



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0034378  
(43) 공개일자 2014년03월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H05H 1/24 (2006.01) G01N 21/00 (2014.01)  
H01L 21/3065 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0099998  
(22) 출원일자 2012년09월10일  
심사청구일자 2012년09월10일

(71) 출원인  
세종대학교산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
(72) 발명자  
김병환  
서울 강남구 광평로10길 15, 102동 406호 (일원동, 상록수아파트)  
이주공  
서울 강동구 상일로5길 10, (상일동)  
김대현  
서울 동대문구 전농로9길 14-13, (답십리동)  
(74) 대리인  
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 14 항

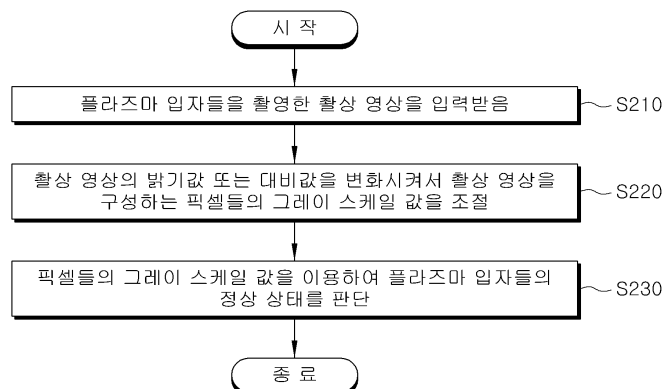
(54) 발명의 명칭 플라즈마 입자 모니터링 장치 및 방법

### (57) 요약

본 발명은 플라즈마 입자 모니터링 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 플라즈마 챔버 내의 플라즈마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 입력받는 영상 입력부, 및 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 상기 플라즈마 입자들의 정상 상태를 판단하는 분석부를 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 장치를 제공한다.

상기 플라즈마 입자 모니터링 장치 및 방법에 따르면, 플라즈마 챔버 내의 플라즈마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 획득한 다음 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 분석하여 플라즈마 입자들의 과도 상태와 정상 상태를 용이하게 판단할 수 있는 이점이 있다.

**대표도** - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012R1A1A2008720

부처명 교육과학기술부

연구사업명 일반연구자지원사업

연구과제명 공정 가스계 특이 플라즈마 쉬스 구조의 감시

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2012.05.01 ~ 2015.04.30

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

플라즈마 챔버 내의 플라즈마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 입력받는 영상 입력부; 및

상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 상기 플라즈마 입자들의 정상 상태를 판단하는 분석부를 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 장치.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 촬상 영상의 밝기값 또는 대비값을 변화시켜서 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 조절하는 밝기 조절부를 더 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 장치.

### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 분석부는,

제1 그레이 스케일 범위를 N개의 서브 구간으로 구분하고 상기 서브 구간별로 상기 픽셀들의 색상을 달리 시각화하여, 상기 픽셀들의 색상 변화로부터 상기 촬영 영상에서의 전자 또는 이온의 분포를 감시하는 제1 분석부를 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 장치.

### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 분석부는,

상기 촬상 영상의 종축 별로 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 횡축 픽셀들의 개수를 연산하여 상기 종축 방향에 대한 전자 또는 이온의 분포 변이를 감시하는 제2 분석부를 더 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 장치.

### 청구항 5

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서,

상기 촬영 영상의 프레임 별로, 제3 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들의 개수를 연산하여 시간에 따른 전자 또는 이온의 분포 변이를 감시하는 제3 분석부를 더 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 장치.

### 청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 제3 분석부는,

상기 촬상에 사용된 전체 시간대 또는 특정 시간대에 대한 상기 전자 또는 이온의 입자수 변화량을 기준값과 비교하여 상기 플라즈마 입자들의 정상 여부를 판단하는 플라즈마 입자 모니터링 장치.

### 청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 제1 내지 제3 그레이 스케일 범위는 아래의 수학적식으로 정의되는 플라즈마 입자 모니터링 장치:

$$T1 \leq \text{제1 그레이 스케일 범위} \leq T2$$

$$T3 \leq \text{제2 그레이 스케일 범위} \leq T4$$

$$T5 \leq \text{제3 그레이 스케일 범위} \leq G_{\max}$$

여기서,  $G_{\max}$ 는 상기 촬상 영상에 대한 최대 그레이 스케일 값, T1 및 T2는 상기  $G_{\max}$ 의 50~55% 및 60~65%에 해당되는 값, T3 및 T4는 상기  $G_{\max}$ 의 35~40% 및 60~65%에 해당되는 값, T5는  $G_{\max}$ 의 80~85%에 해당되는 값을 나타낸다.

#### 청구항 8

플라즈마 입자 모니터링 장치를 이용한 플라즈마 입자 모니터링 방법에 있어서,

플라즈마 챔버 내의 플라즈마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 입력받는 단계; 및

상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 상기 플라즈마 입자들의 정상 상태를 판단하는 단계를 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 방법.

#### 청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 촬상 영상의 밝기값 또는 대비값을 변화시켜서 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 조절하는 단계를 더 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 방법.

#### 청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 플라즈마 입자들의 정상 상태를 판단하는 단계는,

제1 그레이 스케일 범위를 N개의 서브 구간으로 구분하고 상기 서브 구간별로 상기 픽셀들의 색상을 달리 시각화하여, 상기 픽셀들의 색상 변화로부터 상기 촬영 영상에서의 전자 또는 이온의 분포를 감시하는 단계를 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 방법.

#### 청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 플라즈마 입자들의 정상 상태를 판단하는 단계는,

상기 촬상 영상의 종축 별로 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 횡축 픽셀들의 개수를 연산하여 상기 종축 방향에 대한 전자 또는 이온의 분포 변이를 감시하는 단계를 더 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 방법.

#### 청구항 12

청구항 10 또는 청구항 11에 있어서,

상기 촬영 영상의 프레임 별로, 제3 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들의 개수를 연산하여 시간에 따른 전자 또는 이온의 분포 변이를 감시하는 단계를 더 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 방법.

#### 청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 시간에 따른 입자수 변이를 감시하는 단계는,

상기 촬상에 사용된 전체 시간대 또는 특정 시간대에 대한 상기 전자 또는 이온의 입자수 변화량을 기준값과 비교하여 상기 플라즈마 입자들의 정상 여부를 판단하는 플라즈마 입자 모니터링 방법.

#### 청구항 14

청구항 12에 있어서,

상기 제1 내지 제3 그레이 스케일 범위는 아래의 수학적식으로 정의되는 플라즈마 입자 모니터링 방법:

$$T1 \leq \text{제1 그레이 스케일 범위} \leq T2$$

$T3 \leq \text{제2 그레이 스케일 범위} \leq T4$

$T5 \leq \text{제3 그레이 스케일 범위} \leq G_{\max}$

여기서,  $G_{\max}$ 는 상기 촬상 영상에 대한 최대 그레이 스케일 값, T1 및 T2는 상기  $G_{\max}$ 의 50~55% 및 60~65%에 해당되는 값, T3 및 T4는 상기  $G_{\max}$ 의 35~40% 및 60~65%에 해당되는 값, T5는  $G_{\max}$ 의 80~85%에 해당되는 값을 나타낸다.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 플라즈마 입자 모니터링 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 플라즈마 입자의 상태를 모니터링할 수 있는 플라즈마 입자 모니터링 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 플라즈마는 이온화된 가스로 정의되며, 구성 입자로는 전자, 이온, 라디칼, 그리고 포톤 (photon) 등이 존재한다. 상기 플라즈마는 반도체 소자 제조에 핵심적으로 응용되는 에너지원으로서 그 상태의 변이는 공정에 심각한 영향을 끼친다.

[0003] 이러한 플라즈마는 초기 과도상태를 거쳐 안정화가 이루어지는데 플라즈마 소스 및 최적 공정의 개발을 위해서는 상기 과도상태를 감시해야 한다. 플라즈마를 구성하는 가스의 초기 이온화 과정은 플라즈마 장비의 성능을 평가하고 최적화하는 데에 이용되는 중요한 정보로 이용되므로 이를 감시하는 시스템의 개발이 요구된다.

[0004] 기존의 국내공개특허 제2008-0052805호에는 플라즈마의 광을 필터링하는 색 필터와 광의 세기를 검출하는 포토 다이오드를 이용하여 플라즈마의 상태를 모니터링하는 방법이 개시되어 있다. 그런데 이러한 종래 발명은 빛의 주파수와 세기를 통해 플라즈마를 모니터링하는 기술로서 별도로 필터 및 포토 다이오드를 필요로 하는 단점이 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명은, 플라즈마 챔버 내의 플라즈마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 획득한 다음 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 분석하여 플라즈마 입자들의 과도 상태와 정상 상태를 용이하게 판단할 수 있는 플라즈마 입자 모니터링 장치 및 방법을 제공하는데 목적이 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0006] 본 발명은, 플라즈마 챔버 내의 플라즈마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 입력받는 영상 입력부, 및 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 상기 플라즈마 입자들의 정상 상태를 판단하는 분석부를 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 장치를 제공한다.

[0007] 또한, 상기 플라즈마 입자 모니터링 장치는 상기 촬상 영상의 밝기값 또는 대비값을 변화시켜서 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 조절하는 밝기 조절부를 더 포함할 수 있다.

[0008] 여기서, 상기 분석부는, 제1 그레이 스케일 범위를 N개의 서브 구간으로 구분하고 상기 서브 구간별로 상기 픽셀들의 색상을 달리 시각화하여, 상기 픽셀들의 색상 변화로부터 상기 촬영 영상에서의 전자 또는 이온의 분포를 감시하는 제1 분석부를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 분석부는, 상기 촬상 영상의 종축 별로 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 횡축 픽셀들의 개수를 연산하여 상기 종축 방향에 대한 전자 또는 이온의 분포 변이를 감시하는 제2 분석부를 더 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 촬영 영상의 프레임 별로, 제3 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들의 개수를 연산하여 시간에 따른 전자 또는 이온의 분포 변이를 감시하는 제3 분석부를 더 포함할 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 제3 분석부는, 상기 촬상에 사용된 전체 시간대 또는 특정 시간대에 대한 상기 전자 또는 이온의

입자수 변화량을 기준값과 비교하여 상기 플라즈마 입자들의 정상 여부를 판단할 수 있다.

[0012] 그리고, 상기 제1 내지 제3 그레이 스케일 범위는 아래의 수학적식으로 정의될 수 있다.

[0013]  $T1 \leq \text{제1 그레이 스케일 범위} \leq T2$

[0014]  $T3 \leq \text{제2 그레이 스케일 범위} \leq T4$

[0015]  $T5 \leq \text{제3 그레이 스케일 범위} \leq G_{\max}$

[0016] 여기서,  $G_{\max}$ 는 상기 촬상 영상에 대한 최대 그레이 스케일 값, T1 및 T2는 상기  $G_{\max}$ 의 50~55% 및 60~65%에 해당되는 값, T3 및 T4는 상기  $G_{\max}$ 의 35~40% 및 60~65%에 해당되는 값, T5는  $G_{\max}$ 의 80~85%에 해당되는 값을 나타낸다.

[0017] 그리고, 본 발명은 플라즈마 입자 모니터링 장치를 이용한 플라즈마 입자 모니터링 방법에 있어서, 플라즈마 챔버 내의 플라즈마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 입력받는 단계, 및 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 상기 플라즈마 입자들의 정상 상태를 판단하는 단계를 포함하는 플라즈마 입자 모니터링 방법을 제공한다.

[0018] 여기서, 상기 플라즈마 입자 모니터링 방법은, 상기 촬상 영상의 밝기값 또는 대비값을 변화시켜서 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 조절하는 단계를 더 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0019] 본 발명에 따른 플라즈마 입자 모니터링 장치 및 방법에 따르면, 플라즈마 챔버 내의 플라즈마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 획득한 다음 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 분석하여 플라즈마 입자들의 과도 상태와 정상 상태를 용이하게 판단할 수 있는 이점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 플라즈마 입자 모니터링 장치의 구성도이다.

도 2는 도 1을 이용한 플라즈마 입자 모니터링 방법의 흐름도이다.

도 3은 도 2의 S210 단계 시에 플라즈마 입자의 촬상 영상을 획득하는 방법을 나타낸다.

도 4는 도 2의 S220 단계를 설명하는 영상이다.

도 5는 도 2의 S230 단계를 위한 제1 실시예를 설명하는 영상을 나타낸다.

도 6은 도 2의 S230 단계를 위한 제2 실시예를 설명하는 그래프를 나타낸다.

도 7은 도 6에 사용된 촬상 영상과 다른 촬상 영상에 대해 도 6의 방식을 적용한 입자수 분포 그래프를 나타낸다.

도 8은 도 6 및 도 7에 사용된 촬상 영상과 다른 촬상 영상들에 대해 도 6의 방식을 적용한 입자수 분포 그래프를 나타낸다.

도 9는 도 2의 S230 단계를 위한 제2 실시예를 설명하는 그래프를 나타낸다.

도 10은 본 발명의 실시예에서 획득된 시간별 프레임 영상을 밝은 부분과 어두운 부분을 이진화한 영상을 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0022] 본 발명은 플라즈마 입자 모니터링 장치에 관한 것으로서, 플라즈마 챔버 내에 있는 플라즈마 입자들의 촬상 영상을 통해 플라즈마의 과도 상태 및 정상 상태에서의 전자와 이온의 입자 분포 및 입자의 정상 여부를 모니터링할 수 있다. 이러한 본 발명에 따르면 플라즈마의 초기 과도상태에서 형성되는 빛의 천이(이온화) 과정을 시각적으로 감시할 수 있다.

- [0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 플라즈마 입자 모니터링 장치의 구성도이다. 상기 플라즈마 입자 모니터링 장치(100)는 영상 입력부(110), 밝기 조절부(120), 분석부(130)를 포함한다.
- [0024] 상기 영상 입력부(110)는 플라즈마 챔버 내에 있는 플라즈마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 입력받는 부분이다. 여기서, 촬상 영상을 얻기 위한 촬영 수단으로는 일반 카메라가 사용될 수 있다.
- [0025] 상기 밝기 조절부(120)는 상기 촬상 영상의 밝기값(brightness) 또는 대비값(contrast)을 변화시켜서 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 조절한다. 이는 촬상 영상의 각 픽셀들을 분석이 용이한 그레이 스케일 값으로 조절하는 역할을 한다.
- [0026] 상기 분석부(130)는 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 상기 플라즈마 입자들의 과도 상태 및 정상 상태를 판단한다. 이러한 분석부(130)는 제1 내지 제3 분석부를 포함한다. 이러한 제1 내지 제3 분석부의 구체적인 실시예는 추후에 상세히 설명한다.
- [0027] 도 2는 도 1을 이용한 플라즈마 입자 모니터링 방법의 흐름도이다. 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 플라즈마 입자 모니터링 방법에 관하여 상세히 설명한다.
- [0028] 먼저, 영상 입력부(110)에서는 플라즈마 챔버 내의 플라즈마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 입력받는다(S210). 이러한 S210 단계는 플라즈마 챔버에 구비된 투명창 주변에 카메라를 배치하여 내부 플라즈마 입자들에 대한 촬영 영상을 획득한다.
- [0029] 도 3은 도 2의 S210 단계 시에 플라즈마 입자의 촬상 영상을 획득하는 방법을 나타낸다. 이러한 도 3은 투명창을 통해 챔버 내부의 모습을 촬영한 영상으로서 일반 카메라로 촬영한 것이다. 여기서 카메라를 투명창에 좀 더 가까이 배치하거나 카메라에 확대경을 결합하여 촬영할 경우에는 주변 배경이 제거되고 내부의 플라즈마 가스만이 관찰될 것이다.
- [0030] 도 3에서 투명창의 내부로 보이는 핑크색 빛은 N<sub>2</sub> 가스에서 발생한 플라즈마 가스를 나타낸다. 그리고, 도 3에서 두 개의 핑크빛 덩어리 사이를 보면 하얀색 빛의 공간이 발생한 것이 확인된다. 이 흰색 빛은 플라즈마를 구성하는 가스의 이온화에 따른 것이다.
- [0031] 상기 S210 단계 이후, 상기 밝기 조절부(120)에서는 상기 촬상 영상의 밝기값 또는 대비값을 변화시켜서 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 조절한다(S220). 만약 픽셀의 그레이 스케일 값이 8 비트의 값인 경우, 조절되는 그레이 스케일 값은 0~255 사이의 값을 갖게 된다.
- [0032] 도 4는 도 2의 S220 단계를 설명하는 영상이다. 도 4의 A는 원 영상이고, B는 A를 흑백으로 변환한 영상이며, C는 B에서 밝기 및 콘트라스트를 조절한 영상이다. D는 C의 일부분(점선 네모)을 확대한 영상이다. 본 실시예의 경우 필요한 경우 영상 확대부(미도시)를 통해 영상의 확대도 가능하다. 도 4에서 흰색 부분은 이온화된 입자 부분이고 검은색 부분은 전자 부분에 해당된다. 도 4의 D와 같이 영상의 확대를 통해 입자의 연결상태(윗부분 영상)와 결정형태(아랫부분 영상)를 알 수 있다.
- [0033] 이러한 S220 단계는 밝은 부분은 더 밝게, 그리고 어두운 부분은 더 어둡게 조절할 수도 있다. 이렇게 밝기값과 대비값 중 어느 하나 또는 모두를 조절하면, 최초 입력된 촬상 영상의 밝기나 대비를 그대로 이용하는 경우에 비하여 플라즈마 입자들의 분석 효율을 높일 수 있다. 물론, 이러한 S220 단계는 본 실시예에서 필수적으로 사용될 필요는 없으며 필요에 따라 선택적으로 적용 가능하다.
- [0034] 이후, 분석부(130)에서는 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 상기 플라즈마 입자들의 정상 상태를 판단한다(S230). 이러한 S230 단계는 제1 분석부 내지 제3 분석부를 이용하여 수행한다.
- [0035] 상기 제1 분석부를 이용한 제1 실시예는 다음과 같다. 상기 제1 분석부에서는 제1 그레이 스케일 범위를 N개의 서브 구간으로 구분하고 상기 서브 구간별로 상기 픽셀들의 색상을 달리 시각화함에 따라, 상기 시각화된 픽셀들의 색상 변화로부터 상기 촬영 영상에서의 전자 또는 이온의 분포를 감지할 수 있다. 물론, 그레이 스케일의 증가 또는 감소 방향의 파악을 통해서도 전자와 이온 분포를 유추할 수 있다. 이는 전자 입자는 낮은 그레이 스케일 값(어두운 값)을, 이온 입자는 높은 그레이 스케일 값(밝은 값)을 띤다는 점을 이용하면 된다.
- [0036] 도 5는 도 2의 S230 단계를 위한 제1 실시예를 설명하는 영상을 나타낸다. 도 5의 A~C는 동일한 영상에 대하여 시각화하고자 하는 그레이 스케일 범위를 달리 설정하여 표현한 것이다. 이러한 도 5의 영상은 도 4의 B 영상에 대응된다.
- [0037] 먼저, 도 5의 A는 0~255 사이의 그레이 스케일 값 중에서 96~130 범위의 그레이 스케일 값을 7개의 서브 구간으로

로 구분하고, 각 서브 구간별로 픽셀들의 색상을 빨강, 노랑, 핑크 등의 7개의 색상으로 달리 표현한 것이다.

- [0038] A 영상에서 96~130 범위의 그레이 스케일 값을 갖는 픽셀들 즉, 별도의 색상으로 입혀진 픽셀들은 영상의 윗 부분과 아랫 부분에 각각 제1 그룹과 제2 그룹으로 존재하고 있다. 윗 부분의 제1 그룹의 경우는 하방으로 갈수록 그레이 스케일 값이 증가하고 있으며(픽셀의 밝기 값이 밝아지고 있으며), 반대로 아래 부분의 제2 그룹의 경우는 상방으로 갈수록 그레이 스케일 값이 증가하고 있다. 이러한 A 영상에서는 각 색상에 대응하는 부분이 일정하게 층으로 배열된 것을 알 수 있다.
- [0039] B 영상은 131~165 범위의 그레이 스케일 값을 복수의 서브 구간으로 구분하여 서브 구간 별로 픽셀들의 색상을 달리 시각화한 것이다. 이러한 B 영상에서 또한 131~165 범위의 그레이 스케일 값을 갖는 픽셀들은 영상의 중앙 부분과 그 아랫 부분에 각각 제1 그룹과 제2 그룹으로 존재하고 있다. 중앙 부분에 해당되는 제1 그룹의 경우 하방으로 갈수록 그레이 스케일 값이 증가하며(픽셀의 밝기 값이 밝아지며), 반대로 그 아래 부분에 해당되는 제2 그룹의 경우 상방으로 갈수록 그레이 스케일 값이 증가하고 있다. 이러한 B 영상에서 제1 그룹과 제2 그룹의 사이 부분은 영상의 밝기가 165 이상에 해당되는 밝은 영역에 해당된다. 이러한 B 영상에서 또한 각 색상에 대응하는 부분이 일정하게 층으로 띠를 형성하여 배열된 것을 알 수 있다.
- [0040] C 영상은 166~172 범위의 그레이 스케일 값을 복수의 서브 구간으로 구분하여 색상을 달리 시각화한 것이다. 이 범위에서는 색상들이 층을 형성하지 않고 불규칙적인 분포를 보이고 있다.
- [0041] 이러한 A, B, C 영상은 공간 상의 플라즈마 입자들의 분포를 시각화하여 제공한다. 특히, 131~165 범위에 대한 B 영상의 경우, A 영상보다 선명한 형태로 각각의 색상이 가로 방향으로 띠를 형성하고 있는데, 그레이 스케일 이 증가하는 방향으로 플라즈마 입자들이 일정하게 층으로 배열된 것을 알 수 있다.
- [0042] 이러한 B 영상을 바탕으로 상기 제1 실시예에서 사용되는 제1 그레이 스케일 범위는  $T1 \leq \text{제1 그레이 스케일 범위} \leq T2$ 이며,  $T1$ 은 상기 촬상 영상에 대한 최대 그레이 스케일 값  $G_{\max}(=255)$ 의 50~55%에 해당되고,  $T2$ 는  $G_{\max}$ 의 60~65%에 해당되는 값이다. 본 실시예에 사용된 131과 165는 255의 대략 51.4%, 64.7%에 해당된다.
- [0043] 이상과 같은 도 5의 모든 영상에서 그레이 스케일 값이 큰(밝은) 부분은 에너지가 낮고 이온성 입자가 많은 부분에 해당되며, 반대로 그레이 스케일 값이 작은(어두운) 부분은 에너지가 높고 전자성 입자가 많은 부분에 해당된다.
- [0044] 도 5의 C의 경우 A와 B에 비하여 상대적으로 그레이 스케일이 높은 범위(166~172)를 시각화한 것으로서, 색상들로 시각화된 부분이 곧 이온성 입자가 위치한 부분에 해당되며 이는 도 5의 B에서 시각화된 제1 블랙 및 제2 블랙 사이의 밝은 부분에 해당된다.
- [0045] 상기 제1 분석부를 이용한 제1 실시예의 경우 특정 그레이 스케일 범위를 이용하여 촬상 영상을 시각화하여, 이온성 입자의 분포뿐만 아니라 이온화가 잘 이루어졌는지의 여부를 육안으로 쉽게 확인할 수 있다.
- [0046] 다음, 제2 분석부에 의한 제2 실시예를 설명한다. 상기 제2 분석부에서는 상기 촬상 영상의 종축(y축) 별로 제2 그레이 스케일 범위에 속하는 횡축(x축) 픽셀들의 개수를 연산하여 상기 종축 방향에 대한 전자 또는 이온의 분포 변이 즉, 입자수(전자 입자수 또는 이온 입자수) 변이를 감시한다.
- [0047] 도 6은 도 2의 S230 단계를 위한 제2 실시예를 설명하는 그래프이다. 이러한 도 6은 도 4의 B 영상의 x, y축 중에서 y축 방향( $y = 1 \sim 80$  픽셀 범위)에 따른 전자 입자수 분포를 픽셀수 단위로 나타낸 것이다. 참고로, 촬상 영상의 최상단 픽셀층 부분이  $y=1$ , 최하단 픽셀층 부분이  $y=80$  지점에 해당된다.
- [0048] 즉, 촬상 영상의 y축 값 별로, 임의 그레이 스케일 범위 95~150에 속하는 x축 픽셀들의 개수를 연산하면 도 6의 그래프를 얻을 수 있다. 여기서, 95~150 범위는 영상에서 어두운 부분에 해당되는 그레이 스케일 범위로서 전자성 입자가 많은 영역을 나타낸다.
- [0049] 이러한 제2 실시예에 사용되는 제2 그레이 스케일 범위는  $T3 \leq \text{제2 그레이 스케일 범위} \leq T4$ 로서,  $T3$  및  $T4$ 는 상기  $G_{\max}$ 의 35~40% 및 60~65%에 해당되는 값이다. 본 실시예에 사용된 95와 150은 255의 대략 37.3%, 58.8%에 해당된다.
- [0050] 여기서, 도 4의 B 영상에서 각 층별로 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 총 입자수는 수학적 1을 통해 구할 수 있다. 이러한 수학적 1을 이용하여 각 층별로 픽셀 개수 단위의 입자수를 구할 수 있다.

## 수학식 1

$$\text{입자수} = \sum_{i=1}^M N_i$$

[0051]

[0052]

여기서,  $N_i$ 는 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들 중 상기 임의의 그레이 스케일 범위(ex, 95~150) 내에 속하는  $i$ 번째 그레이 스케일 값에 해당되는 픽셀들의 개수,  $M$ 은 상기 임의의 그레이 스케일 범위(ex, 95~150) 내에 속하는 그레이 스케일 값들의 개수를 나타낸다.

[0053]

즉, 수학식 1은 각 층에서 해당 그레이 스케일 범위(ex, 95~150)에 포함되는 총 픽셀수를 의미한다. 여기서, 전자 입자수를 수학식 1과 같은 픽셀수 단위가 아닌 실제 전자수로 환산하는 방법은 아래의 수학식 2를 참조한다.

## 수학식 2

$$\text{전자수} = \sum_{i=1}^M (N_i \times (G_{MAX} - G_i) \times n)$$

[0054]

[0055]

여기서,  $N_i$ 와  $M$ 의 정의는 앞서 수학식 1과 동일하다.  $G_i$ 는 상기  $i$ 번째 그레이 스케일 값,  $G_{MAX}$ 는 상기 촬상 영상에서 표현 가능한 최대 그레이 스케일 값이다.

[0056]

그리고,  $n$ 은 상기 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수이고, LSB(Least significant bit)는 2진수로 표현된 비트열 중에서 최하위의 비트 또는 상기 비트열의 최하위 비트를 의미한다. 8 비트의 영상의 경우 대략 LSB 당 180개의 전자가 발생한다.

[0057]

예를 들어, 상기 임의의 그레이 스케일 범위가 95~150( $G_1=95$ ,  $G_M=150$ )인 경우,  $N_1 \times (G_{MAX} - G_1) \times n$ 만 구하고자 할 때,  $N_1$ 은 1번째 그레이 스케일 값( $G_1=95$ )을 갖는 픽셀들의 개수,  $G_{MAX}$ 는 255,  $n=180$ 을 적용하여 연산하면 된다. 만약,  $N_1$ 이 1인 경우  $1 \times (255 - 95) \times 180 = 28800$ 으로서, 그레이 스케일 값 95에 해당되는 픽셀들에 존재하는 모든 전자수는 28800 개이다. 이러한 원리를 적용하여 그레이 스케일 값  $N_2=96$ ,  $N_3=97 \dots N_{56}=150$ 에 해당하는 전자수를 각각 계산할 수 있으며, 이들을 모두 합한 값이  $y$ 축 방향의 특정 픽셀 위치(특정 층)에서의 주어진 그레이 스케일 범위에 포함되는 입자수에 대응하는 실제 전자수가 된다. 즉, 이러한 원리를 이용하여 95~150의 그레이 스케일 범위 전체에 포함된 전자수를 각 층별로 연산할 수 있다.

[0058]

도 6에서 A와 B 지점의 사이 부분은 전자 입자수가 거의 존재하지 않는 부분으로서 주로 이온 입자들이 존재하는 구간에 해당된다. 이러한 A-B 구간은 도 6에서 픽셀위치를 기준으로 할 때 44~68의 픽셀층 지점에 해당된다. 이 구간은 44~49, 50~63, 64~68의 3 구간으로 구분할 수 있다. 두 번째 구간은 전자가 없는 이온 입자들만으로 구성된 공간이지만 나머지 공간은 전자 입자수가 계산이 되는 공간에 해당된다. 이러한 A와 B 지점 사이는 총 22개의 픽셀층이 존재하며 이를 통해 A와 B 사이의 간격을 계산할 수 있다. 본 실시예에서는 픽셀 1개당 897 $\mu$ m 크기를 가지므로, A와 B 사이의 간격은 1.97mm(=22 $\times$ 897 $\mu$ m)에 상당하다.

[0059]

도 7은 도 6에 사용된 촬상 영상과 다른 촬상 영상에 대해 도 6의 방식을 적용한 전자수 분포 그래프를 나타낸다. 이러한 도 7의 그래프에서 입자수(세로축)는 픽셀수 단위의 전자 입자수를 나타낸다(수학식 1 참조). 플라즈마 이온화가 진행되면서 영상의 명암은 점차 밝아지는데, 도 7은 도 6보다 이온화가 더 진행된 경우이다. 이러한 도 7에서는 각 층별로 140~180의 그레이 스케일 범위에 속하는 입자수를 계산하여 나타낸 것이다. 도 7의 경우 촬상 영상의 상층부에서의 전자수(수학식 1에 의함)의 변이가 큰 것이 확인되며, 전자수가 거의 존재하지 않는 구간의 간격이 도 6의 경우보다 1개 픽셀 정도 작은 것이 확인된다. 입자수가 0이 되는 공간은 쉬스에 해당되는 공간이며 여기에는 전자가 거의 없어 0으로 나타낸다.

[0060]

도 8은 도 6 및 도 7에 사용된 촬상 영상과 다른 촬상 영상들에 대해 도 6의 방식을 적용한 전자수 분포 그래프를 나타낸다. 이러한 도 8은 픽셀수 단위의 전자 입자수를 나타낸다. 즉, 도 8은 앞서 사용된 촬상 영상과 다른

6개의 영상에 대해 각각 도 6의 방식을 적용하여 전자수 분포를 계산한 것이며, 사용된 6개의 영상은 전체가 거의 흰색이라 입자의 변동을 육안으로 확인하기 어려운 영상에 해당된다.

[0061] 이러한 도 8에서는 도 6과 도 7과는 달리 각 층별로 200~255의 그레이 스케일 범위에 속하는 전자수를 계산하여 나타낸 것으로서, 각각의 층 방향의 입자수 변동을 도시하면 입자의 축방향 변동을 감시할 수 있다. 도 8은 도 7보다 이온화가 더 진행된 경우이며 각 결과는 시간 흐름 별로 구분된 것이다. 플라스마 이온화가 진행되면서 영상의 명암은 점차 밝아지는데 이러한 경우 높은 그레이 스케일 범위를 이용해야만 입자수 변화를 관찰할 수 있다. 즉, 도 6 내지 도 8에서 사용되는 입자수 범위들이 서로 다른 것은 이와 같은 영향을 고려한 것이다. 이러한 도 8은 과도 상태 중 또는 과도 상태 후의 플라스마 감시를 가능하게 한다.

[0062] 이하에서는 제3 분석부를 이용한 제3 실시예를 상세히 설명한다. 상기 제3 분석부는 상기 촬영 영상의 프레임 별로, 제3 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들의 개수를 연산하여 시간에 따른 입자수 변이를 감시한다. 즉, 시간에 따른 전자 또는 이온의 분포 변이 즉, 입자수(전자 입자수 또는 이온 입자수) 변이를 감시한다. 이는 여러 개의 프레임 영상을 실시간 촬영하여 시간에 따른 입자수 변이를 확인할 수 있다. 본 실시예의 경우, 이온 입자수 변이를 감시한 예를 설명한다.

[0063] 도 9는 도 2의 S230 단계를 위한 제2 실시예를 설명하는 그래프를 나타낸다. 이러한 도 9는 시간 흐름에 따른 20개의 프레임 영상에 대해, 210~255의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀수 단위의 이온 입자수를 각각 계산한 것이다. 입자수의 계산 방법은 앞서 설명한 바 있다.

[0064] 여기서, 도 9에 적용된 제3 그레이 스케일 범위는,  $T5 \leq \text{제3 그레이 스케일 범위} \leq G_{\max}$ 로서, 상기 T5는  $G_{\max}$ 의 80~85%에 해당되는 값을 나타낸다. 본 실시예에 사용된 210은 255의 대략 82.4%에 해당된다.

[0065] 도 9로부터 시간 흐름에 따라 입자수가 계속 증가한 것이 확인되며, 이는 시간의 경과에 따라 이온수의 증가를 보이며 증가하는 이온수는 이온화가 향상되고 있음을 의미한다. 여기서, 이러한 제3 실시예의 경우 특정 시간대에 대한 상기 입자수의 변화량을 기준값과 비교하여 상기 플라스마 입자들의 정상 여부를 판단할 수 있다. 예를 들어, 프레임 영상 13번과 14번 사이에 이온 입자수의 변화가 큰 구간이 확인되며, 이 구간은 원자의 이온화가 급격히 진행되는 구간이다. 도 9에서 촬상에 사용된 전체 구간(전체 시간대) 또는 임의 구간(특정 시간대)에서의 이온 입자수 변화량을 기준 범위와 비교하여 기준 범위를 벗어나는 경우 플라스마 입자의 이온화 과정에 문제가 있음을 의미한다.

[0066] 물론, 이상의 본 실시예에서 제시한 제1 내지 제3 그레이 스케일 범위들은 플라스마의 종류 또는 촬상에 사용된 카메라의 해상도에 따라 다른 값을 가질 수 있다.

[0067] 이외에도, 본 발명은 이온화 진행 영상을 이진 영상으로 표현할 수 있다. 도 10은 본 발명의 실시예에서 획득된 시간별 프레임 영상을 밝은 부분과 어두운 부분을 이진화한 영상을 나타낸다. 이는 촬상 영상에서 210~255 범위의 그레이 스케일 값을 갖는 픽셀은 흰색, 나머지 범위의 픽셀은 검정색으로 표현한 것이다. 이를 통해 시간에 따른 이온화 진행 과정을 시각화할 수 있다.

[0068] 이상과 같은 본 발명에 따르면, 플라스마 챔버 내의 플라스마 입자들을 촬영한 촬상 영상을 획득한 다음 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여 플라스마 입자들의 과도 상태와 정상 상태를 용이하게 판단할 수 있는 이점이 있다.

[0069] 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

[0070] 100: 플라스마 입자 모니터링 장치

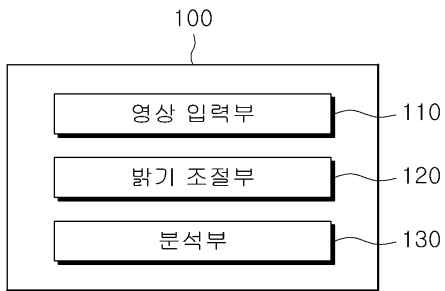
110: 영상 입력부

120: 밝기 조절부

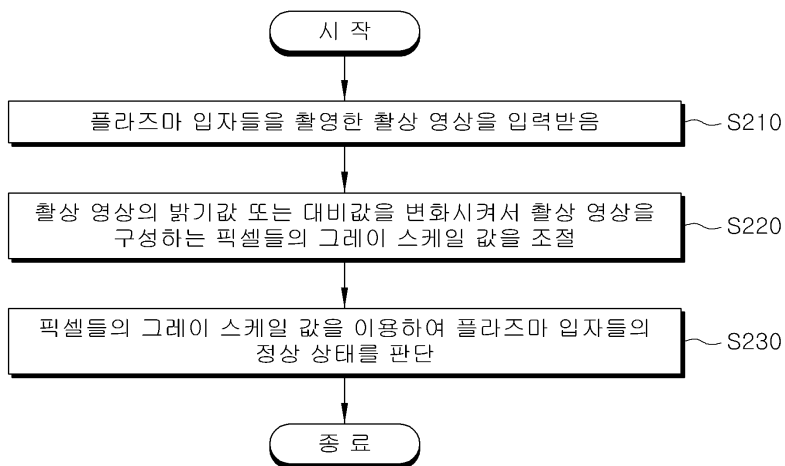
130: 분석부

도면

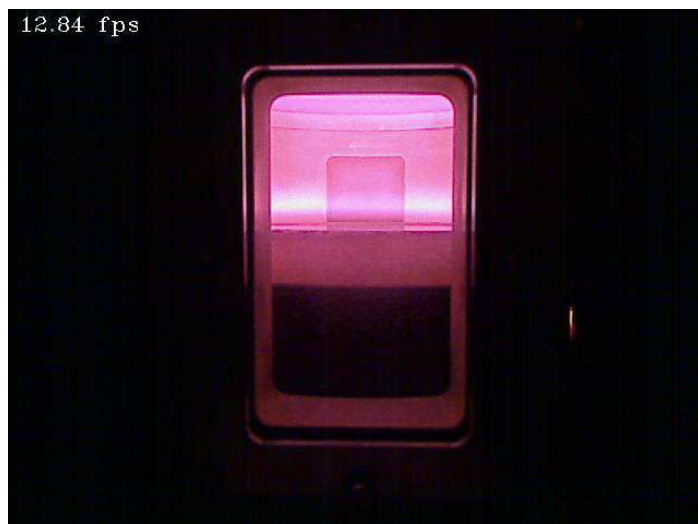
도면1



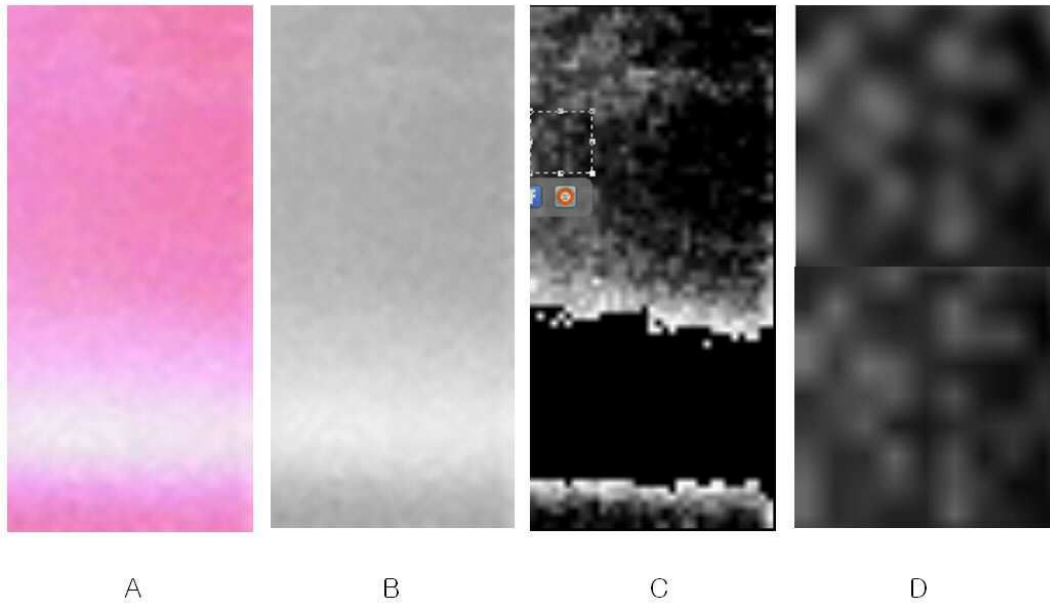
도면2



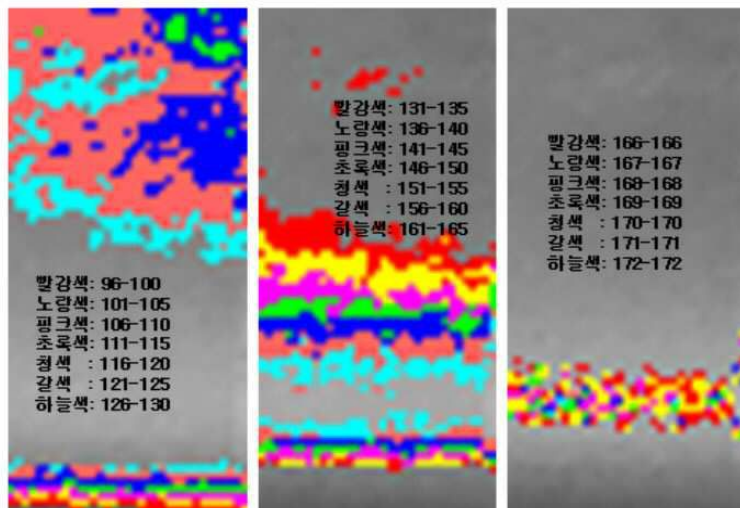
도면3



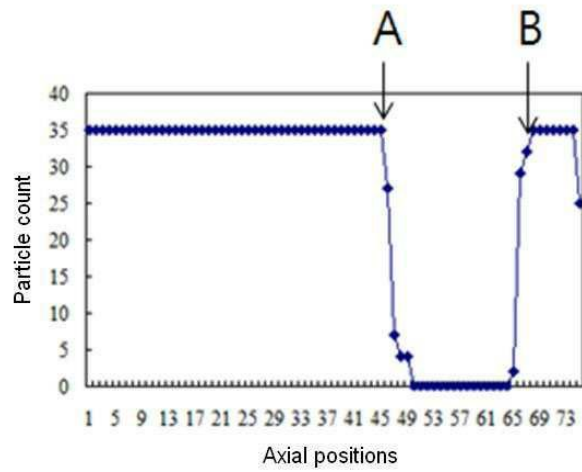
도면4



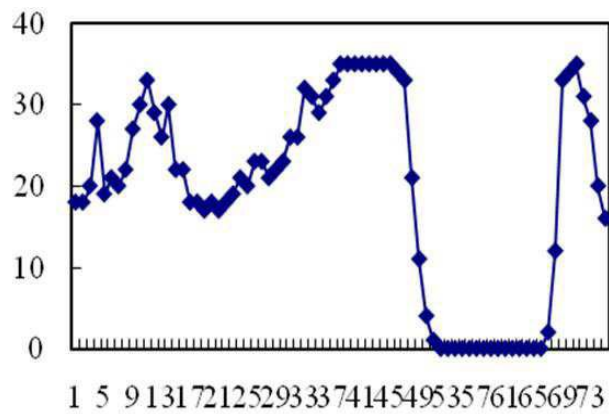
도면5



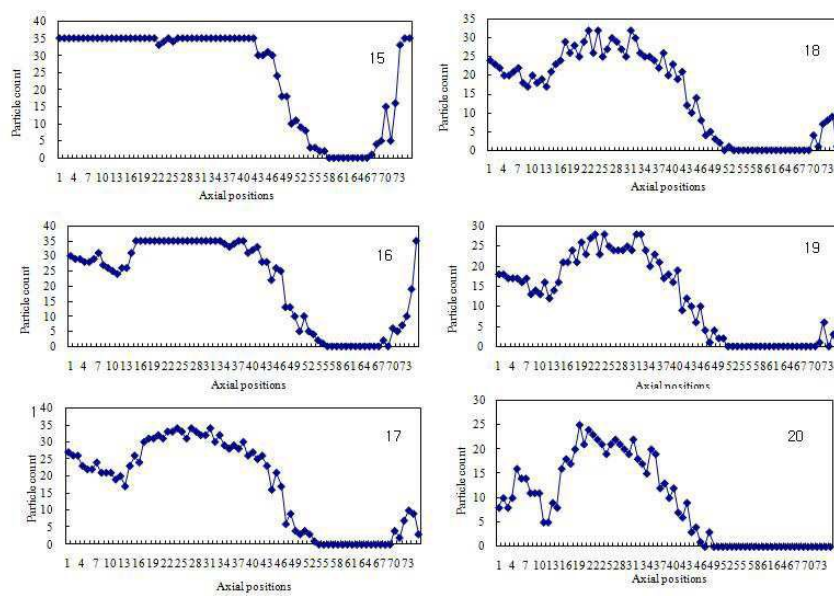
도면6



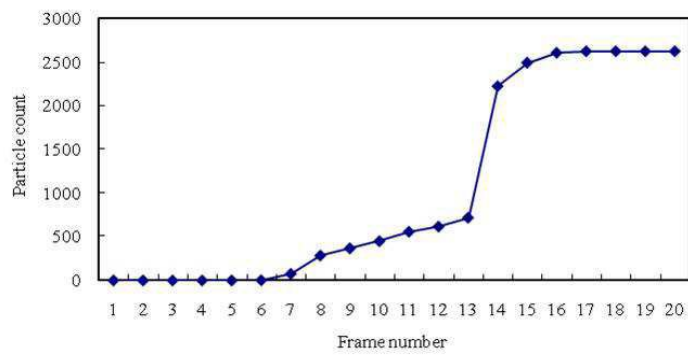
도면7



도면8



도면9



도면10

