



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0103208  
(43) 공개일자 2009년10월01일

(51) Int. Cl.

G01N 15/00 (2006.01) G01N 15/10 (2006.01)

G01N 15/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0028647

(22) 출원일자 2008년03월27일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

광주과학기술원

광주 북구 오룡동 1번지

(72) 발명자

박기홍

광주광역시 북구 첨단과기로 261(오룡동) 광주과학기술원환경공학과

김재석

광주광역시 북구 첨단과기로 261(오룡동) 광주과학기술원환경공학과

(74) 대리인

김삼용, 김상철, 이재관

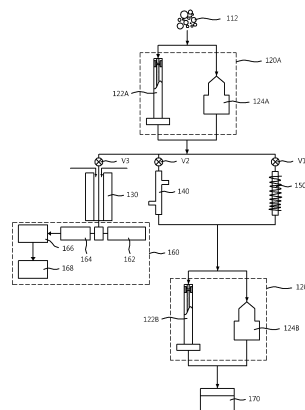
전체 청구항 수 : 총 9 항

## (54) 대기오염 모니터링 장치 및 방법

### (57) 요약

에어로졸 입자의 발생원 및 성장기작을 예측할 수 있는 대기오염의 모니터링 장치 및 방법이 개시되어 있다. 대기오염의 모니터링 장치는 에어로졸 입자를 단일 크기로 분리하는 제1 입자분리기, 제1 입자분리기를 통해 분리된 단일 크기의 에어로졸 입자를 과포화 시키는 과포화 조절기, 제1 입자분리기를 통해 분리된 단일 크기의 에어로졸 입자의 습도를 조절하여 에어로졸 입자를 흡습 성장시키는 상대습도 조절기, 제1 입자분리기를 통해 분리된 단일 크기의 에어로졸 입자의 온도를 조절하여 에어로졸 입자를 휘발 수축시키는 증발온도 조절기, 과포화 조절기에 연결되며, 과포화된 에어로졸 입자의 응축핵 수농도를 측정하는 검출기, 상대습도 조절기 또는 증발온도 조절기에 연결되며, 각각 성장 또는 수축된 에어로졸 입자를 크기별로 분리하는 제2 입자분리기 및 제2 입자분리기로 분리된 에어로졸 입자의 개수를 측정하는 입자계수기를 포함한다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

에어로졸 입자를 단일 크기로 분리하는 제1 입자분리기;

상기 제1 입자분리기를 통해 분리된 단일 크기의 에어로졸 입자를 과포화 시키는 과포화 조절기;

상기 제1 입자분리기를 통해 분리된 단일 크기의 에어로졸 입자의 습도를 조절하여 상기 에어로졸 입자를 흡습 성장시키는 상대습도 조절기;

상기 제1 입자분리기를 통해 분리된 단일 크기의 에어로졸 입자의 온도를 조절하여 에어로졸 입자를 휘발 수축 시키는 증발온도 조절기;

상기 과포화 조절기에 연결되며, 상기 과포화된 에어로졸 입자의 응축핵 수농도를 측정하는 검출기;

상기 상대습도 조절기 또는 상기 증발온도 조절기에 연결되며, 상기 각각 성장 또는 수축된 에어로졸 입자를 크기별로 분리하는 제2 입자분리기; 및

상기 제2 입자분리기로 분리된 에어로졸 입자의 개수를 측정하는 입자계수기를 포함하는 대기오염 모니터링 장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 입자분리기는,

대입자분리기; 및

소입자분리기를 포함하는 것을 특징으로 하는 대기오염 모니터링 장치.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 과포화 조절기는,

물에 젖은 상태로 구비되는 제1 플레이트; 및

상기 제1 플레이트와 마주보는 면에 형성되며, 물에 젖은 상태로 구비되는 제2 플레이트를 포함하는 것을 특징으로 하는 대기오염 모니터링 장치.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서, 상대습도 조절기는,

습도 조절관;

상기 습도 조절관의 측벽면에 습윤공기가 유입되는 유입구; 및

상기 습윤공기가 배출되는 배출구를 포함하는 것을 특징으로 하는 대기오염 모니터링 장치.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 증발온도 조절기는,

온도 조절관; 및

상기 온도 조절관을 감싸는 열코일을 포함하는 것을 특징으로 하는 대기오염 모니터링 장치.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 검출기는,

전하 결합 소자 카메라; 및

구름 응축핵 검출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 대기오염 모니터링 장치.

## 청구항 7

에어로졸 입자를 단일 크기로 제어하는 단계;

상기 단일 크기로 제어된 에어로졸 입자를 과포화, 흡습 성장 또는 휘발 수축시키는 단계; 및

상기 과포화, 성장 또는 수축된 에어로졸 입자의 응축핵 수농도, 흡습성 또는 휘발성을 측정하는 단계를 포함하는 대기오염 모니터링 방법.

## 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 에어로졸 입자를 단일 크기로 제어하기 위해 입자분리기가 수행되는 것을 특징으로 하는 대기오염 모니터링 방법.

## 청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 에어로졸 입자를 과포화, 흡습 성장 또는 휘발 수축시키기 위해, 각각 과포화 조절기, 상대습도 조절기 또는 증발온도 조절기가 수행되는 것을 특징으로 하는 대기오염 모니터링 방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

- <1> 본 발명은 대기오염 모니터링 장치 및 방법에 관한 것으로 더욱 상세하게는 에어로졸 입자의 응축핵 수농도, 흡습성 및 휘발성을 측정할 수 있는 대기오염 모니터링 장치 및 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

- <2> 대기 중의 에어로졸 입자는 복사평형, 구름형성, 시정장애 등의 다양한 환경문제를 일으키며 인체의 건강에 해로운 물질로 알려져 있다. 특히 초미세입자 또는 나노입자는 상대적으로 크기가 작고 수농도가 높기 때문에 비표면적이 크고, 인체에 대한 유해성이 높다. 이러한 에어로졸 입자들은 공장이나 자동차 등과 같은 오염원으로부터 직접 대기로 배출되어 생성되거나 대기 중에 존재하는 다양한 기상 물질들의 화학반응으로부터 생성되기도 한다.
- <3> 이러한 에어로졸 입자들로부터 인체를 보호하기 위해서는 에어로졸 입자의 발생원, 생성, 성장기작, 물리적/화학적 변화 등을 파악해야 하지만, 아직까지는 이러한 에어로졸 입자의 발생원, 생성, 성장기작, 물리적/화학적 변화 등을 파악하기에는 어려운 문제점이 있다.

#### 발명의 내용

##### 해결 하고자하는 과제

- <4> 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 제1 목적은 에어로졸 입자의 발생원 및 성장기작을 예측할 수 있는 대기오염의 모니터링 장치를 제공하는데 있다.
- <5> 또한, 본 발명의 제2 목적은 에어로졸 입자의 발생원 및 성장기작을 예측할 수 있는 대기오염의 모니터링 방법을 제공하는데 있다.

##### 과제 해결수단

- <6> 상기 제1 목적을 달성하기 위한 본 발명은 에어로졸 입자를 단일 크기로 분리하는 제1 입자분리기, 상기 제1 입자분리기를 통해 분리된 단일 크기의 에어로졸 입자를 과포화 시키는 과포화 조절기, 상기 제1 입자분리기를 통해 분리된 단일 크기의 에어로졸 입자의 습도를 조절하여 상기 에어로졸 입자를 흡습 성장시키는 상대습도 조절기, 상기 제1 입자분리기를 통해 분리된 단일 크기의 에어로졸 입자의 온도를 조절하여 에어로졸 입자를 휘발

수축시키는 증발온도 조절기, 상기 과포화 조절기에 연결되며, 상기 과포화된 에어로졸 입자의 응축핵 수농도를 측정하는 검출기, 상기 상대습도 조절기 또는 상기 증발온도 조절기에 연결되며, 상기 각각 성장 또는 수축된 에어로졸 입자를 크기별로 분리하는 제2 입자분리기 및 상기 제2 입자분리기로 분리된 에어로졸 입자의 개수를 측정하는 입자계수기를 포함하는 대기오염 모니터링 장치를 제공한다.

- <7> 또한, 상기 제2 목적을 달성하기 위한 본 발명은 에어로졸 입자를 단일 크기로 제어하는 단계, 상기 단일 크기로 제어된 에어로졸 입자를 과포화, 흡습 성장 또는 휘발 수축시키는 단계 및 상기 과포화, 성장 또는 수축된 에어로졸 입자의 응축핵 수농도, 흡습성 또는 휘발성을 측정하는 단계를 포함하는 대기오염 모니터링 방법을 제공한다.

### 효 과

- <8> 본 발명에 따르면, 에어로졸 입자들을 포화시킨 상태에서 응축핵 수농도를 측정하면, 구름으로 성장할 수 있는 입자인지를 파악할 수 있으며, 상기 에어로졸 입자들을 흡습 성장 및 휘발 수축한 상태에서 각각의 개수를 측정하면, 흡습 성장 및 휘발 수축한 에어로졸 입자의 화학적 성분을 예측할 수 있다.
- <9> 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 모니터링 장치를 이용하면, 에어로졸 입자의 발생원이나, 생성기작을 예측할 수 있고, 구름형성을 위한 응축 핵에 대해 예측할 수 있다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <10> 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- <11> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 대기오염 모니터링 장치의 모식도이다.
- <12> 도 1을 참조하면, 상기 측정 장치는 크게 제1 입자분리기(Differential Mobility Analyzer)(120A), 과포화 조절기(Supersaturation Conditioner)(130), 상대습도 조절기(RH Conditioner)(140), 증발온도 조절기(Evaporator)(150), 검출기(Detector)(160), 제2 입자분리기(120B) 또는 입자계수기(Particle Counter)(170)등을 포함할 수 있다.
- <13> 상기 제1 입자 분리기(120A)는 에어로졸 입자(112)의 크기를 측정하고, 단일 크기별로 분리할 수 있다. 상기 에어로졸 입자(112)는 지구 표면에서 생기는 것으로는 연소에 의하여 생기는 연기, 바람에 의해 날아올라가는 먼지티끌, 화산의 연기가루, 꽃가루나 박테리아 등일 수 있고, 대기 중에 생기는 것으로는 구름이나 안개 입자, 우뢰나 번개에 의해 생기는 질소화합물, 항공기의 배기물 등일 수 있다.
- <14> 상기 제1 입자 분리기(120A)는 다분산된 에어로졸 입자(112)를 단일 크기의 에어로졸 입자(114A, 114B, 114C)로 분리할 수 있다.
- <15> 상기 제1 입자 분리기(120A)는 대입자 분리기(DMA, Differential Mobility Analyzer)(122A) 및 소입자 분리기(Nano-DMA, Nano Differential Mobility Analyzer)(124A)를 구비할 수 있다. 대입자와 소입자는 상대적 개념으로서, 상기 대입자 분리기(122A)는 상기 소입자 분리기(124A)에 비해 크기가 큰 입자를 분리할 수 있다.
- <16> 상기 대입자 분리기(122A)는 80nm 내지 300nm의 입자를 측정하고 분리할 수 있으며, 상기 소입자 분리기(124A)는 3nm 내지 80nm의 미세입자를 측정하고 분리할 수 있다. 이와 같이 입자 분리기들(120A)을 대입자 분리기(122A) 및 소입자 분리기(122B)와 같이 종류별로 구비하면, 다양한 크기 범위의 에어로졸 입자(112) 분리 및 측정이 가능하다.
- <17> 상기와 같이 단일 크기로 분리된 에어로졸 입자(114A, 114B, 114C)들은 과포화 조절기(130), 상대습도 조절기(140) 및 증발 조절기(150)를 통과하여 각각의 응축핵 수농도, 흡습성 또는 휘발성을 측정할 수 있다.
- <18> 만약, 상기 단일 크기의 에어로졸 입자(114A)를 과포화 조절기(130)에 통과시켜 응축핵 수농도를 측정하고자 할 경우, 상기 상대습도 조절기(140) 및 증발온도 조절기(150)의 각각에 연결된 밸브들(V2, V3)은 닫힌(off) 상태로 구비하고, 상기 과포화 조절기(130)에 연결된 밸브(V1)를 열린(on) 상태로 구비함으로써, 상기 단일 크기의 에어로졸 입자(114A)를 과포화 조절기(130)에 통과시킬 수 있다.
- <19> 상기 단일화된 에어로졸 입자(114A)가 과포화 조절기(130)를 통과하면, 상기 에어로졸 입자(114A)는 포화될 수 있으며, 포화된 상태의 에어로졸 입자(116A)는 검출기(160)를 통해 응축핵 수농도가 측정될 수 있다.
- <20> 검출기(160)는 레이저 다이오드(162), CCD 카메라(CCD Camera, Charged Coupled Device Camera)(164), 비디

오 디지털타이저(video digitizer)(166) 또는 구름 응축핵 검출기(CCN Detector, Cloud Condensation Nuclei Detector)(168)를 포함할 수 있다.

- <21> 레이저 다이오드(162)는 광원이며, 상기 전하 결합 소자 카메라(164)는 과포화된 에어로졸 입자(116A)를 촬영하여 이미지화한다. 비디오 디지털타이저(166)에서는 상기 이미지를 디지털 형식으로 변환하여 상기 이미지로부터 입자들의 크기를 계산하고, 구름 응축핵 검출기(168)에 의해 특정 크기 이상을 갖는 과포화된 에어로졸 입자(116A)의 응축핵 수농도를 측정한다. 응축핵은 예를 들어  $0.2\mu\text{m}$  크기 이상일 때를 말할 수 있다.
- <22> 한편, 상기 단일 크기의 에어로졸 입자(114B)를 상대습도 조절기(140)에 통과 시키고자 하는 경우, 과포화 조절기(130) 및 증발온도 조절기(150)에 연결된 밸브들(V1, V3)은 닫힌 상태로 구비하되, 상기 상대습도 조절기(140)의 밸브(V2)는 열린 상태로 구비할 수 있다.
- <23> 상기 단일 크기의 에어로졸 입자(114B)는 상대습도 조절기(140)를 통과함으로써 흡습 성장하게 되며, 흡습 성장된 에어로졸 입자(116B)는 제2 입자분리기(120B)를 통해 각각의 크기별로 분리될 수 있다.
- <24> 상기 제2 입자분리기(120B)는 상기 제1 입자분리기(120A)와 동일할 수 있다.
- <25> 상기 제2 입자분리기(120B)를 통과한 크기별 에어로졸 입자(116B)는 입자계수기(170)에 의해 개수가 측정될 수 있다. 상기 입자계수기(170)는 초미세 응축 입자 계수기(UCPC, Ultrafine Condensation Particle Counter)일 수 있다. 상기 초미세 응축 입자 계수기는 알코올의 기화과정에서 입자의 크기가 증가하는 원리를 이용하여 입자를 성장시킨 후 광학적으로 입자의 개수를 측정한다.
- <26> 또한, 상기 단일 크기의 에어로졸 입자(114C)를 증발온도 조절기(150)에 통과 시키고자 하는 경우, 상기 과포화 조절기(130) 및 상대습도 조절기(140)에 연결된 밸브들(V1, V2)은 닫힌 상태로 구비하되, 상기 증발온도 조절기(150)의 밸브(V3)는 열린 상태로 구비할 수 있다.
- <27> 상기 단일 크기의 에어로졸 입자(114C)는 상기 증발 온도 조절기(150)를 통과함으로써 휘발 수축하게 되며, 휘발 수축한 에어로졸 입자(116C)는 상기 제2 입자분리기(120B)를 통해 각각의 크기별로 에어로졸 입자가 분리되고 상기 입자계수기(170)에 의해 개수가 측정될 수 있다.
- <28> 이하, 과포화 조절기(130), 상대습도 조절기(140) 및 증발온도 조절기(150)에 대해 자세하게 설명하고자 한다.
- <29> 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 과포화 조절기의 개략도이다.
- <30> 도 2a를 참조하면, 과포화 조절기(130)는 제1 플레이트(Plate: 134) 및 제2 플레이트(136)를 포함할 수 있다. 상기 제1 플레이트(134) 및 제2 플레이트(136) 중의 어느 하나의 플레이트는 일정한 온도를 유지하고, 다른 하나의 플레이트는 온도를 변형시킨다. 따라서, 상기 과포화 조절기(130) 내부의 온도를 조절할 수 있다.
- <31> 상기 제1 플레이트(134) 및 제2 플레이트(136)는 물을 이용하여 젖은 상태로 유지하고, 두개의 플레이트들(134, 136) 사이의 벽을 따라 시스 에어(Sheath Air)(132)를 흘려보내 준다. 시스 에어(132)는 제1 플레이트(134) 및 제2 플레이트(136)사이의 공간을 충류로 만들어 좁으므로써 에어로졸 입자(114)의 유동을 용이하게 할 수 있다. 상기 플레이트들(134, 136)은 물을 투과시키는 멤브레인일 수 있다.
- <32> 상기 두 개의 플레이트들(134, 136) 가운데 에어로졸 입자(114)를 통과시키면, 상기 과포화 조절기(130) 내부의 온도에 따라 상기 에어로졸 입자(114)가 과포화될 수 있다.
- <33> 만약 상기 에어로졸 입자(114)가 구름 형성 응축핵으로 작용할 수 있는 경우에는 상기 에어로졸 입자(114)는 온도차에 의한 활성화가 가속화되어, 수십 마이크로미터 정도로 흡습 성장할 수 있다.
- <34> 상기와 같이 과포화된 에어로졸 입자(116A)는 도 1에서 상술한 바와 같이 검출기(160)를 이용하여 응축핵 수농도를 측정할 수 있다.
- <35> 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 상대습도 조절기의 개략도이다.
- <36> 도 2b를 참조하면, 상기 상대습도 조절기(140)는 막대형상의 습도 조절관(142)을 구비할 수 있다. 상기 습도 조절관(142)은 수증기를 선택적으로 통과시키는 멤브레인 튜브일 수 있다. 상기 멤브레인 튜브는 나피온(DuPont 사) 튜브(Nafion Tube)일 수 있다.
- <37> 상기 습도 조절관(142)의 상측은 단일 크기의 에어로졸 입자(114)가 유입되며, 상기 습도 조절관(142)의 하측은 성장한 에어로졸 입자(116B)가 배출된다.

- <38> 상기 습도 조절관(142)의 측벽면의 상부 및 하부에는 각각 유입구(144A) 및 배출구(144B)를 구비할 수 있다. 상기 유입구(144A)는 습윤 공기(146B)가 유입될 수 있는데, 상기 습윤 공기(146B)의 습도는 건조 공기(146A)와 혼합하여 조절될 수 있다. 상기 유입구(144A)를 통해 들어온 공기들(146A, 146B)은 습도 조절관(142) 측벽면의 내부, 즉, 습도 조절관(142)과 에어로졸 입자(114)의 사이에 흐르게 되며, 상기 공기들(146A, 146B)은 습도 조절관(142) 내부를 통과하여 배출구(144B)를 통해 빠져나가게 된다.
- <39> 상기 에어로졸 입자(114)는 습도 조절관(142)의 내부를 통과하면서 상기 공기들(146A, 146B)과 접촉하게 되며, 상기 에어로졸 입자(114)는 공기들(146A, 146B)에 의해 흡습 성장하게 된다.
- <40> 또한, 상기 성장한 에어로졸 입자(116B)가 배출되는 곳에는 상대습도를 측정하는 상대 습도 측정 장치(미도시)를 설치할 수 있다. 상기 상대 습도 측정 장치는 상대습도 센서(Relative Humidity Sensor, RH Sensor)일 수 있다. 상기 상대 습도 측정 장치(미도시)가 에어로졸 입자(114B)의 상대습도를 측정하고, 원하는 상태의 상대습도를 얻지 못할 때에는 상기 건조 공기(146A) 및 습윤 공기(146B)의 양을 조절하여 원하는 상태의 상대습도를 갖는 에어로졸 입자(116B)를 형성시킬 수 있다.
- <41> 상기 성장한 에어로졸 입자(116B)는 입자 계수기(170)에 의해 개수가 측정되어 상기 에어로졸 입자(116B)의 흡습성을 파악할 수 있다.
- <42> 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 증발온도 조절기의 개략도이다.
- <43> 도 2c를 참조하면, 상기 증발온도 조절기(150)는 막대 형태의 온도 조절관(152)을 구비한다. 상기 온도 조절관(152)의 내부를 통해 에어로졸 입자(114C)가 이동하며, 온도 조절관(152)의 바깥쪽은 열코일(154)이 구비되어 상기 온도 조절관(152)에 지속적인 열이 공급된다. 상기 온도 조절관(152)에 열이 가해짐으로서 상기 에어로졸 입자(114)는 간접적으로 열이 가해지며, 상기 에어로졸 입자(114)가 휘발되어 에어로졸 입자(114)는 휘발 수축하게 된다. 이때 휘발 수축한 에어로졸 입자(116C)는 입자 계수기(170)에 의해 개수가 측정되어, 상기 에어로졸 입자(116C)의 휘발성을 파악할 수 있다.
- <44> 상기 온도 조절관(152)의 내부에는 온도를 측정할 수 있는 센서(미도시)를 삽입할 수 있으며, 온도 측정 센서는 열전대(Thermocouple)일 수 있다.
- <45> 상기와 같은 에어로졸 입자(112)의 수농도, 흡습성 또는 휘발성 측정은 소정의 시간차에 따라 지속적으로 측정이 가능하며, 다양한 조건하에서 연속측정이 가능하다. 상기 소정의 시간차는 약 2분 정도일 수 있다.
- <46> 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 오염 모니터링 장치는 에어로졸 입자의 자체 크기 및 개수를 측정하는 것이 아니라, 에어로졸 입자들을 입자조건에 맞게 변형하여, 변형된 상태의 에어로졸 입자의 크기 및 개수를 측정한다.
- <47> 즉, 상기 에어로졸 입자들을 포화시킨 상태에서 응축핵 수농도를 측정하면, 구름으로 성장할 수 있는 입자인지를 파악할 수 있으며, 상기 에어로졸 입자들을 흡습 성장 및 휘발 수축한 상태에서 각각의 개수를 측정하면, 흡습 성장 및 휘발 수축한 에어로졸 입자의 화학적 성분을 예측할 수 있다.
- <48> 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 모니터링 장치를 이용하면, 에어로졸 입자의 발생원이나, 생성기작을 예측할 수 있고, 구름형성을 위한 응축 핵에 대해 예측할 수 있어, 대기 오염의 단순 모니터링뿐만 아니라 일기에 보에도 이용될 수 있다.
- <49> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수농도, 흡습성 및 휘발성 측정 과정을 나타내는 흐름도이다.
- <50> 도 3을 참조하면, 에어로졸 입자(도 2의 112)를 단일 크기로 제어하는 단계(S210), 상기 단일 크기로 제어된 에어로졸 입자를 과포화, 흡습 성장 또는 휘발 수축시키는 단계(S220) 및 상기 과포화, 흡습 성장 또는 휘발 수축된 에어로졸 입자의 응축핵 수농도, 흡습성 또는 휘발성을 측정하는 단계(S230)를 포함한다.
- <51> 에어로졸 입자(112)를 단일 크기로 제어하는 단계(S210)는 다분산되어 들어오는 에어로졸 입자들(112)을 제1 입자 분리기(120A)에 통과시킴으로서, 단일 크기의 에어로졸 입자(114A)를 획득할 수 있다.
- <52> 상기 단일 크기로 제어된 에어로졸 입자(114A)를 과포화, 흡습 성장 또는 휘발 수축시키는 단계(S220)는 상기 단일 크기로 제어된 에어로졸 입자(114A)를 과포화 조절기(130), 상대습도 조절기(140) 또는 증발온도 조절기(150)를 통과시켜 각각의 조건에 맞는 에어로졸 입자(116A, 116B, 116C) 상태로 형성시킬 수 있다.
- <53> 상기 단일 크기의 에어로졸 입자(114A)는 과포화 조절기(130)를 통과하면서, 포화 상태로 변화할 수 있다. 상기



과포화 조절기(130)는 제1 플레이트(134) 및 제2 플레이트(136)를 포함할 수 있으며, 상기 제1 플레이트(134) 및 제2 플레이트(136)은 물에 젖은 상태로 구비된다. 상기 단일 크기의 에어로졸 입자(114A)는 약 200nm로 구비될 수 있으며, 상기 에어로졸 입자(114A)를 과포화 조절기(130)를 통과하면, 약 0.1%~0.5% 상태로 과포화되어 수  $\mu\text{m}$  크기로 성장될 수 있다.

- <54> 또한, 상기 에어로졸 입자(114)는 상대습도 조절기(140)를 통과하면서, 입자의 흡습 성장이 이루어진다. 상기 상대습도 조절기(140)는 습도 조절관(142)을 포함하며, 상기 습도 조절관(142)의 내부에 습윤공기(146B)가 함께 유입될 수 있다. 상기 습윤 공기(146B)는 건조공기(146A)에 의해 습윤 상태가 조절될 수 있다.
- <55> 또한, 상기 에어로졸 입자(114)는 증발온도 조절기(150)를 통과하면서 입자휘발 수축을 발생시킬 수 있다. 상기 증발온도 조절기(150)는 온도 조절관(152)을 포함하며, 상기 온도 조절관(152)은 열코일(154)이 감싸고 있어, 지속적인 열 공급이 가능하다.
- <56> 상기 과포화, 성장 또는 수축된 에어로졸 입자(116A, 116B, 116C)의 수농도, 흡습성 또는 휘발성을 측정하는 단계(S230)는 과포화된 에어로졸 입자(116A)는 도 1에서 상술한 바와 같이 검출기(160)를 이용하여 응축핵 수농도를 측정할 수 있으며, 상기 흡습 성장 또는 휘발 수축된 에어로졸 입자(116B, 116C)는 입자 계수기(170)를 이용하여 개수가 측정될 수 있다.
- <57> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 에어로졸 입자들의 흡습성을 나타낸 그래프이다. 구체적으로, 에어로졸 입자들이 본 발명의 일 실시예에 따른 상대습도조절기를 통과한 후의 입자 크기에 따른 수농도를 나타낸 그래프이다.
- <58> 도 4를 참조하면, 오후 1시부터 5시까지 한 시간 간격으로 에어로졸 입자의 흡습성을 측정한 결과, 시간이 지남에 따라 전체적으로 수농도가 증가하였다. 이는 시간이 지남에 따라 에어로졸 입자가 수증기를 더 많이 흡수하여 더 크게 성장함을 나타내고, 시간이 지남에 따라 에어로졸 입자의 흡습성이 높아지는 것을 나타낸다.
- <59> 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 에어로졸 입자의 흡습성을 나타낸 그래프이다.
- <60> 도 5a를 참조하면, 에어로졸 입자의 수농도가 증가한 오후 3시부터 5시까지의 입자 성장에 따른 흡습성을 측정한 결과, 시간이 흐름에도 입자 성장은 뚜렷하게 나타나지 않았다.
- <61> 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 에어로졸 입자의 흡습성 및 휘발성을 나타낸 그래프이다.
- <62> 도 5b를 참조하면, 오전 중에 생성된 에어로졸 입자의 성장 및 수축 상태를 측정한 결과, 성장은 거의 일어나지 않았으며, 약간의 수축현상이 일어났다.
- <63> 일반적으로 에어로졸 입자에 물 또는 염분이 포함되어 있으면, 입자 성장이 일어난다. 따라서, 특정 지역에서 에어로졸 입자가 성장되면, 상기 에어로졸 입자들은 강이나 바다로부터 발생된 먼지라는 것을 예측할 수 있다.
- <64> 또한, 에어로졸 입자에 탄소가 포함되어 있으면, 입자 수축이 일어난다. 따라서, 특정 지역에서 에어로졸 입자가 감소되는 현상은 이 지역에 분포되어 있는 미세 먼지는 주위의 공장이나 자동차에서 연소되어 나오는 매연 또는 먼지임을 예측할 수 있다.
- <65> 즉, 도 5a 또는 도 5b에서 나타난 결과를 비교해보면, 오전에는 에어로졸 입자의 수축이 일어났으나, 오후에는 에어로졸 입자의 성장 및 수축이 발생되지 않았다. 이러한 결과는 오전에 비해 오후의 교통량이 감소했다는 것을 예측할 수 있다.
- <66> 상술한 바와 같이 본 발명의 모니터링 장치를 활용하면 에어로졸 입자의 연속적인 크기 변화 및 수농도를 실시간으로 모니터링할 수 있고, 나노입자의 생성부터 성장까지 모니터링 할 수 있어 대기 중의 나노입자의 생성 및 성장기작을 파악할 수 있다
- <67> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 흡습성 및 휘발성의 정확도를 알아보기 위한 그래프이다.
- <68> 도 6을 참조하면, 본 발명의 정확성 및 정밀도를 파악하기 위해 흡습성이 좋은 것으로 알려진 염화나트륨( $\text{NaCl}$ ) 입자를 활용하여 대기 오염 모니터링 장치의 신뢰도를 평가 하였다.
- <69> 대기 오염 모니터링 장치를 이용하여 상대습도(Relative Humidity)에 따른 에어로졸 입자의 크기변화 결과와 이론적인 흡수성을 나타내는 염화나트륨 입자의 상대습도별 크기변화를 비교해 본 결과, 상기 에어로졸 입자의 크기변화도와 염화나트륨 입자의 크기변화도가 일치하는 것을 알 수 있다. 이는 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 오염 모니터링 장치의 신뢰도가 높다는 것을 나타낸다.

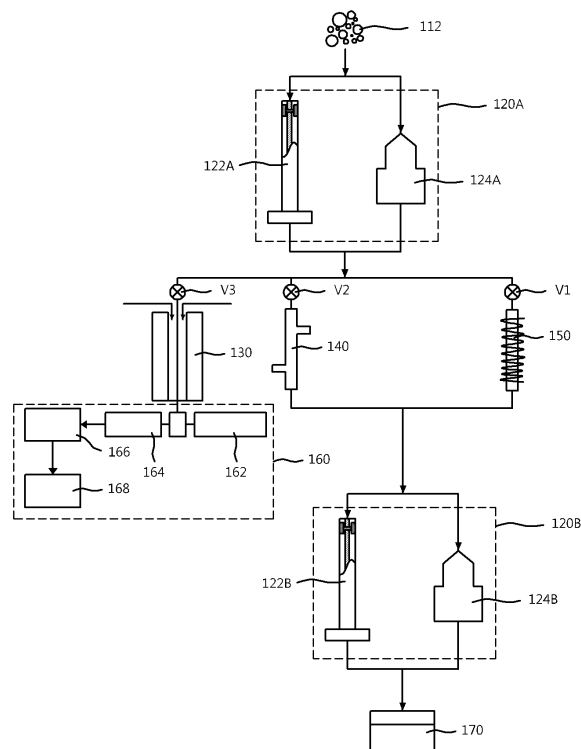
<70> 이상, 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 고안의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 고안을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- <71> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 대기오염 모니터링 장치의 모식도이다.
- <72> 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 과포화 조절기의 개략도이다.
- <73> 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 상대습도 조절기의 개략도이다.
- <74> 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 증발온도 조절기의 개략도이다.
- <75> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수농도, 흡습성 및 휘발성 측정 과정을 나타내는 흐름도이다.
- <76> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 에어로졸 입자들의 흡습성을 나타낸 그래프이다.
- <77> 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 에어로졸 입자의 흡습성을 나타낸 그래프이다.
- <78> 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 에어로졸 입자의 흡습성 및 휘발성을 나타낸 그래프이다.
- <79> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 흡습성 및 휘발성의 정확도를 알아보기 위한 그래프이다.
- <80> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- <81> 112: 에어로졸 입자                      120A: 제1 입자분리기
- <82> 120B: 제2 입자분리기                  130: 과포화 조절기
- <83> 140: 상대습도 조절기                  150: 증발온도 조절기
- <84> 160: 검출기                              170: 입자계수기

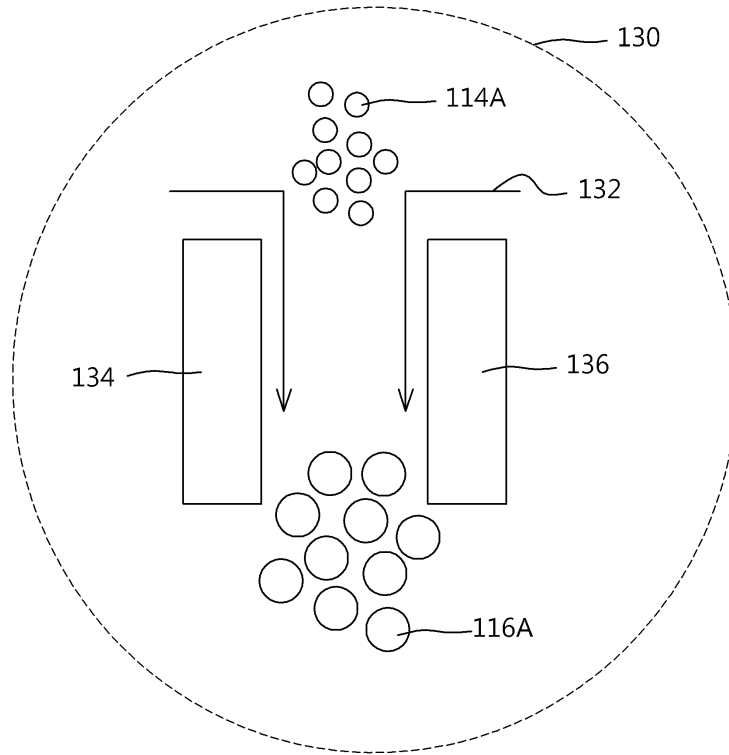
### 도면

#### 도면1

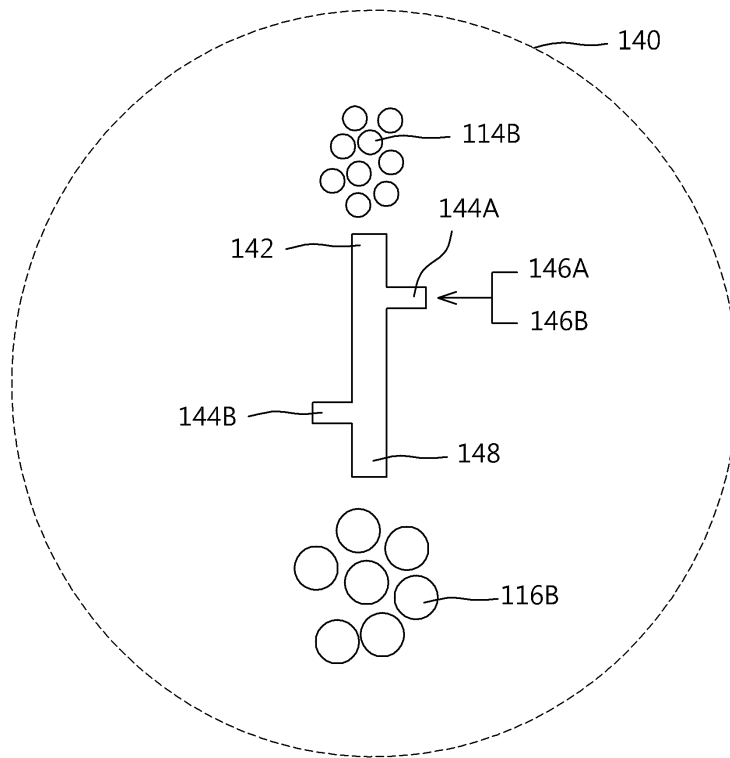




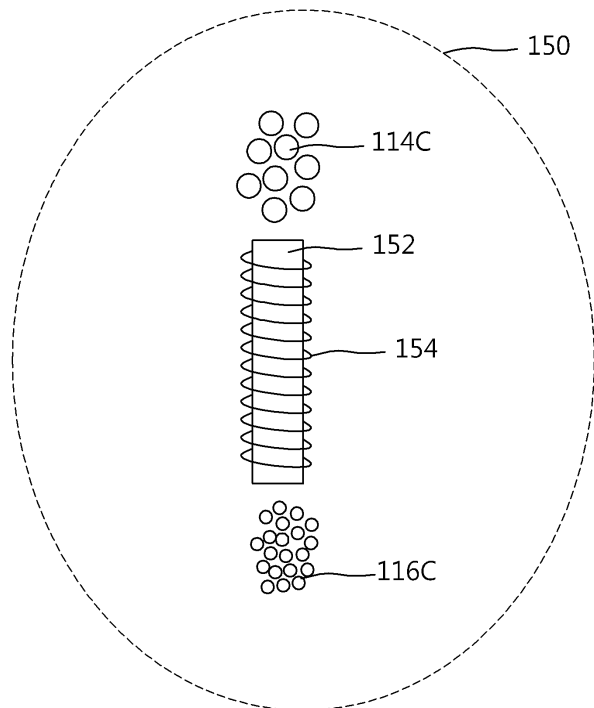
도면2a



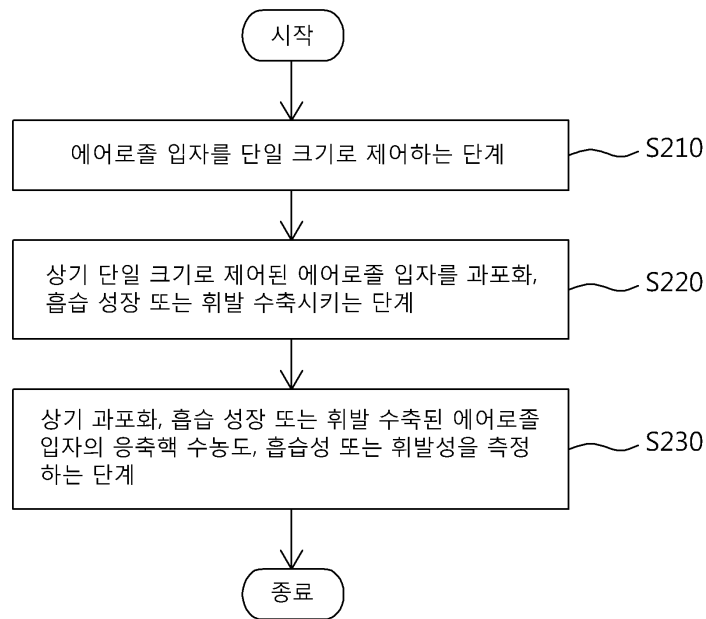
도면2b



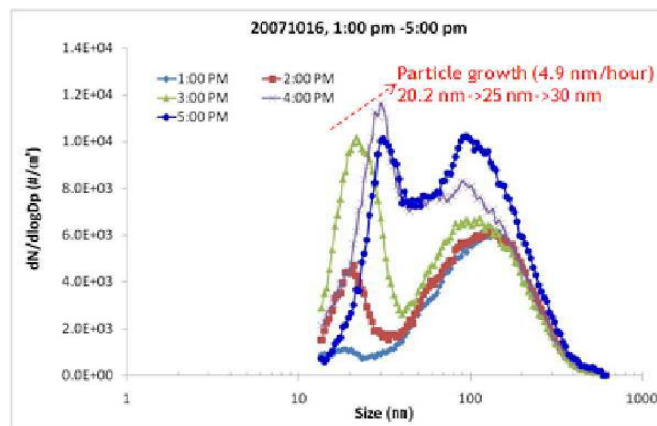
도면2c



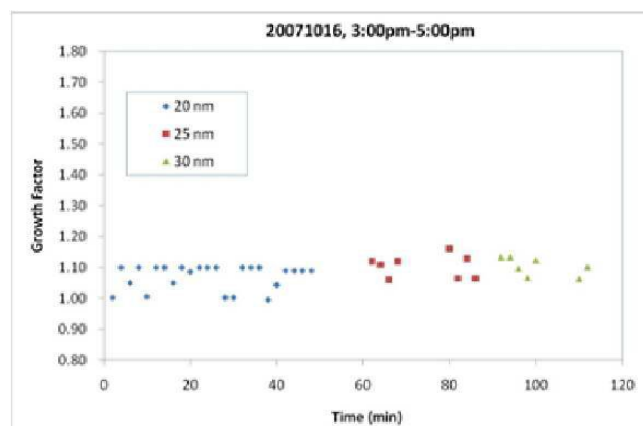
도면3



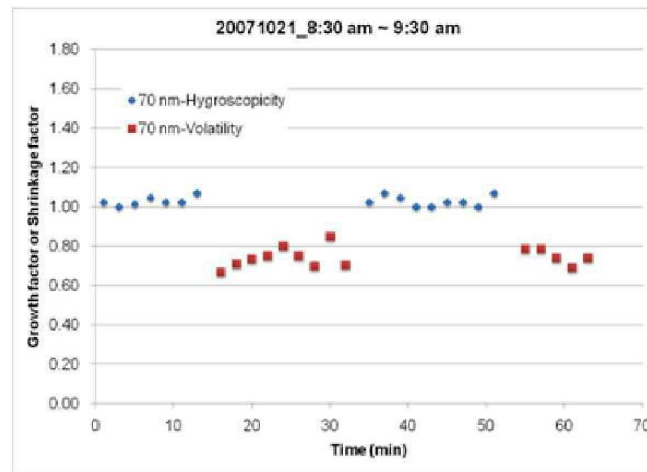
도면4



도면5a



도면5b



도면6

