



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월27일
(11) 등록번호 10-1802083
(24) 등록일자 2017년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/12 (2006.01) G01R 19/00 (2006.01)
G01R 31/302 (2006.01) H05H 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/1218 (2013.01)
G01R 19/0061 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0092582
(22) 출원일자 2016년07월21일
심사청구일자 2016년07월21일
(56) 선행기술조사문헌
JP06264239 A*
KR1020140026675 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
김병환
서울특별시 강남구 광평로10길 15, 102동 406호
(일원동, 상록수아파트)
정진수
서울특별시 송파구 백제고분로32길 3-12, 4층 (삼전동)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 12 항

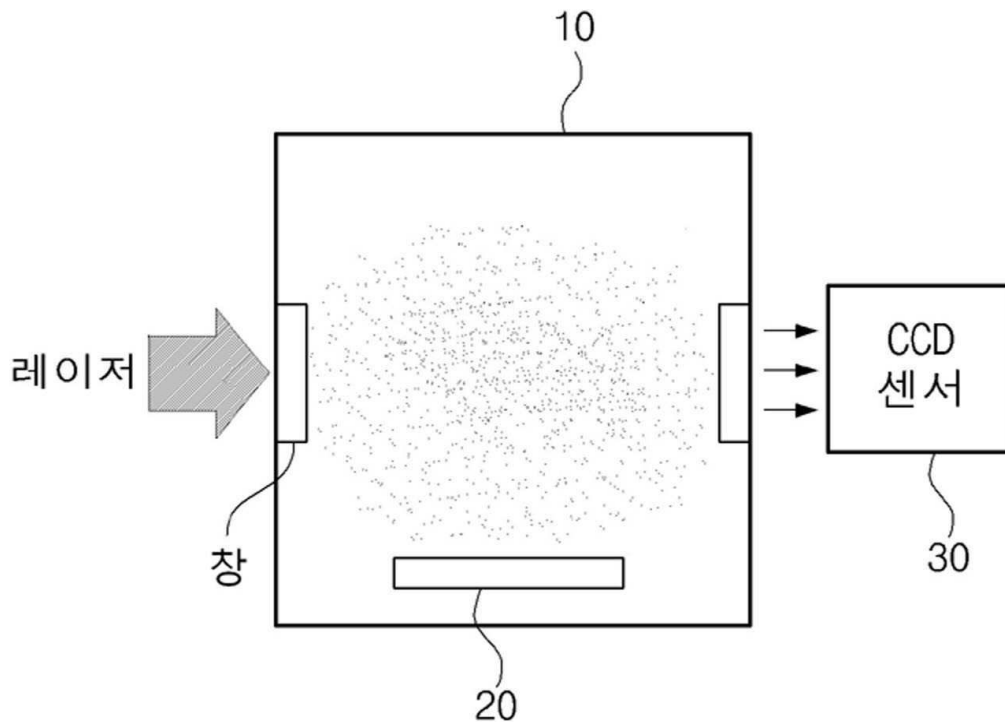
심사관 : 정종환

(54) 발명의 명칭 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법 및 그 장치

(57) 요약

본 발명은 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법 및 그 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 진공 상태의 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집하는 단계와, 상기 플라즈마 챔버에 플라즈마를 발생시킨 후 상기 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집하는 단계와, 상기 플라즈마를 발생시킨 후에 수집한 활상 영상을 구성하는 픽셀들의 그래(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



이 스케일 값을 이용하여, 각각의 그레이 스케일 값에 대응하는 픽셀수의 분포인 제1 입자수 분포를 획득하는 단계와, 상기 진공 상태의 촬상 영상으로부터 기 획득된 기준 입자수 분포를 상기 제1 입자수 분포로부터 차감하여 제2 입자수 분포를 연산하는 단계와, 상기 제2 입자수 분포 내에서, 플라스마 방전 전압과 관련되는 제1 그레이 스케일 범위 및 방전 전류와 관련되는 제2 그레이 스케일 범위를 추출하는 단계, 및 상기 제1 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수 및 상기 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수를 각각 제1 기준값 및 제2 기준값과 비교하여 플라스마의 정상 여부를 판단하는 단계를 포함하는 플라스마 방전 특성 모니터링 방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 플라스마 챔버 내의 촬상 영상으로부터 플라스마의 방전 전압과 전류 특성을 획득할 수 있으며 획득한 방전 전압과 전류 특성을 이용하여 플라스마의 정상 여부를 효과적으로 판정할 수 있는 이점이 있다.

(52) CPC특허분류

G01R 31/302 (2013.01)

H05H 1/0006 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

플라즈마 방전 특성 모니터링 장치를 이용한 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법에 있어서,

진공 상태의 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집하는 단계;

상기 플라즈마 챔버에 플라즈마를 발생시킨 후 상기 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집하는 단계;

상기 플라즈마 발생 상태의 활상 영상에 대한 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여, 각각의 그레이 스케일 값에 대응하는 픽셀수의 분포인 제1 입자수 분포를 획득하는 단계;

상기 진공 상태의 활상 영상으로부터 기 획득된 기준 입자수 분포를 상기 제1 입자수 분포로부터 차감하여 제2 입자수 분포를 연산하는 단계;

상기 제2 입자수 분포 내에서, 플라즈마 방전 전압과 관련되는 제1 그레이 스케일 범위 및 방전 전류와 관련되는 제2 그레이 스케일 범위를 추출하는 단계; 및

상기 제1 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수 및 상기 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수를 각각 제1 기준값 및 제2 기준값과 비교하여 플라즈마의 정상 여부를 판단하는 단계를 포함하며,

상기 제1 그레이 스케일 범위는 G1 내지 G2 값 범위이고, 상기 제2 그레이 스케일 범위는 G2보다 큰 G3 내지 G4 값 범위이며,

상기 G1은 상기 제2 입자수 분포에서 픽셀수가 기 설정된 임계값 이상으로 상승되는 최초 지점에 대응하는 그레이 스케일 값이고, 상기 G4는 픽셀수가 다시 제1 임계값 이하로 하강되는 지점에 대응하는 그레이 스케일 값인 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 진공 상태의 활상 영상으로부터 상기 기준 입자수 분포를 획득하는 단계; 및

기 설정된 정상 진공 조건에 대응하는 정상 입자수 분포로부터 상기 기준 입자수 분포를 차감한 결과를 이용하여 상기 진공 상태가 정상적으로 형성된 것인지 여부를 판단하는 단계를 더 포함하는 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 기 설정된 임계값은 0 이상의 기 설정된 정수인 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제1 그레이 스케일 범위 내에서 발생하는 픽셀수의 제1 피크점의 크기는, 상기 제2 그레이 스케일 범위 내에서 발생하는 제2 피크점보다 낮으며,

상기 G2는 상기 제1 피크점을 기점으로 픽셀수가 감소한 후 다시 상승되기 시작하는 전환점에 대응하는 그레이 스케일 값이고, 상기 G3는 상기 G2보다 1만큼 큰 값을 가지는 그레이 스케일 값인 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 플라즈마의 정상 여부를 판단하는 단계는,

상기 제1 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수가 상기 제1 기준값의 오차 범위를 벗어나거나 상기 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수가 상기 제2 기준값의 오차 범위를 벗어나면, 상기 플라즈마가 비정상인 것으로 판단하고 비정상 알람을 발생시키는 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법.

청구항 7

청구항 1 또는 청구항 6에 있어서,

상기 제1 및 제2 기준값은 상기 플라즈마 챔버 내에 주입된 가스 유량, 인가 파워, 압력 중 적어도 하나의 공정 변수에 따라 변동하도록 설정되며, 상기 가스 유량이 많을수록 상기 제1 기준값은 낮아지고 상기 제2 기준값은 높아지는 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법.

청구항 8

진공 상태의 플라즈마 챔버 내의 촬상 영상을 수집하고, 상기 플라즈마 챔버에 플라즈마를 발생시킨 후 상기 플라즈마 챔버 내의 촬상 영상을 수집하는 영상 수집부;

상기 플라즈마 발생 상태의 촬상 영상에 대한 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여, 각각의 그레이 스케일 값에 대응하는 픽셀수의 분포인 제1 입자수 분포를 획득하는 입자 분포 획득부;

상기 진공 상태의 촬상 영상으로부터 기 획득된 기준 입자수 분포를 상기 제1 입자수 분포로부터 차감하여 제2 입자수 분포를 연산하는 연산부;

상기 제2 입자수 분포 내에서, 플라즈마 방전 전압과 관련되는 제1 그레이 스케일 범위 및 방전 전류와 관련되는 제2 그레이 스케일 범위를 추출하는 범위 추출부; 및

상기 제1 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수 및 상기 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수를 각각 제1 기준값 및 제2 기준값과 비교하여 플라즈마의 정상 여부를 판단하는 모니터링부를 포함하며,

상기 제1 그레이 스케일 범위는 G1 내지 G2 값 범위이고, 상기 제2 그레이 스케일 범위는 G2보다 큰 G3 내지 G4 값 범위이며,

상기 G1은 상기 제2 입자수 분포에서 픽셀수가 기 설정된 임계값 이상으로 상승되는 최초 지점에 대응하는 그레이 스케일 값이고, 상기 G4는 픽셀수가 다시 제1 임계값 이하로 하강되는 지점에 대응하는 그레이 스케일 값인 플라즈마 방전 특성 모니터링 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 입자수 분포 획득부는,

상기 진공 상태의 촬상 영상으로부터 상기 기준 입자수 분포를 더 획득하며,

상기 모니터링부는,

기 설정된 정상 진공 조건에 대응하는 정상 입자수 분포로부터 상기 기준 입자수 분포를 차감한 결과를 기초로, 상기 진공 상태가 정상적으로 형성된 것인지 여부를 판단하는 플라즈마 방전 특성 모니터링 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 기 설정된 임계값은 0 이상의 기 설정된 정수인 플라즈마 방전 특성 모니터링 장치.

청구항 12

청구항 8에 있어서,

상기 제1 그레이 스케일 범위 내에서 발생하는 픽셀수의 제1 피크점의 크기는, 상기 제2 그레이 스케일 범위 내에서 발생하는 제2 피크점보다 낮으며,

상기 G2는 상기 제1 피크점을 기점으로 픽셀수가 감소한 후 다시 상승되기 시작하는 전환점에 대응하는 그레이 스케일 값이고, 상기 G3는 상기 G2보다 1만큼 큰 값을 가지는 그레이 스케일 값인 플라즈마 방전 특성 모니터링 장치.

청구항 13

청구항 8에 있어서,

상기 모니터링부는,

상기 제1 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수가 상기 제1 기준값의 오차 범위를 벗어나거나 상기 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수가 상기 제2 기준값의 오차 범위를 벗어나면, 상기 플라즈마가 비정상인 것으로 판단하고 비정상 알람을 발생시키는 플라즈마 방전 특성 모니터링 장치.

청구항 14

청구항 8 또는 청구항 13에 있어서,

상기 제1 및 제2 기준값은 상기 플라즈마 챔버 내에 주입된가스 유량, 인가 파워, 압력 중 적어도 하나의 공정 변수에 따라 변동하도록 설정되며, 상기 가스 유량이 많을수록 상기 제1 기준값은 낮아지고 상기 제2 기준값은 높아지는 플라즈마 방전 특성 모니터링 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 플라즈마 챔버 내의 촬상 영상으로부터 플라즈마의 방전 전압과 전류 특성을 모니터링할 수 있는 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 플라즈마 방전 전압과 전류는 인가하는 파워의 성능 평가와 이온 전류의 계산 등에 이용된다. 방전 전압과 전류의 측정은 VI probe를 이용한 방법, 오실로스코프(oscilloscope)를 이용한 방법, 그리고 챔버에 메탈(metal)을 삽입하여 측정하는 방법이 있다.

[0003] 챔버에 메탈을 삽입하는 방식은 플라즈마 오염원을 제공하게 된다. 오실로스코프를 이용한 방식은 측정 장치가 복잡해지고 회로의 오동작의 혼란이 야기될 수 있다. 프로브를 이용한 방식은 플라즈마 진단을 위해 가장 많이 활용되고 있지만, 전압과 전류에 관여하는 입자의 에너지 분포에 대한 자료를 제공하지 못한다. 물론 이러한 문제는 다른 두 방식에서도 마찬가지이다. 현재까지 플라즈마 방전 전압과 전류에 관여하는 입자의 에너지 분포를 측정하는 센서는 개발된 바가 없다.

[0004] 플라즈마는 진공을 유지한 후에 가스를 주입하고 파워를 인가해 발생시킨다. 현재 진공에는 영점에너지가 존재하고 진공 요동(fluctuation)이 발생한다는 것은 이미 관련 물리학에서 인정하고 있다. 그러나 그 실체는 아직 밝혀진 바 없다. 진공에 존재할지 모르는 입자 분포를 고려하여 플라즈마의 방전 전압과 전류를 측정하는 기술은 개발된 바가 없다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국등록특허 제1305049호(2013.09.06 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은, 플라즈마 챔버 내의 활상 영상으로부터 플라즈마의 방전 전압과 전류 특성을 모니터링할 수 있는 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법 및 그 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명은, 플라즈마 방전 특성 모니터링 장치를 이용한 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법에 있어서, 진공 상태의 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집하는 단계와, 상기 플라즈마 챔버에 플라즈마를 발생시킨 후 상기 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집하는 단계와, 상기 플라즈마 발생 상태의 활상 영상에 대한 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여, 각각의 그레이 스케일 값에 대응하는 픽셀수의 분포인 제1 입자수 분포를 획득하는 단계와, 상기 진공 상태의 활상 영상으로부터 기 획득된 기준 입자수 분포를 상기 제1 입자수 분포로부터 차감하여 제2 입자수 분포를 연산하는 단계와, 상기 제2 입자수 분포 내에서, 플라즈마 방전 전압과 관련되는 제1 그레이 스케일 범위 및 방전 전류와 관련되는 제2 그레이 스케일 범위를 추출하는 단계, 및 상기 제1 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수 및 상기 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수를 각각 제1 기준값 및 제2 기준값과 비교하여 플라즈마의 정상 여부를 판단하는 단계를 포함하며, 상기 제1 그레이 스케일 범위는 G1 내지 G2 값 범위이고, 상기 제2 그레이 스케일 범위는 G2보다 큰 G3 내지 G4 값 범위이며, 상기 G1은 상기 제2 입자수 분포에서 픽셀수가 기 설정된 임계값 이상으로 상승되는 최초 지점에 대응하는 그레이 스케일 값이고, 상기 G4는 픽셀수가 다시 제1 임계값 이하로 하강되는 지점에 대응하는 그레이 스케일 값인 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법을 제공한다.
- [0008] 여기서, 상기 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법은, 상기 진공 상태의 활상 영상으로부터 상기 기준 입자수 분포를 획득하는 단계, 및 기 설정된 정상 진공 조건에 대응하는 정상 입자수 분포로부터 상기 기준 입자수 분포를 차감한 결과를 이용하여 상기 진공 상태가 정상적으로 형성된 것인지 여부를 판단하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0009] 삭제
- [0010] 여기서, 상기 기 설정된 임계값은 0 이상의 기 설정된 정수일 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 제1 그레이 스케일 범위 내에서 발생하는 픽셀수의 제1 피크점의 크기는, 상기 제2 그레이 스케일 범위 내에서 발생하는 제2 피크점보다 낮으며, 상기 G2는 상기 제1 피크점을 기점으로 픽셀수가 감소한 후 다시 상승되기 시작하는 전환점에 대응하는 그레이 스케일 값이고, 상기 G3는 상기 G2보다 1만큼 큰 값을 가지는 그레이 스케일 값일 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 플라즈마의 정상 여부를 판단하는 단계는, 상기 제1 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수가 상기 제1 기준값의 오차 범위를 벗어나거나 상기 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수가 상기 제2 기준값의 오차 범위를 벗어나면, 상기 플라즈마가 비정상인 것으로 판단하고 비정상 알람을 발생시킬 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 제1 및 제2 기준값은 상기 플라즈마 챔버 내에 주입된 가스 유량, 인가 파워, 압력 중 적어도 하나의 공정 변수에 따라 변동하도록 설정되며, 상기 가스 유량이 많을수록 상기 제1 기준값은 낮아지고 상기 제2 기준값은 높아질 수 있다.
- [0014] 그리고, 본 발명은, 진공 상태의 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집하고, 상기 플라즈마 챔버에 플라즈마를 발생시킨 후 상기 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집하는 영상 수집부와, 상기 플라즈마 발생 상태의 활상 영상에 대한 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여, 각각의 그레이 스케일 값에 대응하는 픽셀수의 분포인 제1 입자수 분포를 획득하는 입자 분포 획득부와, 상기 진공 상태의 활상 영상으로부터 기 획득된 기준 입자수 분포를 상기 제1 입자수 분포로부터 차감하여 제2 입자수 분포를 연산하는 연산부와, 상기 제2 입자수 분포 내에서, 플라즈마 방전 전압과 관련되는 제1 그레이 스케일 범위 및 방전 전류와 관련되는 제2 그레이 스케일 범위를 추출하는 범위 추출부, 및 상기 제1 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수 및 상기 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수를 각각 제1 기준값 및 제2 기준값과 비교하여 플라즈마의 정상 여부를 판단하는 모니터링부를 포함하며, 상기 제1 그레이 스케일 범위는 G1 내지 G2 값 범위이고, 상기 제2 그레이 스케일 범위는 G2보다 큰 G3 내지 G4 값 범위이며, 상기 G1은 상기 제2 입자수 분포에서 픽셀수가 기 설정된 임계값 이상으로 상승되는 최초 지점에 대응하는 그레이 스케일 값이고, 상기 G4는 픽셀수가 다시 제1 임계값 이하로 하강되는 지점에

대응하는 그레이 스케일 값인 플라스마 방전 특성 모니터링 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따른 플라스마 방전 특성 모니터링 방법 및 그 장치에 따르면, 플라스마 챔버 내의 촬상 영상으로부터 플라스마의 방전 전압과 전류 특성을 획득할 수 있으며 획득한 방전 전압과 전류 특성을 이용하여 플라스마의 정상 여부를 효과적으로 판정할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 방전 특성 모니터링을 위한 개념도이다.
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 방전 특성 모니터링 장치의 구성을 나타낸 도면이다.
 도 3은 도 2의 장치를 이용한 플라스마 방전 특성 모니터링 방법을 나타낸 도면이다.
 도 4는 본 발명의 실시예에서 진공 상태의 촬상 영상을 예시한 도면이다.
 도 5는 본 발명의 실시예에서 진공 상태의 촬상 영상으로부터 획득한 기준 입자수 분포를 나타낸 도면이다.
 도 6은 본 발명의 실시예에서 플라스마 발생 상태의 촬상 영상으로부터 획득한 제1 입자수 분포를 나타낸 도면이다.
 도 7은 도 6에서 도 5를 차감한 결과를 나타낸 도면이다.
 도 8은 도 7에 도시된 A-B 및 B-C 구간의 모습을 간략히 도시한 도면이다.
 도 9는 본 발명의 실시예에서 가스 유량의 변화에 따른 두 구간의 총 픽셀 수의 추이를 각각 나타낸 도면이다.
 도 10은 N₂ 가스를 사용한 플라스마 발생 환경에서 방전 전압과 방전 전류의 측정 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0018] 본 발명은 플라스마 방전 특성 모니터링 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 플라스마 챔버 내의 촬상 영상으로부터 플라스마의 방전 특성을 얻을 수 있고 방전 특성을 이용하여 플라스마의 정상 또는 고장 여부를 판정하는 방법을 제안한다.

[0019] 본 발명의 실시예에서 플라스마 챔버 내에서 수행되는 플라스마 공정은 식각, 증착, 스퍼터링 등일 수 있으며, 이하에서는 증착 공정을 예시로 한다.

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 방전 특성 모니터링을 위한 개념도이다. 이러한 도 1은 웨이퍼(20) 위에 박막(Thin Film)을 증착하는 공정 중에 플라스마 챔버(10)에 형성된 창(윈도우)을 통하여 레이저를 입사시켜서 레이저 홀로그래프 이미지를 CCD 센서(30)를 통해 수집하는 모습을 나타낸 것이다.

[0021] 본 발명의 실시예는 플라스마 공정 중에 플라스마 챔버(10) 내에 레이저가 조사되는 상태에서 CCD 센서(30)로부터 수집한 촬상 영상으로부터 챔버(10) 내의 플라스마의 입자 분포를 획득한다. 일반적으로 플라스마 챔버(10)를 진공 상태로 준비한 다음 챔버(10) 내에 가스를 주입하고 파워를 인가하게 되면 플라스마가 발생하게 되고 플라스마 공정이 가능해진다.

[0022] 플라스마 발생을 위해서는 가스 주입과 함께 외부에서 높은 전압과 낮은 전류를 인가해야 한다. 인가 전압과 전류는 플라스마 챔버 내에서 방전되며 공정 조건에 따라 그 값이 달라진다. 플라스마는 가스가 이온화되어 발생하는데 방전 전압이 클수록 이온화도가 높으며 플라스마가 더 밝아진다는 것을 의미한다. 이처럼 플라스마 방전 전압과 방전 전류는 가스의 이온화 정도를 모니터링 하는데 중요한 진단 변수가 된다.

[0023] 본 발명의 실시예는 진공 상태에서의 촬상 영상에 대한 입자수 분포 및 플라스마 발생 상태에서의 촬상 영상에 대한 입자수 분포를 활용하여, 플라스마의 방전 전압과 방전 전류 특성을 획득할 수 있으며 플라스마의 정상 또는 고장 여부까지 확인할 수 있다.

[0024] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 방전 특성 모니터링 방법 및 그 장치에 관하여 상세히 설명한다.

- [0025] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 플라즈마 방전 특성 모니터링 장치의 구성을 나타낸 도면이다. 본 발명의 실시예에 따른 플라즈마 방전 특성 모니터링 장치(100)는 영상 수집부(110), 입자 분포 획득부(120), 연산부(130), 범위 추출부(140), 모니터링부(150)를 포함한다.
- [0026] 영상 수집부(110)는 진공 상태의 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집하고, 플라즈마 챔버에 플라즈마를 발생시킨 후 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집한다.
- [0027] 입자 분포 획득부(120)는 활상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 각각의 그레이 스케일 값에 대응하는 픽셀수의 분포에 해당하는 입자수 분포를 획득한다.
- [0028] 구체적으로 플라즈마 챔버 내 진공 상태의 활상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 기준 입자수 분포를 획득하고, 플라즈마 발생 후의 촬영 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 제1 입자수 분포를 획득한다.
- [0029] 연산부(130)는 제1 입자수 분포로부터 기준 입자수 분포를 차감하여 제2 입자수 분포를 연산한다. 범위 추출부(140)는 제2 입자수 분포 내에서, 플라즈마 방전 전압과 관련되는 제1 그레이 스케일 범위 및 방전 전류와 관련되는 제2 그레이 스케일 범위를 추출한다.
- [0030] 모니터링부(150)는 제1 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수 및 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수를 각각 제1 기준값 및 제2 기준값과 비교하여 플라즈마의 정상 여부를 판단한다.
- [0031] 도 3은 도 2의 장치를 이용한 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법을 나타낸 도면이다. 이하에서는 도 2 및 도 3을 참조로 하여 플라즈마 방전 특성을 모니터링 하는 방법을 상세히 설명한다.
- [0032] 먼저, 영상 수집부(110)는 진공 상태의 플라즈마 챔버 내의 활상 영상을 수집하고, 입자 분포 획득부(120)는 촬영 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 기준 입자수 분포를 획득한다(S310).
- [0033] 도 4는 본 발명의 실시예에서 진공 상태의 활상 영상을 예시한 도면이다. 도 4의 이미지에서 원형의 흰색과 회색의 띠가 교차하며 발생하는데, 흰색은 레이저 빛과 관련한 양의 하전 입자이고 회색은 빛과 반응하는 진공을 구성하는 음의 하전 입자를 나타낸다. 양의 하전 입자에는 양전자가 양성자가 있고 음의 하전 입자는 전자가 된다. 도 4의 하단부에 있는 검은 부분은 레이저 빛과 분리된 진공 입자를 나타낸다. 분리된 듯 보이지만 레이저 빛 에너지를 흡수해 검은색을 띄고 있다.
- [0034] 도 5는 본 발명의 실시예에서 진공 상태의 활상 영상으로부터 획득한 기준 입자수 분포를 나타낸 도면이다. 이러한 도 5는 도 4에 도시된 진공 상태의 활상 영상을 구성하는 픽셀들을 그레이 스케일 값 별로 분류하고, 각 그레이 스케일 값에 해당하는 픽셀들의 개수를 분포 형태로 나타낸 것이다.
- [0035] 따라서, 입자수 분포 그래프에서 가로 축은 그레이 스케일 값을 나타내고 세로 축은 활상 영상 내에서 해당 그레이 스케일 값을 갖는 픽셀들의 개수(입자수)를 나타낸다. 본 실시예의 경우 픽셀의 그레이 스케일 값을 8 비트로 사용하므로 표현 가능한 그레이 스케일 값은 0~255 사이의 값을 가진다. 0은 최소 그레이 스케일 값이고 255는 최대 그레이 스케일 값(G_{max})이다. 물론 이는 하나의 실시예로서 사용되는 비트에 따라 그레이 스케일 범위는 축소 또는 확장될 수 있다.
- [0036] 도 4의 영상에서 어두운 지점(음의 에너지)일수록 도 5의 입자수 분포상에 0에 가까운 낮은 그레이 스케일 값으로 나타나고, 밝은 지점(양의 에너지)일수록 높은 그레이 스케일 값으로 나타난다.
- [0037] 이와 같이 진공 상태의 기준 입자수 분포가 획득되면, 모니터링부(150)는 기 설정된 정상 진공 조건에 대응하는 정상 입자수 분포로부터 기준 입자수 분포를 차감한 결과를 기초로 진공 상태가 정상적으로 형성된 것인지 여부를 판단한다(S320).
- [0038] 이러한 S320 단계는 정상 진공 조건에 대응하는 정상 입자수 분포를 참조 정보로 미리 저장하여 두고, S310 단계가 실행되어 진공 상태의 기준 입자수 분포가 얻어지면, 미리 저장한 정상 입자수 분포와 비교하여 수행할 수 있다.
- [0039] 예를 들어, 전체 그레이 스케일 구간 또는 일부 선택된 관심 구간을 대상으로, 구간 내의 각 그레이 스케일 값 별로 두 분포 간 픽셀수 차를 연산하고, 픽셀수 차의 절대치가 기 설정된 오차 범위 이내를 모두 만족하면 정상 진공 상태로 판단할 수 있다. 물론 이러한 S320 단계는 경우에 따라 생략될 수도 있다. 이후에는 플라즈마 공정이 가능하도록 플라즈마 챔버 내에 가스를 주입하고 전압을 인가하여 플라즈마 발생 상태로 만들어준다.

- [0040] 영상 수집부(110)는 플라즈마 발생 상태의 촬상 영상을 수집하고, 입자 분포 획득부(120)는 촬영 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 제1 입자수 분포를 획득한다(S330).
- [0041] 도 6은 본 발명의 실시예에서 플라즈마 발생 상태의 촬상 영상으로부터 획득한 제1 입자수 분포를 나타낸 도면이다. 도 6의 입자수 분포(제1 입자수 분포)는 전체적으로 도 5의 입자수 분포(기준 입자수 분포)보다 우측으로 천이(shift)된 모습으로 확인된다. 이와 같이 플라즈마 발생 후의 입자수 분포는 진공 상태의 입자수 분포를 기준으로 우측으로 천이된 패턴을 가지는 것을 알 수 있다.
- [0042] 이후, 연산부(130)는 제1 입자수 분포에서 기준 입자수 분포를 차감하여 제2 입자수 분포를 연산한다(S340).
- [0043] 도 7은 도 6에서 도 5를 차감한 결과를 나타낸 도면이다. 이러한 도 7은 플라즈마 상태의 입자수 분포에서 진공 상태의 입자수 분포를 차감하여 얻은 제2 입자수 분포에 해당한다. 제2 입자수 분포에서 A-B 구간은 플라즈마 방전 전압과 관련되는 구간이고, B-C 구간은 플라즈마 방전 전류와 관련되는 구간에 해당한다.
- [0044] 도 7에서의 A-B 구간과 B-C 구간은 도 6의 동일 구간에서도 나타나며, 이는 도 6에서도 플라즈마 방전 전압과 방전 전류에 관한 정보를 추출할 수 있음을 의미한다. 본 발명에서 이용하는 차감된 정보는 진공 또는 플라즈마 입자의 실 변화량 (net variations)을 제공한다. 그러나 도 6은 진공과 플라즈마 입자가 상호 혼합된 정보를 제공하며, 이는 플라즈마 감시 성능의 불확실성을 증가시킬 수 있다.
- [0045] 도 8은 도 7에 도시된 A-B 및 B-C 구간의 모습을 간략히 도시한 도면이다. 두 구간에서는 각각 피크점이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한, A-B 구간 내에서 발생하는 픽셀수의 피크점인 제1 피크점의 크기는 B-C 구간 내에서 발생하는 픽셀수의 피크점인 제2 피크점의 크기보다 낮은 것을 확인할 수 있다.
- [0046] 이러한 제2 입자수 분포에서 두 구간은 각각의 피크점에 의해 산 모양을 가진다. 이와 같은 양상의 패턴은 플라즈마 발생 전과 후의 영상에 대한 입자수 분포의 차에 의해 발생하게 된다. 또한, 각 구간이 발생하는 그레이 스케일 범위 또한 유사한 지점에서 발생하게 되며 두 구간 중 방전 전류의 구간은 방전 전압의 구간보다 더 넓게 발생한다.
- [0047] 상술한 내용을 기초로, 범위 추출부(140)는 제2 입자수 분포 내에서, 플라즈마 방전 전압과 관련되는 제1 그레이 스케일 범위(G1~G2 범위) 및 방전 전류와 관련되는 제2 그레이 스케일 범위(G3~G4)를 추출한다(S350).
- [0048] G1은 제2 입자수 분포에서 픽셀수가 기 설정된 임계값 이상으로 상승되는 최초 지점에 대응하는 그레이 스케일 값이고, G4는 픽셀수가 다시 상기 제1 임계값 이하로 하강되는 지점에 대응하는 그레이 스케일 값을 나타낸다. 도 7의 경우 임계값이 0인 경우 G1=44가 되고, G4=61이 된다.
- [0049] G2는 제1 피크점을 기점으로 픽셀수가 감소한 후 다시 상승되기 시작하는 전환점에 대응하는 그레이 스케일 값이고, 상기 G3는 상기 G2보다 1만큼 큰 값을 가지는 그레이 스케일 값을 나타낸다. 도 7의 경우 G2=48이 되고, G3=49가 된다.
- [0050] 이러한 도 7의 실시예의 경우, 임계값=0을 사용한 것으로, A-B 구간에 해당하는 제1 그레이 스케일 범위는 44~48로, B-C 구간에 해당하는 제2 그레이 스케일 범위는 49~61로 추출된다.
- [0051] 물론, 임계값은 0보다 큰 값이 사용될 수 있는데, 이는 테스트 환경 등에 따라, 낮은 그레이 스케일 구간(ex, 0~44)에서 픽셀수가 0보다 큰 값으로 오프셋되어 나타날 수 있기 때문이다. 만일 이와 같이 오프셋이 있을 경우 임계값을 0으로 사용하게 되면 제1 및 제2 스케일 범위가 의도치 않은 구간에서 추출되어, 구간 추출 과정에서 오차가 발생할 수 있다.
- [0052] 이후, 모니터링부(150)는 제1 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수 및 상기 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 총 픽셀 수를 각각 기 설정된 제1 기준값 및 제2 기준값과 비교하여 플라즈마의 정상 여부를 판단한다(S360).
- [0053] 예를 들어, 도 7에 도시된 제2 입자수 분포 내에서, 제1 그레이 스케일 범위(44~48)에 속하는 픽셀들의 총 개수를 연산하고 연산한 총 개수가 제1 기준값의 오차 범위($\pm \alpha 1$) 이내인지 확인한다. 또한, 제2 그레이 스케일 범위(49~51)에 속하는 픽셀들의 총 개수를 연산하고 연산한 총 개수가 제2 기준값의 오차 범위($\pm \alpha 2$) 이내인지 확인한다. 여기서 $\alpha 1$ 과 $\alpha 2$ 는 같을 수도 있고 상이할 수도 있다.
- [0054] 만일, 두 경우 중 하나 또는 모두가 오차 범위를 벗어난 것으로 판단되면, 모니터링부(150)는 플라즈마가 비정상(고장)인 것으로 판단하고 알람을 출력하여 알릴 수 있다.

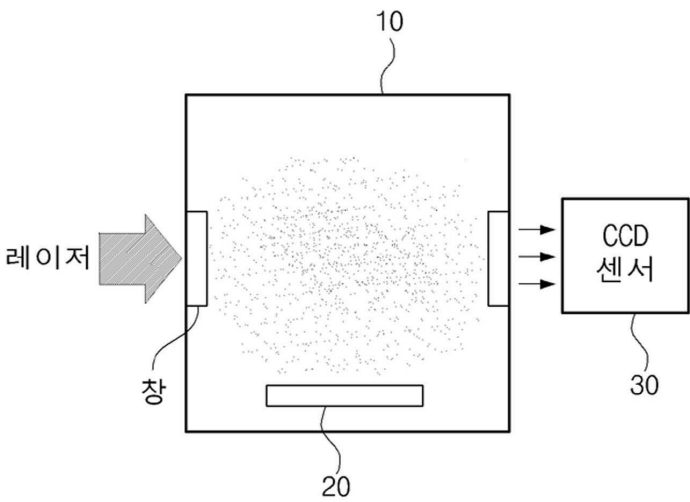
- [0055] 이러한 제1 기준값과 제2 기준값은 플라즈마 챔버 내에 주입된 가스 유량 또는 다른 공정 변수(파워, 압력 등)에 따라 변동하도록 설정될 수 있다. 즉, 가스 유량이 많을수록 제1 기준값은 낮아지고, 제2 기준값은 높아지는 방향으로 설정될 수 있다. 또한 이러한 기준값들과 오차범위는 각 가스 유량의 주입 시의 촬영 결과로부터 사전에 학습에 의해 얻어진 값에 해당될 수 있다.
- [0056] 가스 유량에 따른 기준값의 변동 추이에 대해서는 이하의 도면을 근거로 하여 설명한다. 도 9는 본 발명의 실시예에서 가스 유량의 변화에 따른 두 구간의 총 픽셀 수의 추이를 각각 나타낸 도면이다.
- [0057] 도 9를 참조하면, N₂ 가스를 이용한 테스트 결과, 방전 전류의 구간(49~61)에 속하는 총 픽셀수는 가스 유량의 증가에 따라 증가하는 경향을 보이고, 방전 전압의 구간(44~48)에 속하는 총 픽셀수는 가스 유량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보인다. 따라서 플라즈마 발생 시에 사용된 가스 유량에 따라 제1 및 제2 기준값을 적응적으로 조절하는 것이 가능하다. 물론 이러한 점을 토대로 가스 종류 또는 유량을 기초로 기준 값을 미리 설정하는 것도 가능하다.
- [0058] 도 10은 N₂ 가스를 사용한 플라즈마 발생 환경에서 방전 전압과 방전 전류의 측정 결과를 나타낸 도면이다. 이러한 도 10은 기존에 문헌 상에 보고된 결과로서 본 실시예와 같이 이미징 처리를 이용한 것이 아닌, 전압 및 전류를 측정하는 장비 또는 센서를 사용하여 측정한 결과를 나타낸다.
- [0059] 도 10에 도시된 상부 그림은 가스 유량에 따른 방전 전압의 추이를 나타내고, 하부 그림은 가스 유량에 따른 방전 전류의 추이를 나타낸다. 도 9 및 도 10을 비교하여 보면, 본 실시예와 같은 이미징 처리에 기반한 도 9의 방전 전압과 방전 전류는 실제 측정에 의해 얻은 도 10의 경향과 일치하는 것을 알 수 있다. 따라서, 촬상 영상에서 얻은 입자 에너지 분포를 기초로 두 진단 변수 즉, 방전 전류와 방전 전압의 모니터링이 가능함을 확인할 수 있다.
- [0060] 이상과 같은 본 발명에 따른 플라즈마 방전 특성 모니터링 방법 및 그 장치에 따르면, 플라즈마 챔버 내의 촬상 영상으로부터 플라즈마의 방전 전압과 전류 특성을 획득할 수 있으며 획득한 방전 전압과 전류 특성을 이용하여 플라즈마의 정상 또는 고장 여부를 판정할 수 있는 이점이 있다.
- [0061] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

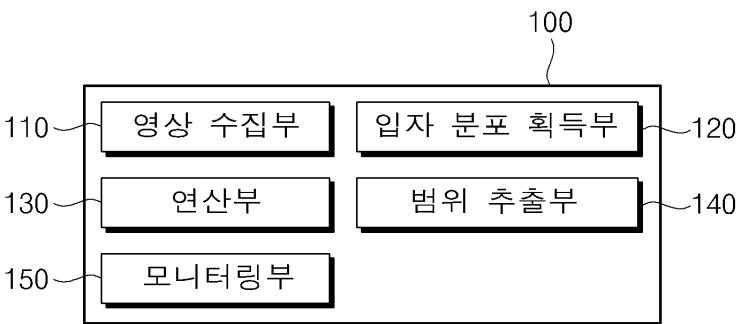
- [0062] 100: 플라즈마 방전 특성 모니터링 장치
- | | |
|-------------|----------------|
| 110: 영상 수집부 | 120: 입자 분포 획득부 |
| 130: 연산부 | 140: 범위 추출부 |
| 150: 모니터링부 | |

도면

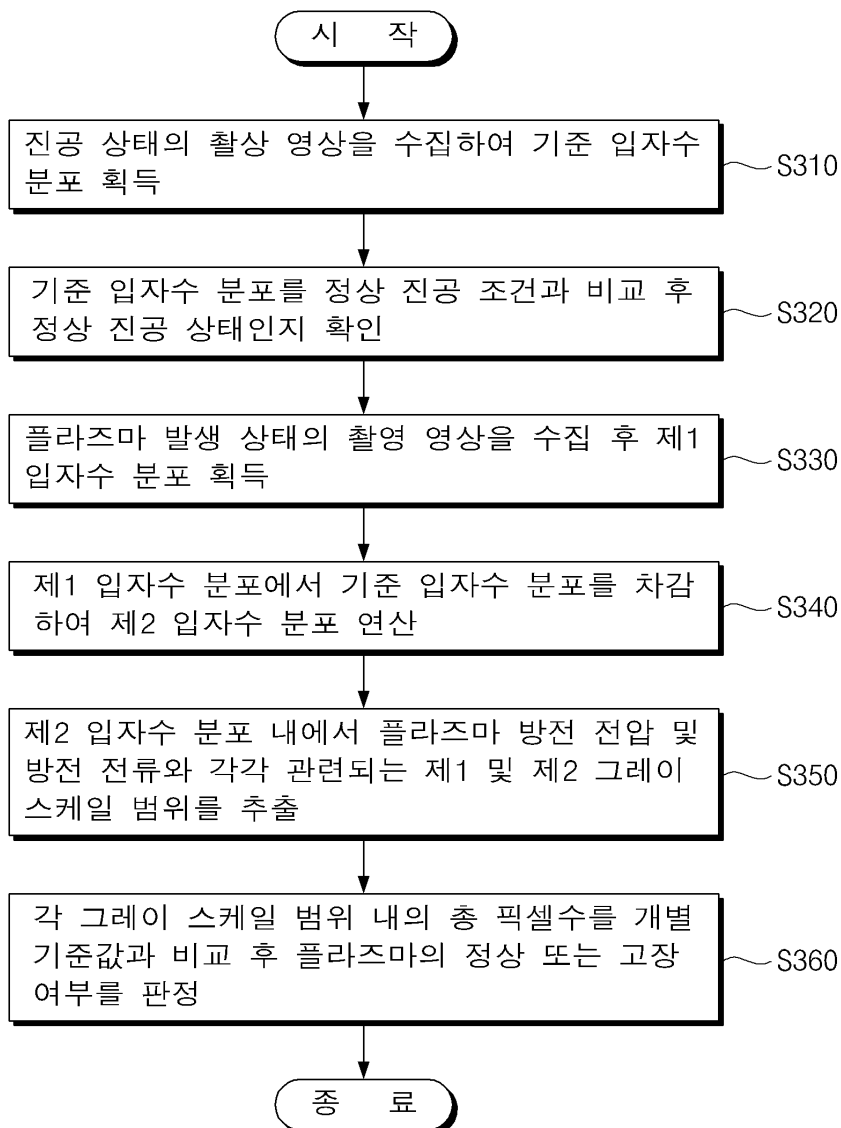
도면1



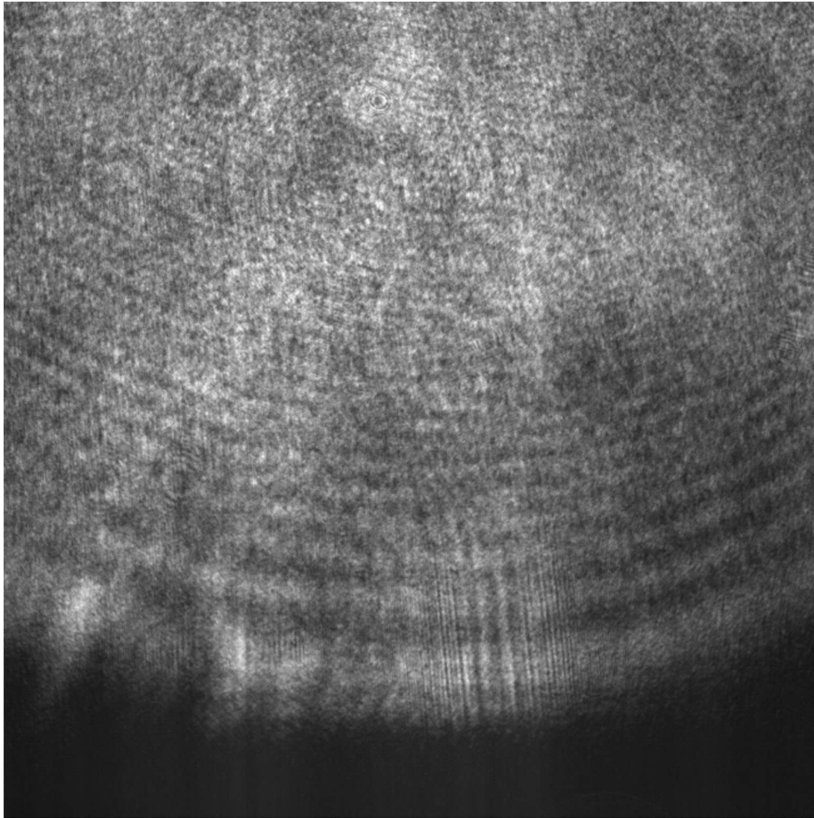
도면2



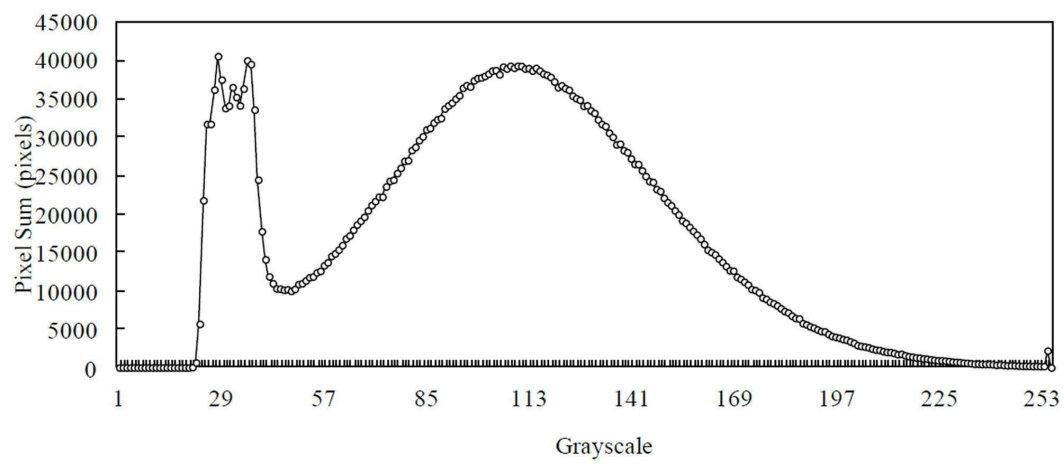
도면3



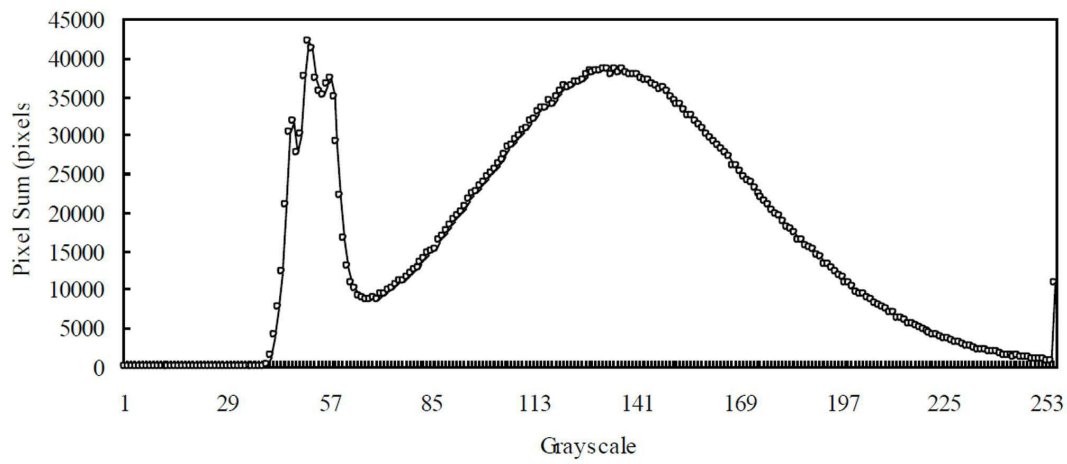
도면4



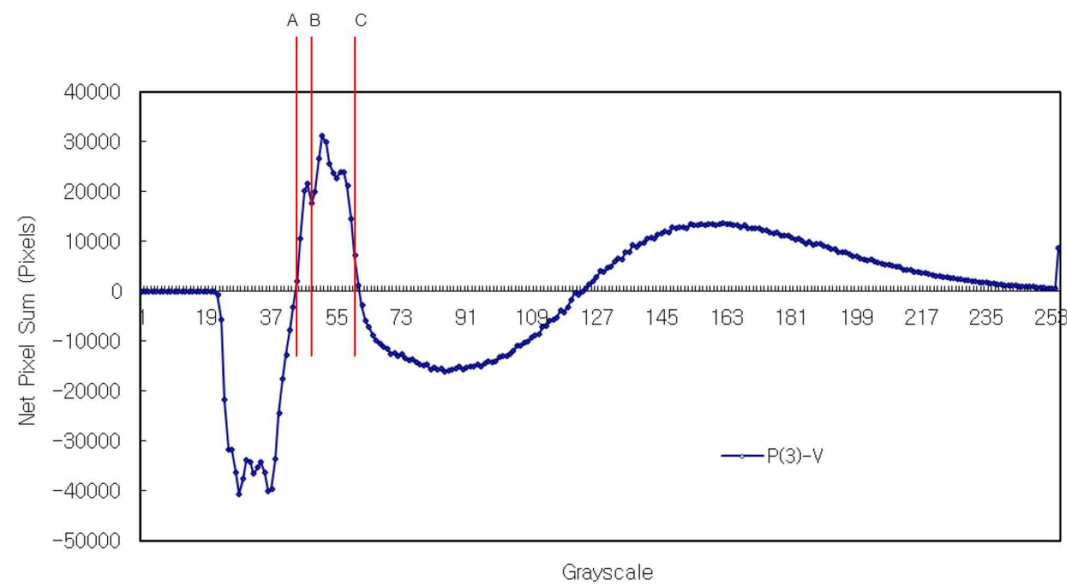
도면5



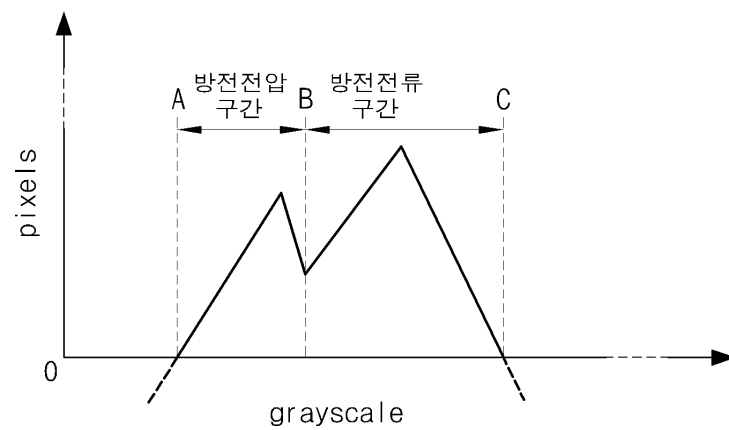
도면6



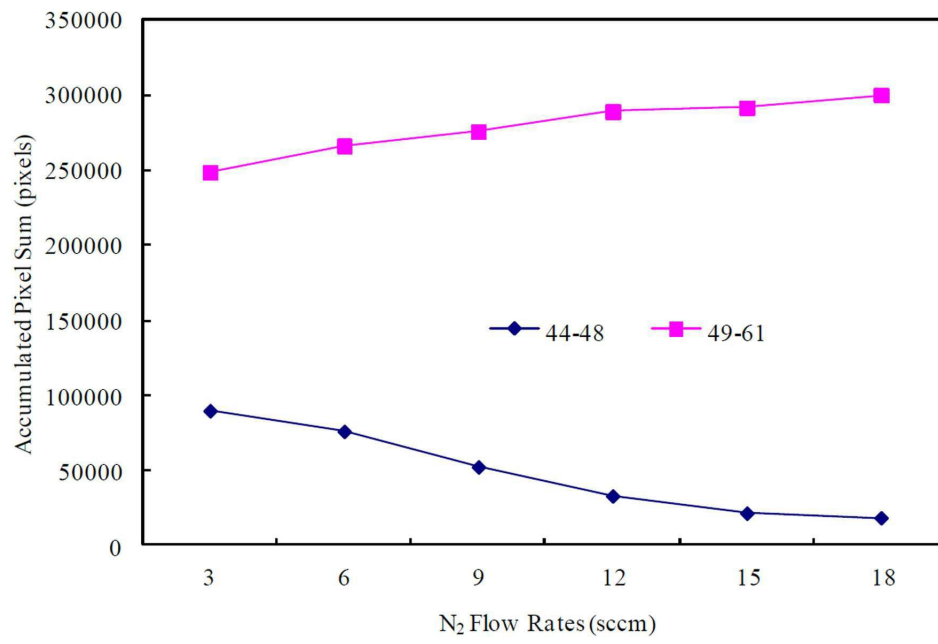
도면7



도면8



도면9



도면10

