전기 신호를 분석하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 12

청구항 12은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제11 항에 있어서, 상기 분석기는 상기 펄스 플라즈마 주기를 결정하고, 상기 펄스 플라즈마의 주기를 상기 펄스 신호의 주기와 비교하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 13

청구항 13은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1 항에 있어서, 상기 챔버에 상기 펄스 신호를 포함하는 제2 펄스 RF 전력을 제공하는 제2 펄스 RF

전력 공급부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 14

청구항 14은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제13 항에 있어서, 제1 펄스 RF 전력 공급부 및 상기 제2 펄스 RF 전력 공급부는 상기 펄스 신호를 발생시키는 펄스 제어를 공유하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 15

청구항 15은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제13 항에 있어서, 제1 펄스 RF 전력 공급부 및 상기 제2 펄스 RF 전력 공급부 각각은 상기 펄스 신호를 발생시키는 펄스 RF 발생기(RF generator)를 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 16

기관과 펄스 플라즈마의 식각 반응에 의해 광이 발생하는 챔버;

상기 챔버에 온 구간 및 오프 구간을 반복하는 펄스 신호를 포함하는 펄스 RF 전력을 제공하는 펄스 RF 전력 공급부;

상기 온 구간 및 상기 오프 구간을 포함하는 전구간에서 나노초 단위로 검출한 상기 광을 전기적으로 변환한 전기 신호를 출력하는 발광 검출기;

상기 전기 신호의 시작 지점을 상기 펄스 신호의 시작 지점에 동기화시키는 디지털타이저; 및

상기 온 구간 및 상기 오프 구간을 포함하는 전구간에서 상기 동기화된 전기 신호 크기의 크기를 검출하고, 상기 온 구간 또는 상기 오프 구간에서의 최대 전기 신호 크기값, 상기 최대 전기 신호 크기값이 나타나는 최대 신호 시간, 최소 전기 신호 크기값, 상기 최소 전기 신호 크기값이 나타나는 최소 신호 시간, 전기 신호 크기의 평균값, 상기 전기 신호 크기의 평균값에 대한 표준 편차값을 결정하고, 상기 온 구간 또는 상기 오프 구간에서의 상기 최대 신호 시간 사이의 시간차나 상기 최소 신호 시간 사이의 시간차를 이용해 펄스 플라즈마의 주기를 계산하여 상기 전구간에서의 펄스 플라즈마의 거동을 분석하여 식각 종말점을 검출하는 검출기;를 포함하는 식각 장치.

청구항 17

온 구간 및 오프 구간을 반복하는 펄스 신호를 공급하는 펄스 RF 전력 공급부;

상기 펄스 신호에 대응하여 발생한 펄스 플라즈마에 의해 발생한 광을 상기 온 구간 및 상기 오프 구간을 포함하는 전구간에서 나노초 단위로 검출하고, 상기 광에 대응하는 전기 신호를 출력하는 발광 검출기;

상기 전기 신호의 시작 지점을 상기 펄스 신호의 시작 지점과 동기화시키는 디지털타이저; 및

상기 온 구간 및 상기 오프 구간을 포함하는 전구간에 걸쳐 상기 동기화된 전기 신호의 크기를 검출하고, 펄스 플라즈마 주기 대비 듀티 온 구간의 비율인 듀티비를 분석하는 분석기;를 포함하고,

상기 펄스 플라즈마 주기는 최대 신호 시간 사이의 시간차나 최소 신호 시간 사이의 시간차를 이용하여 결정되고, 상기 듀티 온 구간은 상기 온 구간에서의 전기 신호 크기값이 시작 문턱값 이상이 되는 최초 시점부터 상기 온 구간 밖에서 전기 신호 크기값이 종료 문턱값 이하가 되는 최초 시점까지인 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 18

제17 항에 있어서, 상기 펄스 플라즈마는 RF(radio frequency) 대역 주파수에 의해 발생하고, 상기 발광 검출기는 RF(radio frequency) 대역 주파수의 시분해능을 가지는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템.

청구항 19

제17 항에 있어서, 상기 발광 검출기는 광전자 증배관인 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시

스텝.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 펄스 플라즈마의 진단 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 발광 검출기(Optical Emission Sensor; OES)를 이용한 펄스 플라즈마의 진단 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 반도체 소자가 미세화 및 적층화됨에 따라, 증착 또는 식각 공정의 선택비 및 프로파일 향상 효과를 위해 연속 RF(Continuous Wave Radio Frequency, CW RF) 전력 장치 대신에 펄스 RF (Pulsed Radio Frequency) 전력 장치가 도입되고 있다.

[0003] 그러나, 현재의 설비에서는 펄스 RF 전력 장치에 의해 형성된 펄스 플라즈마의 특성을 모니터링할 수 있는 진단 시스템이 부족하여, 기초적인 펄스 플라즈마의 특성조차 파악되지 못하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 기술적 과제는 상기 문제점을 해결하고자, 펄스 플라즈마의 안정성, 챔버 간의 공정 재현성, 및 웨이퍼의 수율을 향상시킬 수 있도록 펄스 플라즈마의 진단 시스템을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 다음과 같은 펄스 플라즈마의 진단 장치를 제공한다.

[0006] 본 발명의 기술적 사상의 일 양태에 따른 펄스 플라즈마의 진단 장치는,
 [0007] 기관과 펄스 플라즈마의 반응에 의해 광이 발생하는 챔버; 상기 챔버에 펄스 신호를 포함하는 제1 펄스 RF 전력을 제공하는 제1 펄스 RF 전력 공급부; 상기 광을 검출하고, 상기 광을 전기 신호로 변환하는 발광 검출기(Optical Emission Sensor; OES); 상기 전기 신호를 상기 펄스 신호와 동기화(synchronization)시키는 디지털 이저(Digitizer); 상기 동기화된 전기 신호에 대응하는 상기 펄스 플라즈마의 파라미터를 측정하는 측정부;를 포함하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0008] 일부 실시예들에서, 상기 발광 검출기는 광전자 증배관(Photo multiplier Tube; PMT)인 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0009] 일부 실시예들에서, 상기 광전자 증배관 및 상기 디지털이저는 나노초(nanosecond)의 시분해능을 가지는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0010] 일부 실시예들에서, 상기 펄스 신호는 상기 제1 펄스 RF 전력 공급부로부터 생성되는 신호를 전기적으로 T분기하여 추출되거나 또는 상기 제1 펄스 RF 전력 공급부로부터 직접 연결하여 추출되는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0011] 일부 실시예들에서, 상기 파라미터는 특정 시간에서의 펄스 플라즈마의 크기인 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0012] 일부 실시예들에서, 상기 펄스 신호는 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간으로 나뉠 수 있고, 상기 파라미터는 상기 펄스 온 구간 또는 상기 펄스 오프 구간의 시작 지점을 기점으로 측정되는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0013] 일부 실시예들에서, 상기 펄스 신호는 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간으로 나뉠 수 있고, 상기 파라미터는 상기 펄스 온 구간에서의 상기 전기 신호의 크기 또는 상기 펄스 오프 구간에서의 상기 전기 신호의 크기인 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0014] 일부 실시예들에서, 상기 펄스 신호는 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간으로 나뉠 수 있고, 상기 파라미터

터는, 상기 펄스 온 구간에서의 최대 전기 신호 크기 값인 제1 최대 신호 크기 값, 상기 제1 최대 신호 크기 값이 나타나는 제1 최대 신호 시간, 상기 펄스 온 구간에서의 최소 전기 신호 크기 값인 제1 최소 신호 크기 값, 상기 제1 최소 신호 크기 값이 나타나는 제1 최소 신호 시간, 상기 펄스 온 구간에서의 전기 신호 크기 값의 평균인 제1 평균 신호 크기 값, 상기 제1 평균 신호 크기 값에 대한 표준 편차를 나타내는 제1 표준 편차값, 상기 펄스 오프 구간에서의 최대 전기 신호 크기 값인 제2 최대 신호 크기 값, 상기 제2 최대 신호 크기 값이 나타나는 제2 최대 신호 시간, 상기 펄스 오프 구간에서의 최소 전기 신호 크기 값인 제2 최소 신호 크기 값, 상기 제2 최소 신호 크기 값이 나타나는 제2 최소 신호 시간, 상기 펄스 오프 구간에서의 전기 신호 크기 값의 평균인 제2 평균 신호 크기 값, 상기 제2 평균 신호 크기 값에 대한 표준 편차를 나타내는 제2 표준 편차값 중 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0015] 일부 실시예들에서, 상기 파라미터는 펄스 플라즈마의 주기이고, 상기 펄스 플라즈마의 주기는 상기 제1 최대 신호 시간 사이의 시간차, 상기 제1 최소 신호 시간 사이의 시간차, 제2 최대 신호 시간 사이의 시간차, 또는 상기 제2 최소 신호 시간 사이의 시간차를 이용하여 측정하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0016] 일부 실시예들에서, 상기 펄스 플라즈마 주기는, 상기 펄스 온 구간 내에서 상기 전기 신호의 크기 값이 시작 문턱 값(start threshold level)이상인 되는 최초 시점부터, 상기 펄스 온 구간 밖에서 상기 전기 신호의 크기 값이 종료 문턱 값(end threshold level)이하가 되는 최초 시점까지로 정의되는 듀티 온 구간과, 상기 플라즈마 펄스 주기에서 상기 듀티 온 구간을 제외한 나머지 구간으로 정의되는 듀티 오프 구간으로 나뉠 수 있고,

[0017] 상기 파라미터는 상기 플라즈마 펄스 주기 대비 상기 듀티 온 구간의 비율인 듀티비(duty ratio)인 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0018] 일부 실시예들에서, 상기 펄스 신호는 공급 펄스 주기를 갖고, 상기 파라미터는 적어도 두 번의상기 공급 펄스 주기에 걸쳐 얻어진 상기 동기화된 전기 신호의 범위에서 측정되는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0019] 일부 실시예들에서, 상기 발광 검출기에서 변환된 상기 전기 신호를 증폭하는 증폭기(Amplifier)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0020] 일부 실시예들에서, 상기 챔버에 상기 펄스 신호를 포함하는 제2 펄스 RF 전력을 제공하는 제2 펄스 RF 전력 공급부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0021] 일부 실시예들에서, 제1 펄스 RF 전력 공급부 및 상기 제2 펄스 RF 전력 공급부는 상기 펄스 신호를 발생시키는 펄스 제어를 공유하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0022] 일부 실시예들에서, 제1 펄스 RF 전력 공급부 및 상기 제2 펄스 RF 전력 공급부는 상기 펄스 신호를 발생시키는 펄스 RF 발생기(RF generator)를 각각 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0023] 일부 실시예들에서, 상기 제1 펄스 RF 전력 공급부의 제1 RF 주파수는 상기 제2 펄스 RF 전력 장치의 제2 RF 주파수보다 큰 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0024] 일부 실시예들에서, 상기 광 중 측정 대상 파장을 선택하고, 상기 챔버와 상기 발광 검출기의 사이에 광학적으로 연결되는 광학 필터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0025] 일부 실시예들에서, 상기 챔버의 하부에 배치되는 바이어스 전력 발생 장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 펄스 플라즈마의 진단 시스템일 수 있다.

[0026] 본 발명의 기술적 사상의 일 양태에 따른 펄스 플라즈마의 진단 장치는, 기관과 펄스 플라즈마의 식각 반응에 의해 광이 발생하는 챔버; 상기 챔버에 펄스 신호를 포함하는 펄스 RF 전력을 제공하는 펄스 RF 전력 공급부; 상기 광을 전기적으로 변환한 전기 신호를 출력하는 발광 검출기; 상기 전기 신호를 상기 펄스 신호와 동기화시키는 디지털타이저; 및 상기 동기화된 전기 신호 크기를 이용해 식각 종말점을 검출하는 검출기;를 포함하는 식각 장치일 수 있다.

[0027] 일부 실시예들에서, 상기 발광 검출기는 광전자 증배관인 것을 특징으로 하는 식각 장치일 수 있다.

발명의 효과

[0028] 본 발명의 기술적 사상에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템은, 펄스 플라즈마로부터 방출된 광신호를 공급 펄스 주기와 동기화시켜서 펄스 온 구간과 오프 구간의 시작 시점을 알 수 있으며, 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간을 구분할 수 있을 정도의 높은 시분해능을 가진 발광 검출기를 이용하여 시간에 따른 펄스 플라즈마의 거동을 명확하게 진단할 수 있다. 이에 따라, 공급 펄스와 실제 발생하는 펄스 플라즈마와의 비교를 통해 공급 펄스의 이상 유무를 진단할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템들의 개략도이다.

도 2는 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따라 도 1a의 펄스 플라즈마의 진단 시스템에 포함되는 펄스 RF 전력 장치를 나타낸 개략도이다.

도 3은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템을 이용하여 펄스 플라즈마의 한 주기의 파형을 나타낸 그래프이다.

도 4는 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따른 플라즈마의 진단 시스템을 이용하여 펄스 플라즈마의 파라미터를 측정하는 방법을 설명하기 위한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따른 플라즈마의 진단 시스템을 이용하여 펄스 플라즈마의 듀티비를 측정하는 방법을 설명하기 위한 그래프이다.

도 6a 및 도 6b는 일반적인 진단 시스템과 본 발명의 기술적 사상에 의한 진단 시스템에 따른 펄스 플라즈마의 파형을 나타내는 그래프들이다.

도 7은 본 발명의 기술적 사상에 의한 진단 시스템을 이용하여 웨이퍼에 따른 평균 광량(Averaged intensity)을 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 기술적 사상에 의한 진단 시스템을 이용하여 시간에 따른 펄스 온에서의 펄스 플라즈마의 최대값에서의 시간을 나타낸 그래프이다.

도 9는 일반적인 진단 시스템과 본 발명의 기술적 사상에 의한 진단 시스템에 따른 식각 공정에서의 펄스 플라즈마의 파형을 나타내는 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명의 구성 및 효과를 충분히 이해하기 위하여, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예들을 설명한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라, 여러 가지 형태로 구현될 수 있고 다양한 변경을 가할 수 있다. 단지, 본 실시 예들에 대한 설명은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다. 첨부된 도면에서 구성 요소들은 설명의 편의를 위하여 그 크기를 실제보다 확대하여 도시한 것이며, 각 구성 요소의 비율은 과장되거나 축소될 수 있다.

[0031] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "상에" 있다거나 "접하여" 있다고 기재된 경우, 다른 구성 요소에 상에 직접 맞닿아 있거나 또는 연결되어 있을 수 있지만, 중간에 또 다른 구성 요소가 존재할 수 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소의 "바로 위에" 있다거나 "직접 접하여" 있다고 기재된 경우에는, 중간에 또 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해될 수 있다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 예를 들면, "~사이에"와 "직접 ~사이에" 등도 마찬가지로 해석될 수 있다.

[0032] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0033] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 표현하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. "포함한다" 또는 "가진다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을

지정하기 위한 것으로, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들이 부가될 수 있는 것으로 해석될 수 있다.

[0034] 본 발명의 실시예들에서 사용되는 용어들은 다르게 정의되지 않는 한, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 통상적으로 알려진 의미로 해석될 수 있다.

[0035] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써 본 발명을 상세히 설명한다.

[0036] 도 1a은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템의 개략도이다.

[0037] 도 1a을 참조하면, 펄스 플라즈마의 진단 시스템은, 기판(W)이 제공된 챔버(10)와, 상기 챔버(10)에 펄스 플라즈마(P)를 발생시키도록 제1 펄스 RF 전력을 공급하는 제1 펄스 RF 전력 공급부(20a)와, 상기 챔버(10) 내에서 상기 펄스 플라즈마(P)와 상기 기판(W)의 반응에 의해 방출되는 광신호(L)를 전기적으로 변환한 전기 신호(ES)를 검출하는 발광 검출기(Optical Emission Sensor; OES), 예를 들어 광전자 증배관(30)과, 상기 전기 신호(ES)를 제1 펄스 RF 전력 공급부(20a)의 공급 펄스 주기를 갖는 펄스 신호(Pulse Signal; PS)와 동기화(synchronization)시키고 디지털라이저(Digitizer) (40)와, 상기 펄스 신호(PS)에 따라 구분된 상기 동기화된 전기 신호(SES)의 파라미터를 측정하는 측정부(50);를 포함한다.

[0038] 상기 챔버(10)내의 하부 영역에는 반도체 공정들을 수행하기 위한 기판(W)이 놓여지는 척(11)이 구비될 수 있다. 상기 챔버(10)의 일측에는 상기 반도체 공정을 수행하기 위한 반응 가스를 공급하는 가스 공급부(미도시)와 반응 후 가스를 배기하기 위한 배기부(미도시)가 구비될 수 있다. 상기 챔버(10) 내의 상부 영역에는 반응 가스를 펄스 플라즈마(P)로 형성하기 위한 플레이트 형태의 상부 전극(13)이 구비될 수 있다. 또한, 상기 척(11)은 플레이트 형태의 하부 전극(미도시)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 펄스 플라즈마(P)와 상기 기판(W)의 반응은 증착 반응, 식각 반응, 이온 주입 반응, 확산 반응 중 적어도 하나일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 기술적 사상에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 펄스 플라즈마(P)와 기판(W)이 반응하여 광을 방출하는 모든 물리적 및 화학적 반응에 대해 이용될 수 있다.

[0039] 상기 챔버(10) 내에 상기 펄스 플라즈마(P)를 발생시키도록, 상기 상부 전극(13)에는 제1 펄스 RF 전력 공급부(20a)가 연결되고, 상기 척(11)에 포함된 하부 전극에는 제2 펄스 RF 전력 공급부(20b) 및 제3 펄스 RF 전력 공급부(20c)가 연결될 수 있다. 제1,2,3 펄스 RF 전력 공급부(20a, 20b, 20c)는 펄스를 발생시키는 펄스 제어기(21)를 공통적으로 포함하고, 제1,2,3 펄스 RF 발생기(23a, 23b, 23c)를 각각 포함할 수 있다. 상기 제1,2,3 펄스 RF 발생기(23a, 23b, 23c)는 상기 펄스 제어기(21)에서 발생한 펄스 전력과 제1,2,3 RF 전력을 각각 믹싱하여 제1,2,3 펄스 RF 전력을 발생시킬 수 있다. 상기 제1,2,3 펄스 RF 전력 공급부(20a, 20b, 20c)는 도 2를 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

[0040] 도 2는 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따라 도 1a의 펄스 플라즈마의 진단 시스템에 포함되는 제1 펄스 RF 전력 공급부(20a)를 나타낸 개략도이다.

[0041] 도 2를 참조하면, 상기 제1 펄스 RF 전력 공급부(20a)는 펄스 제어기(21)와, 제1 RF 발생기(23a)를 포함할 수 있다.

[0042] 상기 펄스 제어기(21)는 일정한 공통 펄스 주파수를 갖는 신호를 발생시키고, 상기 공통 펄스 주파수를 제어할 수 있다. 상기 펄스 제어기(21)는 상기 공통 펄스 주파수를 갖는 신호를 상기 제1 RF 발생기(23a)에 입력한다.

[0043] 상기 제1 펄스 RF 발생기(23a)는 RF 발생기(23a-1), 믹서(23a-3), 및 RF 전력 증폭기(23a-5)를 포함할 수 있다. 상기 RF 발생기(23a-1)는 제1 RF 주파수를 갖는 신호를 발생시킬 수 있다. 상기 믹서(23a-2)는 상기 제1 RF 주파수를 갖는 신호와 상기 공통 펄스 주파수 신호를 갖는 신호를 믹싱시킬 수 있다. 상기 RF 전력 증폭기(23a-3)는 상기 믹서(23a-2)에서 출력된 펄스 신호를 일정 수준 이상으로 증폭할 수 있다.

[0044]

[0045] 다시 도 1a을 참조하면, 상기 제1,2,3 RF 발생기(23a, 23b, 23c)는 각각 제1,2,3 정합기(Matcher)(25a, 25b, 25c)에 연결될 수 있다. 상기 제1,2,3 정합기(25a, 25b, 25c)는 상기 제1,2,3 RF 전력이 효율적으로 전달되도록 임피던스를 매칭시킬 수 있다.

- [0046] 상기 펄스 제어기(21)는 상기 제1,2,3 펄스 RF 발생기(23a, 23b, 23c)에 공통적으로 연결되며, 상기 공통 펄스 주파수를 전달할 수 있다. 이에 따라, 상기 제1 펄스 RF 전력 공급부(20a)는 공통 펄스 주파수와 제1 RF 주파수를 가질 수 있다. 또한 상기 제2 펄스 RF 전력 공급부(20b)는 공통 펄스 주파수와 제2 RF 주파수를 가질 수 있고, 상기 제3 펄스 RF 전력 공급부(20c)는 공통 펄스 주파수 및 제3 RF 주파수를 가질 수 있다. 상기 공통 펄스 주파수는 펄스 플라즈마(P)의 온오프를 시키는 시간 변화를 나타내는 것이기 때문에 비교적 낮은 주파수이고, 상기 제1,2,3 RF 주파수는 플라즈마의 밀도에 의하여 결정되는 고유 주파수로서 비교적 높은 주파수 대역에 있다. 또한, 상기 제1 RF 주파수는 상기 제2,3 RF 주파수보다 클 수 있다. 예를 들어, 상기 공통 펄스 주파수는 0.001MHz이고, 상기 제1 RF 주파수는 100MHz, 상기 제2 RF 주파수는 13MHz, 상기 제3 RF 주파수는 2MHz일 수 있다.
- [0047] 도 1a에서는 본 발명의 펄스 플라즈마의 진단 시스템이 제1,2,3 펄스 RF 전력 공급부(20a, 20b, 20c)를 포함하는 것으로 도시되었으나, 본 발명의 기술적 사상이 이에 한정되는 것은 아니다. 일부 실시예들에서, 본 발명의 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 상기 척(11)에 포함된 하부 전극 또는 상기 상부 전극(13)에 연결되는 적어도 하나의 펄스 RF 전력 장치만을 포함할 수 있다. 이에 따라 일부 실시예들에서, 상기 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 상기 제1 펄스RF 전력 장치(20a)만을 포함할 수 있다. 또한 일부 실시예들에서, 1,2,3 펄스RF 전력 장치(20a, 20b, 20c) 외에 추가적인 펄스 RF 전력 장치를 더 포함할 수 있다.
- [0048] 일부 실시예들에서, 상기 척(11)에 포함되는 하부 전극에 연결되고 바이어스 파워를 인가시키는 바이어스 전력 제공부(미도시)를 더 포함할 수 있다. 상기 바이어스 전력 제공부는 상기 플라즈마(P)에 방향성을 제공하여 상기 증착, 식각, 이온 주입, 확산 반응 등의 반도체 공정을 더 효율적으로 수행하도록 할 수 있다.
- [0049] 도 1a에서는 챔버(10) 상하부에 평행한 두 전극이 있는 형태의 CCP(Capacitively Coupled Plasma) 시스템을 통하여 플라즈마(P)가 발생하는 것으로 도시되었으나, 본 발명의 기술적 사상이 이에 한정되는 것은 아니다. 일부 실시예들에서, 본 발명의 기술적 사상에 따른 플라즈마(P)는 ICP(Inductively Coupled Plasma)시스템, ECR(Electron Cyclotron Resonance) 플라즈마 시스템, SWP(Surface Wave Plasma) 시스템, 헬리콘파(HeliconWave) 플라즈마 시스템, 전자선(e-beam) 플라즈마 시스템, 또는 펄스 직류(Pulsed DC) 시스템, 이중 주파수(Dual Frequency)를 이용한 CCP 시스템, 상기 열거한 장치 외의 모든 플라즈마 발생 장치에 의해 발생할 수 있다. 즉, 본 발명의 기술적 사상에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 종류에 제한되지 않는 플라즈마 발생 장치에 의해 발생한 플라즈마로부터 발생하는 광신호를 측정하도록 이용될 수 있다.
- [0050] 상기 제1,2,3 펄스 RF 전력 공급부(20a, 20b, 20c)로부터 전력을 공급받은 반응 가스는, 상기 기관(W)과의 반응에 의해 상기 챔버(10) 내에 펄스 플라즈마(P)를 발생시켜 광신호(L)를 방출한다. 상기 광신호(L)는, 상기 챔버(10)의 일측에 배치되는 검출창(31)을 통해 외부로 투과된다. 상기 광신호(L)는 광케이블(33-도1에 숫자로 표시되지 않았습니다. → 도 1a 수정)을 따라 광학 필터(35), 및 광전자 증배관(30)에 입력될 수 있다.
- [0051] 상기 광학 필터(35)는 상기 광케이블(33) 상에 설치되며, 상기 펄스 플라즈마의 진단 시스템에서 검출하고자 하는 파장 대역의 광신호(L)만을 통과시키도록 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 광학 필터(35)는 생략이 가능하다.
- [0052] 상기 발광 검출기, 예를 들어 광전자 증배관(Photomultiplier Tube; PMT)(30)은 상기 필터(35)를 통과한 특정 파장의 상기 광신호(L)의 세기를 증폭된 전기적 신호로 변환시킬 수 있다. 상기 광전자 증배관(30)은 발광 검출기(Optical Emission Sensor; OES)의 일종으로, 플라즈마로부터 발생하는 상기 광신호(L)를 전기적으로 변환하여 전기 신호를 출력할 수 있다. 일반적으로, 플라즈마의 거동을 검출하기 위한 발광 분광기(Optical Emission Spectroscopy; OES)로는 전자 결합 소자(Charge Coupled Device; CCD)가 사용되고 있는데, 이러한 전자 결합 소자는 광신호(L)를 검출하는 데 수십에서 수백 마이크로초(μs), 즉 수십에서 수백 헤르츠(Hz)의 주파수가 걸려 광검출 반응 시간이 느린 편에 속한다. 따라서 펄스되지 않는 일반적인 플라즈마의 거동을 측정하는 때에는, 전자 결합 소자를 이용하더라도 총 측정 시간에서의 평균 광량만을 측정하면 되므로 광검출 반응 시간이 길더라도 문제가 되지 않는다. 그러나, 수십에서 수천만 마이크로초(μs)의 주기, 즉 수백에서 수십만 헤르츠(Hz)의 주파수를 가지는 펄스 플라즈마(P)의 거동을 측정하려는 경우, 상기 전자 결합 소자는 펄스 온(pulse-on) 구간과 펄스 오프(pulse-off) 구간을 구분할 수 있을 정도로 빠른 광검출 반응 시간을 갖지 못하여 시간에 따른 정확한 펄스 플라즈마(P)의 거동을 측정하기 어렵다. 이에 따라, 본 발명의 기술적 사상에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템에서는 발광 검출기로서 상기 광전자 증배관(30)을 포함할 수 있다. 상기 광전자 증배관(30)은 광신호(L)를 검출하는 데 수 나노초(ns)가 걸려 고속으로 광검출 반응이 가능하다. 즉, 상기 광전자 증배관(30)은 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간을 구분할 수 있을 정도의 충분히 빠른 광검출 반응이 가능하므로, 시간에 따른 상기 펄

스 플라즈마(P)의 거동을 명확하게 측정할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 발광 검출기는 상기 광전자 증배관(30) 외의 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간을 구분할 수 있는 시분해능을 가진 광검출 장치일 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 발광 검출기는 나노초(ns)의 시분해능을 가진 광검출 장치일 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 발광 검출기는 광 다이오드(Photo diode)를 포함할 수 있다.

[0053] 상기 광전자 증배관(30)을 거친 전기 신호(ES)는 증폭기(37)를 통해 신호 증폭이 될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 증폭기(37)는 생략이 가능하다.

[0054] 상기 디지털타이저(40)는 상기 광전자 증배관(30)을 통해 검출된 상기 전기 신호(ES)를 상기 공급 펄스 주기 신호(PS)와 동기화(synchronization)시킬 수 있다. 상기 공급 펄스 주기 신호(PS)는 외부 펄스 신호로서, 예를 들어 제1 펄스 RF 전력 공급부(20a)의 공급 펄스 주기 신호(PS)를 이용할 수 있다. 구체적으로, 도 2를 다시 참조하면, 상기 펄스 제어기(21)에서 상기 제1 RF 발생기(23a-3)로 공급되는 공급 펄스 주기 신호(PS)를 전기적으로 T분기하여 또는 직접 연결하여 디지털타이저(40)에 입력할 수 있다. 상기 공급 펄스 주기 신호(PS)는 공급 펄스의 시작 지점 및 종료 지점에 관한 정보를 포함한다. 따라서, 상기 공급 펄스 주기 신호(PS)와 동기화된 전기 신호(SES)는 상기 공급 펄스 주기 신호(PS)를 기준으로 신호를 기록하게 되므로, 측정되는 펄스 플라즈마(P)에서 공급 펄스의 시작 지점 및 종료 지점에 관해 알 수 있게 된다. 상기 동기화된 전기 신호(SES)는 상기 디지털타이저(40)에 의해 아날로그 신호에서 디지털 신호로 변환될 수 있다. 상기 디지털타이저(40)는 일정 시간 간격동안 일정 개수의 데이터로 상기 전기 신호(ES)를 입력받아 저장하는 방법으로 동작할 수 있다. 이 때 상기 데이터를 기록하는 기준은 공통 펄스 주기 신호(PS)의 문턱값을 이용할 수 있다. 예를 들어, 펄스 온 일 때는 공통 펄스 주기 신호(PS)의 입력값이 0V에서 유한한 값으로 변하게 되므로, 펄스 신호의 시작 시점을 측정할 수 있다. 또한 공통 펄스 주기는 전술한 바와 같이 상기 제1 펄스 RF 전력 공급부(20a)로부터 입력받을 수 있다. 구체적으로, 상기 제1 펄스 RF 전력 공급부(20a)의 펄스 주기를 이용하여 단위 시간 간격 횡 및 상기 단위 시간 간격 횡 을 갖는 데이터의 개수 N를 결정하고, 하나의 펄스 주기 동안 N개 데이터를 입력받아 한 주기의 펄스 신호내의 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간을 구분할 수 있다.

[0055] 상기 측정부(50)는 상기 동기화된 전기 신호(SES)를 입력받아 상기 펄스 플라즈마(P)의 거동을 분석할 수 있다. 즉, 상기 동기화된 전기 신호(SES)는 공급 펄스의 시작 지점 및 공급 펄스 주기를 기준으로, 빠른 광검출 반응에 의해 시간에 따른 펄스 플라즈마(P)의 크기를 엄밀하게 진단할 수 있다. 즉, 하나의 공급 펄스 주기, 펄스 온(pulse-on) 구간, 및 펄스 오프(pulse-off) 구간의 구분하고 각 구간에 대한 상기 전기 신호(SES)의 분석이 가능하다. 이와 같이, 본 발명의 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 동기화된 전기 신호(SES)와 시분해능이 큰 발광 검출기, 예를 들어 광전자 증배관(30)을 이용하여, 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간의 구분, 특정 시간에서의 펄스 플라즈마의 크기, 펄스 오프 이후의 딜레이 정도, 펄스 온 구간 또는 펄스 오프 구간에서의 펄스 플라즈마의 평균 광량 등을 진단하는 등 펄스 플라즈마(P)의 엄밀한 진단이 가능하다. 상기 측정부(50)는 컴퓨터일 수 있다.

[0056] 일부 실시예들에서, 상기 공급 펄스 주기 신호(PS)는 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간으로 나뉠 수 있고, 본 발명의 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 펄스 플라즈마(P)의 거동을 나타내는 파라미터들을 진단할 수 있다. 예를 들어, 상기 파라미터는 상기 펄스 온 구간에서의 최대 전기 신호 크기 값인 제1 최대 신호 크기 값, 상기 제1 최대 신호 크기 값이 나타나는 제1 최대 신호 시간, 상기 펄스 온 구간에서의 최소 전기 신호 크기 값인 제1 최소 신호 크기 값, 상기 제1 최소 신호 크기 값이 나타나는 제1 최소 신호 시간, 상기 펄스 온 구간에서의 전기 신호 크기 값의 평균인 제1 평균 신호 크기 값, 상기 제1 평균 신호 크기 값에 대한 표준 편차를 나타내는 제1 표준 편차값, 상기 펄스 오프 구간에서의 최대 전기 신호 크기 값인 제2 최대 신호 크기 값, 상기 제2 최대 신호 크기 값이 나타나는 제2 최대 신호 시간, 상기 펄스 오프 구간에서의 최소 전기 신호 크기 값인 제2 최소 신호 크기 값, 상기 제2 최소 신호 크기 값이 나타나는 제2 최소 신호 시간, 상기 펄스 오프 구간에서의 전기 신호 크기 값의 평균인 제2 평균 신호 크기 값, 상기 제2 평균 신호 크기 값에 대한 표준 편차를 나타내는 제2 표준 편차값 중 적어도 하나일 수 있다.

[0057] 상기 펄스 신호(PS)는 상기 펄스 제어기(21)로부터 제1,2,3 펄스 RF 발생기(23a, 23b, 23c) 사이에서 전기적으로 T분기되어 추출될 수 있으나, 본 발명의 기술적 사상이 이에 한정되는 것은 아니다. 일부 실시예들에서, 펄스 신호(PS')는 상기 펄스 제어기(21)로부터 직접 추출(D)되어 디지털타이저(40)로 공급될 수 있다.

[0058] 도 1b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템의 개략도이다. 도 1b의 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 도 1a의 펄스 플라즈마의 진단 시스템과 유사하나, 펄스를 발생시키는 장

치의 구성이 다른 차이가 있다.

[0059] 도 1a에서는 제1,2,3 펄스 RF 전력 공급부(20a, 20b, 20c)는 독립적인 펄스 발생기(21)를 공통적으로 포함하고 있어서, 상기 펄스 발생기(21)에 의해 펄스 신호를 발생시킨다. 반면, 도 1b를 참조하면, 제1,2,3 펄스 RF 전력 공급부(22a, 22b, 22c)는 펄스 신호를 발생시키는 펄스 RF 발생기를 각각 포함할 수 있으므로, 서로 독립적으로 구성되어 있다. 펄스 신호(PS)는 상기 제1,2,3 펄스 RF 전력 공급부(22a, 22b, 22c)와 제1,2,3 정합기(25a, 25b, 25c) 사이에서 전기적으로 T분기되어 추출될 수 있으나, 본 발명의 기술적 사상이 이에 한정되는 것은 아니다. 일부 실시예들에서, 펄스 신호(PS')는 상기 제1,2,3 펄스 RF 전력 공급부(22a, 22b, 22c)로부터 직접 추출(D)되어 디지털타이저(40)로 공급될 수 있다.

[0060] 도 3은 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템을 이용하여 펄스 플라즈마의 한 주기의 파형을 나타낸 그래프이다.

[0061] 도 3을 참조하면, 시간에 따른 펄스 플라즈마의 광량, 즉 동기화된 전기 신호(SES)의 크기를 나타낸 파형이 도시되어 있다. 이것은 하나의 주기 동안 일정 시간 간격 Δt 으로 동기화된 전기 신호(SES)의 크기 데이터를 N개 저장하여 얻은 결과이다. 도 1a에서 진술한 바와 같이, 상기 동기화된 전기 신호(SES)는 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간이 구분되어 측정될 수 있다. 측정된 상기 동기화된 전기 신호(SES)의 크기 데이터를 바탕으로, 상기 펄스 온 구간 및 상기 펄스 오프 구간 각각의 상기 동기화된 전기 신호(SES)의 최대값, 최대값에서의 시간, 최소값, 최소값에서의 시간, 평균값, 또는 표준 편차 등의 파라미터 등을 진단할 수 있다. 상기 값들은 인가 펄스 또는 펄스 플라즈마의 안정성 및 재현성을 검증하거나 진단하는 데 사용될 수 있다.

[0062] 도 4는 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따른 플라즈마의 진단 시스템을 이용하여 펄스 플라즈마의 파라미터를 측정하는 방법을 설명하기 위한 그래프이다.

[0063] 도 4를 참조하면, 펄스 플라즈마의 파라미터는 두 번의 공급 펄스 주기에 걸쳐 얻어진 상기 전기 신호의 범위에서 측정될 수 있다. 예를 들어, 펄스 플라즈마의 주기를 계산하기 위해서 두 번의 공급 펄스 주기에 걸쳐 얻어진 상기 전기 신호를 이용할 수 있다. 각 공급 펄스 주기 동안 얻어진 데이터에서 펄스 온(Pulse-on) 구간에서의 광량의 최대값(max-on-1, max-on-2), 즉 전기 신호의 최대값을 나타내는 시점간의 시간차(t_2-t_1)를 계산하여 펄스 플라즈마 주기를 측정할 수 있다. 유사한 방법으로, 펄스 온(Pulse-on) 구간에서의 전기 신호의 최소값을 나타내는 시점간의 시간차, 또는 펄스 오프(Pulse-off) 구간에서의 전기 신호의 최대값 또는 최소값을 나타내는 시점간의 시간차를 이용하여 펄스 플라즈마 주기를 측정할 수 있다. 따라서, 본 발명의 진단 시스템에 의하면, 상기 펄스 플라즈마 주기와 상기 공급 펄스 주기를 비교하여 실제 펄스 플라즈마에 전달되고 있는 지 진단할 수 있다.

[0064] 도 5는 본 발명의 기술적 사상에 의한 일부 실시예들에 따른 플라즈마의 진단 시스템을 이용하여 펄스 플라즈마의 듀티비를 측정하는 방법을 설명하기 위한 그래프이다. 듀티비(duty ratio)는 한 주기의 펄스에 대하여 펄스 온 구간의 비율을 의미한다.

[0065] 도 5를 참조하면, 펄스 플라즈마가 RF 전력 장치에 반응하는 시간을 이용하여 계산할 수 있다. 이 때, 펄스 온(pulse-on) 구간의 시작 지점에서의 광량(Initial-val)을 기준으로 할 수 있다. 시작 지점에서의 광량(Initial-val)은 시간이 경과함에 따라 상기 시작 지점에서의 광량(Initial-val)보다 일정 비율 이상 커지는 시작 문턱 광량(Start-thr)을 나타내는 데, 이 때의 시간(start-thr-t)을 실제 펄스의 시작 지점으로 정의할 수 있다. 시간이 경과하면 상기 펄스 플라즈마는 일정한 광량을 나타내며 안정화된다. 시간이 더 경과하면 펄스 오프 구간이 되어 상기 안정화된 펄스 플라즈마가 감소하게 되는데, 상기 시작 지점에서의 광량 (Initial-val)보다 일정 비율이상 작아지는 종료 문턱 광량(End-thr)을 나타낸다. 이 때 상기 종료 문턱 광량(End-thr)에서의 시간(End-thr-t)을 실제 펄스의 종료 지점으로 정의할 수 있다. 시작 문턱 광량에서의 시간(start-thr-t)과 종료 문턱 광량에서의 시간(End-thr-t) 사이의 시간 차를 펄스 플라즈마의 주기로 나누면 듀티비를 계산할 수 있다. 따라서, 본 발명의 진단 시스템에 의하면, 상기 펄스 플라즈마의 듀티비와 상기 공급 펄스의 듀티비를 비교하여, 상기 공급 펄스가 실제 펄스 플라즈마에 전달되고 있는 지 진단할 수 있다.

- [0066] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 기술적 사상에 의한 진단 시스템을 이용하여 펄스 플라즈마의 파형을 나타낸 그래프들이다.
- [0067] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, α 챔버 및 β 챔버에서의 한 주기에 대한 펄스 플라즈마 광량의 파형이 나타나 있다. β 챔버는 α 챔버에서 나타난 펄스 오프(pulse-off) 후 딜레이를 해결하기 위해 제안된 것으로, 본 발명에 따른 진단 시스템에 의하여 α 챔버 및 β 챔버에서의 펄스 플라즈마를 진단하여 β 챔버의 개선된 정도를 확인할 수 있다.
- [0068] 도 6a를 참조하면, 본 발명에 의한 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 인가 전압의 펄스 오프(pulse-off) 후에 α 챔버에 형성된 펄스 플라즈마의 딜레이가 발생하는 것을 검출할 수 있다.
- [0069] 도 6b를 참조하면, 본 발명에 의한 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 β 챔버가 인가 전압의 펄스 온(pulse-on) 구간에 대응하여 펄스 플라즈마가 적절히 반응하고, 인가 전압의 펄스 오프(pulse-off)후에도 펄스 플라즈마의 딜레이가 발생하지 않는 것을 진단할 수 있다.
- [0070] 일반적인 진단 시스템의 경우, 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간을 구분할 수 없어서 펄스 오프 이후의 딜레이를 확인하기 어렵다. 즉, α 챔버와 β 챔버의 펄스 플라즈마 파형이 유사하게 나타나기 때문에, β 챔버의 개선 정도를 명확하게 알 수 없다. 반면, 본 발명의 펄스 플라즈마의 진단 시스템에 따르면, 동기화된 전기 신호를 이용하므로 한 주기에 나타나는 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간을 확정할 수 있으며, 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간을 구분할 수 있을 정도로 시분해능이 큰 발광 검출기, 예를 들어 광전자 증배관을 쓰기 때문에, 펄스 오프 이후의 딜레이 정도를 명백하게 진단할 수가 있다.
- [0071] 이와 같이, 본 발명에 따른 진단 시스템은 챔버의 환경 변화에 따른 펄스 플라즈마의 변화를 명확하게 알 수 있어 장비의 특성 및 개선도를 확인할 수 있다.
- [0072] 도 7은 본 발명의 기술적 사상에 의한 진단 시스템을 이용하여 펄스 오프 이 후 웨이퍼에 따른 평균 광량(Averaged intensity)을 나타낸 그래프이다.
- [0073] 도 7을 참조하면, 복수개의 웨이퍼들에 대하여 펄스 오프 구간에서의 펄스 플라즈마의 평균 광량을 측정하는 것이다. 펄스 오프 구간에서의 평균 광량을 측정함으로써, 펄스 오프 이후에도 반응이 발생하는 정도, 즉 딜레이되는 정도를 파악할 수 있다. 복수개의 웨이퍼들 모두 펄스 오프 이 후에도 평균 광량이 유사한 값으로 나타나므로, 인가 전압의 펄스 오프 이 후에도 펄스 플라즈마가 발생함을 알 수 있다. 그러나 복수의 웨이퍼들이 서로 평균 광량의 크기가 서로 다른 것으로부터, 상기 복수의 웨이퍼들 각각의 조건이 서로 다른 것을 진단할 수 있다.
- [0074] 일반적인 진단 시스템의 경우 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간을 구분할 수 없으므로, 펄스 오프 구간에서만 펄스 플라즈마의 평균 광량을 별도로 측정할 수가 없다. 반면, 본 발명의 펄스 플라즈마의 진단 시스템에 의해 측정되는 전기 신호는 공급 펄스 주기와 동기화되어 있어서 펄스 온 구간의 시작 시점을 알 수 있으며, 광전자 증배관에 의한 높은 시분해능을 가지고 있어서 펄스 온 구간과 펄스 오프 구간이 구분될 수 있다. 이에 따라, 펄스 오프 구간에서만 펄스 플라즈마의 광량을 측정하고, 도 7과 같이 펄스 오프 구간에서의 평균 광량을 측정할 수 있다.
- [0075] 도 8은 본 발명의 기술적 사상에 의한 진단 시스템을 이용하여 시간 경과에 따라 펄스 플라즈마 크기의 최대값이 되는 지점의 시간을 나타낸 그래프이다.
- [0076] 도 8을 참조하면, 본 발명의 펄스 플라즈마의 진단 시스템을 이용하여 시간 경과에 따른 펄스 플라즈마 크기의 최대값이 되는 지점의 변화 양상을 진단할 수 있다. 이것은 제1 조건(A) 및 제2 조건(B)에서 펄스 플라즈마가 주기적 안정성을 갖는 지에 대하여 평가하는 것이다.
- [0077] 제1 조건(A)의 경우 펄스 플라즈마의 크기가 최대값을 나타내는 지점이 비교적 일정하다. 구체적으로, 5~20초 시간 범위에서 펄스 플라즈마의 최대값을 나타내는 지점이 약 $1\mu s$ 에서 공통적으로 나타나 일정한 것을 알 수 있다. 이것은 펄스 RF가 주기적으로 인가되어, 안정한 펄스 플라즈마가 발생한 것으로 볼 수 있다.
- [0078] 제2 조건(B)의 경우 펄스 플라즈마의 크기가 최대값을 나타내는 지점이 일정하지 않다. 구체적으로, 5~20초 시간 범위에서 펄스 플라즈마의 최대값을 나타내는 지점은 최소 $13\mu s$ 에서 최대 $30\mu s$ 까지 나타나 일정하지 못

함을 알 수 있다. 이것은 펄스 RF가 제대로 인가되지 않아, 불안정한 펄스 플라즈마가 발생한 것으로 볼 수 있다.

[0079] 이와 같이, 본 발명의 펄스 플라즈마의 진단 시스템은, 공급 펄스 주기와 동기화되어 있어서 펄스 온 구간의 시작 시점을 알 수 있으며, 광전자 증배관에 의한 높은 시분해능을 가지고 있어서 특정 시간에 대한 펄스 플라즈마의 크기를 측정할 수 있다. 따라서, 펄스 플라즈마가 주기적인 안정성을 가지고 있는 지에 관해 진단할 수 있다. 반면, 일반적인 진단 시스템의 경우, 비교적 넓은 시간 범위에 대한 평균적인 펄스 플라즈마 광량의 크기만을 측정할 수 있고, 특정 시간에 따른 펄스 플라즈마 광량의 크기를 측정할 수 없다. 따라서, 전술한 바와 같은 펄스 플라즈마의 최대값이 나타나는 시점이 일정한 지를 판단하여, 펄스 플라즈마가 주기적인 안정성을 갖는 지 여부를 진단할 수 없다.

[0080] 도 9는 일반적인 진단 시스템과 본 발명의 기술적 사상에 의한 펄스 플라즈마의 진단 시스템에 따른 식각 공정에서의 펄스 플라즈마의 광량을 나타내는 그래프들이다.

[0081] 도 9를 참조하면, CN 라디칼(radical)의 식각 공정 중의 거동을 일반적인 진단 시스템과 본 발명에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템을 통해 진단한 것이다. 구체적으로는, 식각 시간에 따라 CN 라디칼에 대응하는 파장을 갖는 광의 광량을 나타낸 것이다. 이 때, 펄스 플라즈마의 구동을 정확히 구분하기 위해 펄스 온 구간에서의 광량만을 측정하였다.

[0082] 식각 대상은 일정한 두께를 갖는 실리콘 옥사이드(Silicon oxide) 및 실리콘 니트라이드(silicon nitride)가 수십회 이상 반복적으로 적층되어 있는 구조이다. 실리콘 니트라이드층에 대한 식각 공정이 진행 중일 때에는 CN 라디칼의 농도가 커져서 상기 CN 라디칼에 의한 광량이 증가하고, 실리콘 니트라이드층이 제거될수록 CN 라디칼의 농도는 감소하므로 CN 라디칼에 의한 광량도 감소한다. 실리콘 옥사이드(Silicon oxide) 및 실리콘 니트라이드(silicon nitride)가 수십회 이상의 적층 구조이기 때문에, 일반적인 진단 시스템과 본 발명에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템 모두 광량 변화가 주기적인 양상을 나타낸다.

[0083] 그러나 일반적인 진단 시스템에 따르면, 펄스 온과 펄스 오프를 구분이 되지 않은 평균 광량을 이용해 광량을 측정하게 되므로 신호 대비 잡음비(Signal to noise ratio; SNR)가 낮은 반면에, 본 발명에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 정확히 펄스 온 구간에서의 광량만을 이용할 수 있으므로 신호 대비 잡음비가 일반적인 경우보다 현저히 높다. 따라서, 본 발명에 따른 펄스 플라즈마의 진단 시스템은 각 층마다 식각되는 정도를 정확히 파악할 수 있다. 또한, 도 1a 내지 도 2를 참조하여 설명한 본 발명에 따른 상기 펄스 플라즈마의 진단 시스템을 포함하는 식각 장치는 각 층마다 정확히 식각 종말 시점(etch end point time)을 찾아서 식각할 수 있으므로, 정밀한 식각 공정에 적합하다.

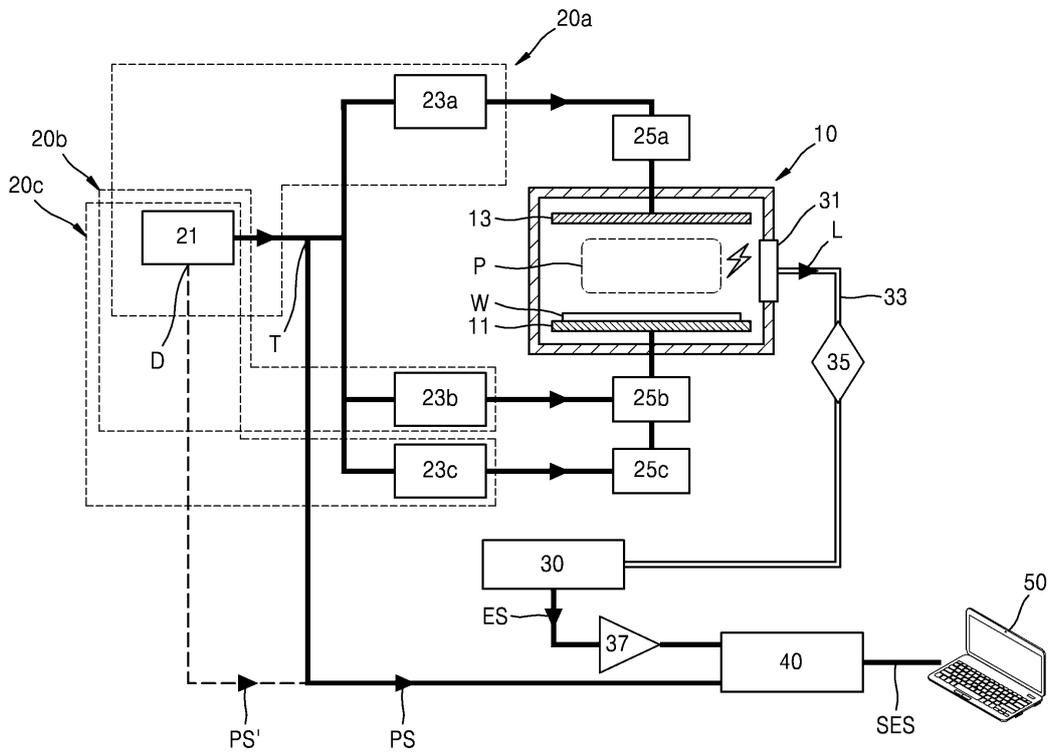
[0084] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 및 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형 및 변경이 가능하다.

부호의 설명

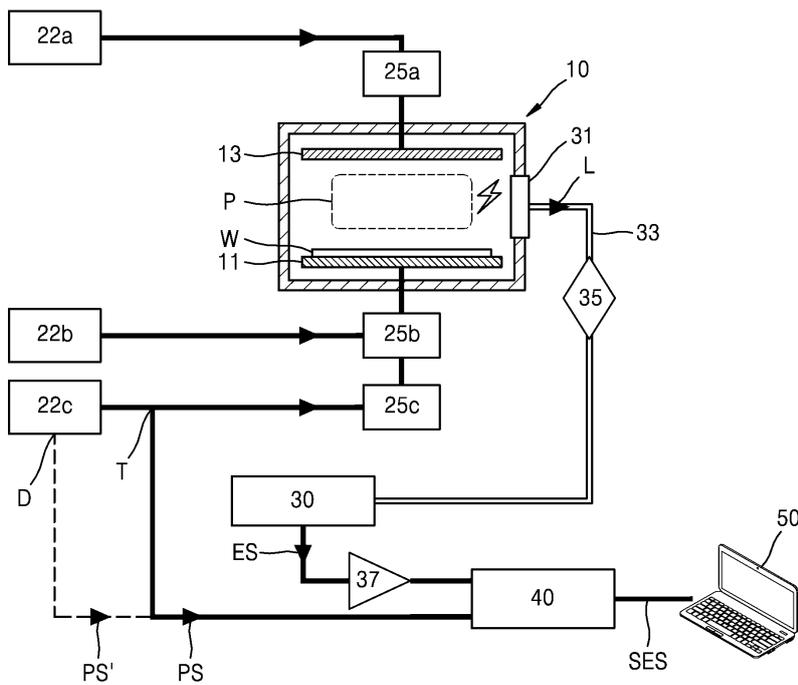
[0085] 기관(W), 챔버(10), 척(11), 상부 전극(13), 펄스 플라즈마(P), 광 신호(L), 전기 신호(ES), 공급 펄스 주기 신호(PS, PS'), 동기화된 전기 신호(SES), 제1,2,3 펄스 RF 전력 공급부(20a, 20b, 20c), 펄스 제어기(21), 제 1,2,3 펄스 RF 발생기(23a, 23b, 23c), 광전자 증배관(30), 광케이블(33), 광학 필터(35), 증폭기(37), 디지털 이터(40), 측정부(50)

도면

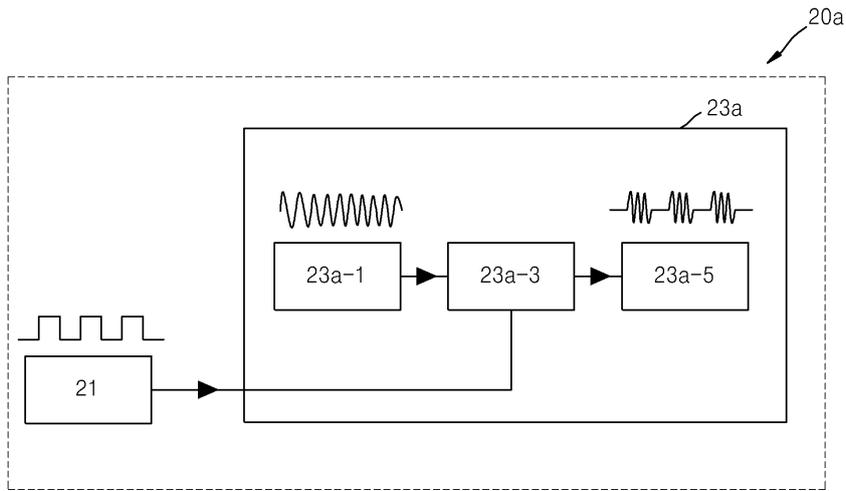
도면1a



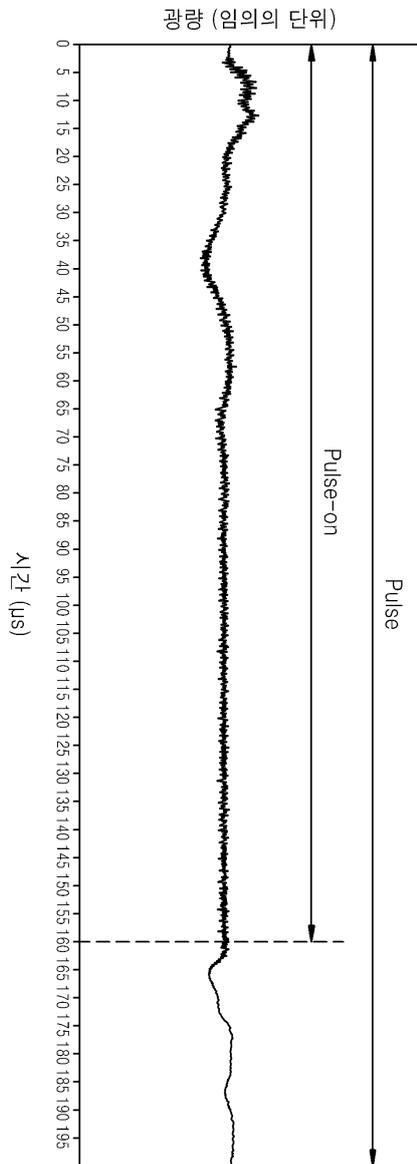
도면1b



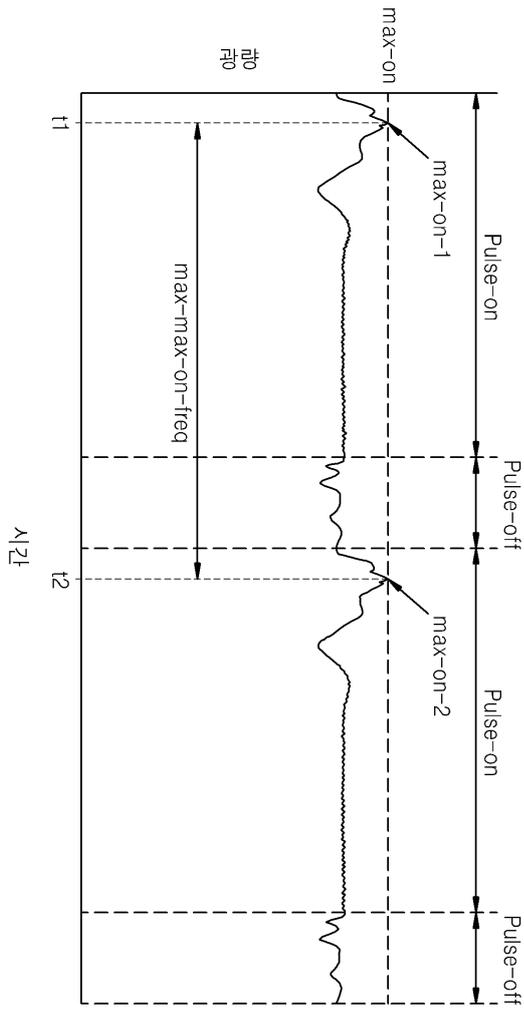
도면2



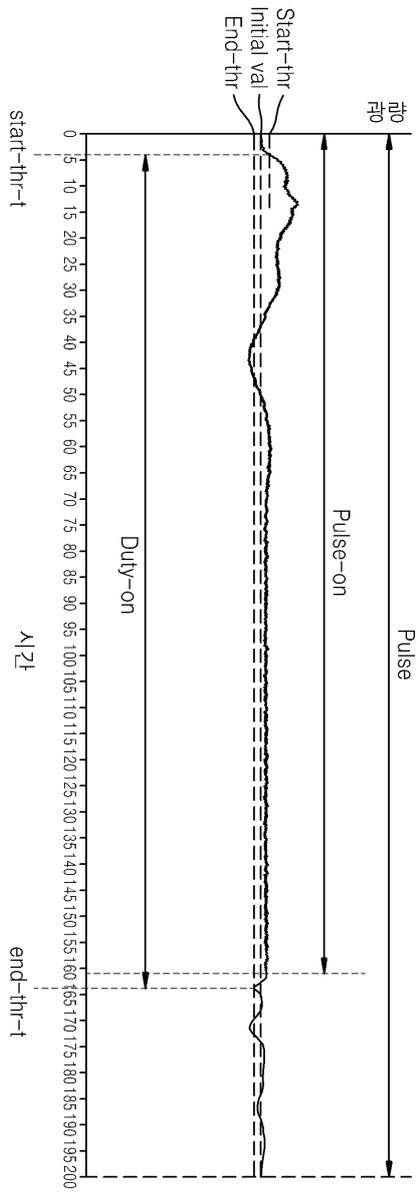
도면3



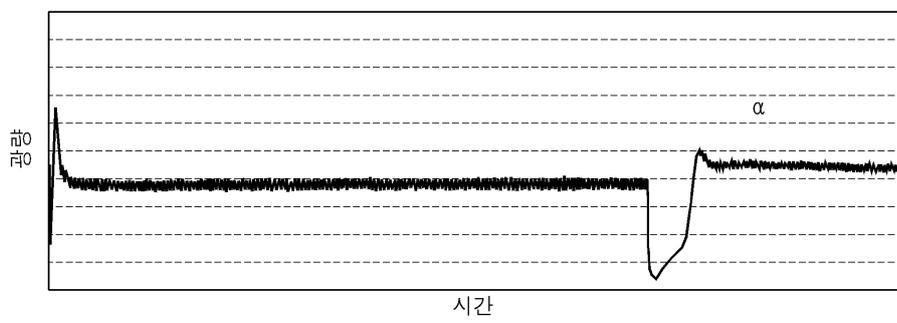
도면4



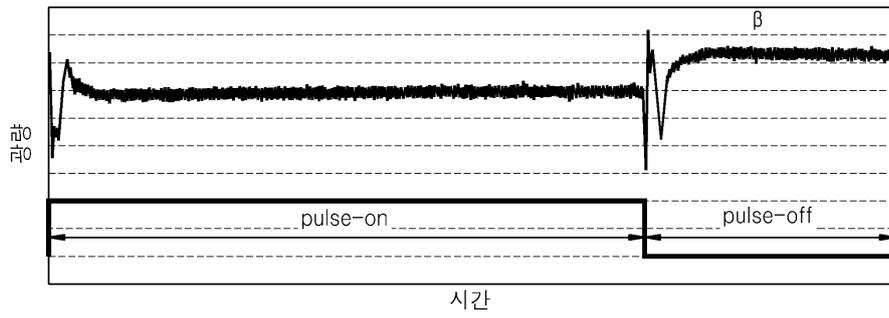
도면5



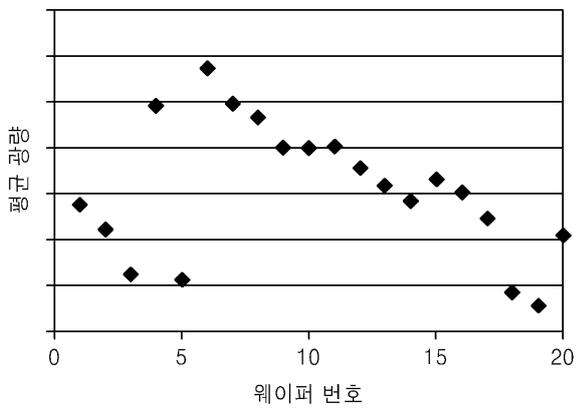
도면6a



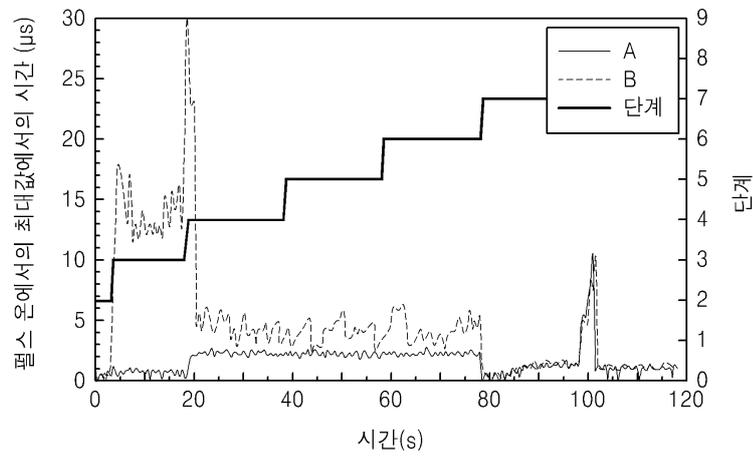
도면6b



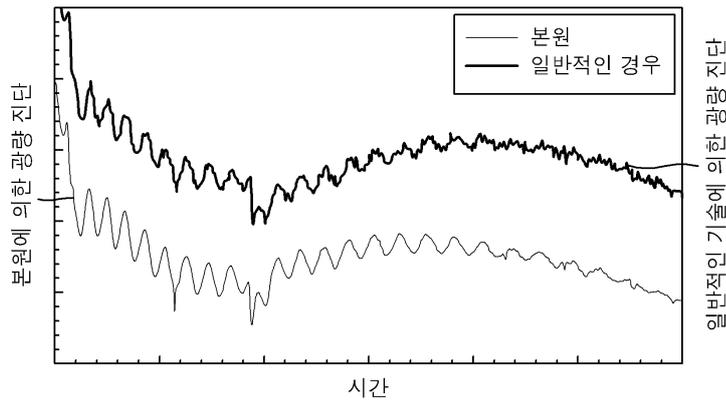
도면7



도면8



도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 19

【변경전】

펄스 플라즈마 진단 시스템

【변경후】

펄스 플라즈마의 진단 시스템