



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0006155  
(43) 공개일자 2016년01월18일

(51) 국제특허분류(Int. C1.)

*G01N 15/00* (2006.01) *G01F 1/76* (2006.01)  
*G01N 15/02* (2006.01) *G01N 15/06* (2006.01)  
*G01N 21/03* (2006.01) *G01N 21/31* (2006.01)  
*G01N 21/49* (2006.01) *G01N 21/53* (2006.01)  
*G01N 21/59* (2006.01) *G10K 11/16* (2006.01)

(52) CPC특허분류

*G01N 15/00* (2013.01)  
*G01F 1/76* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-7018379

(22) 출원일자(국제) 2014년06월26일

심사청구일자 2015년07월09일

(85) 번역문제출일자 2015년07월09일

(86) 국제출원번호 PCT/CN2014/080854

(87) 국제공개번호 WO 2015/180227

국제공개일자 2015년12월03일

(30) 우선권주장

201410232392.4 2014년05월28일 중국(CN)

(71) 출원인

난징 유니버시티

중국, 210046 지양수, 난징, 치시아 디스트릭트,  
시엔리 애비뉴, 넘버 163

(72) 발명자

한 용

중국, 210046 지양수, 난징, 치시아 디스트릭트,  
시엔리 애비뉴, 넘버 163

(74) 대리인

이정현

전체 청구항 수 : 총 11 항

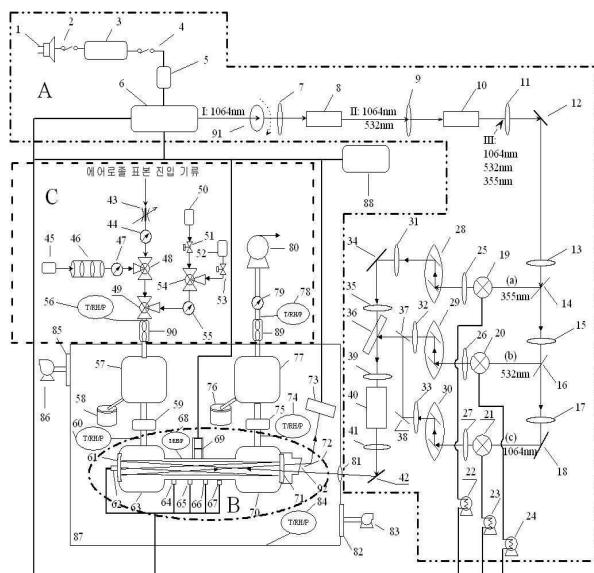
(54) 발명의 명칭 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치

### (57) 요 약

본 발명은 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치를 제시하였는 바, 광로장치, 검출장치와 공기회로장치를 포함하여 구성되며, 광로장치는 3가지 서로 다른 파장의 레이저를 제공하여 순서대로 검출장치에 진입하게 하며; 검출장치에는 복수의 다각도 광검출기를 설치하여 측정을 진행하기에 에어로졸 산란계수의 측정오차를 줄이며; 공

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



기회로장치는 표본진입유닛, 표본교정유닛과 표본방출유닛을 포함하고, 광로장치에서 전송되는 광원과 공기회로장치에서 전송되는 기류는 각각 검출장치의 광음향 셀에 진입하여 제어유닛에 의해 검출된다. 본 발명의 에어로졸 산란 흡수 측정장치는 다중 채널, 다각도, 풀사이즈로 에어로졸 입자의 산란 위상 함수와 흡수계수를 직접 측정하는 특징을 가지며, 에어로졸의 산란계수, 흡광 계수, 가시거리, 투광율, 단일 산란 반사율 등 광학변수를 동기적으로 취득할수 있는 기능이 있어 에어로졸의 각 광학변수의 통합 온라인 검출을 실현하며, 자동화수준이 높고, 안정성이 뛰어나다.

(52) CPC특허분류

*G01N 15/0205* (2013.01)

*G01N 15/0211* (2013.01)

*G01N 15/06* (2013.01)

*G01N 21/0303* (2013.01)

*G01N 21/31* (2013.01)

*G01N 21/49* (2013.01)

*G01N 21/532* (2013.01)

*G01N 21/59* (2013.01)

*G10K 11/16* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광로장치, 검출장치와 공기회로장치를 포함하여 구성되며, 상기 광로장치는 광원을 제공하며; 상기 검출장치는 제어유닛과 검출유닛을 포함하며; 상기 검출유닛은 광음향 셀, 제1장거리 다중반사경, 제2장거리 다중반사경, 4~10개의 광검출기, 온습도센서와 음성변환기를 포함하며, 여기서 상기 제1장거리 다중반사경과 제2장거리 다중반사경은 각각 상기 광음향 셀의 두끝에 위치하며; 상기 광검출기 중의 하나는 상기 검출장치의 외부에 설치하여 상기 검출유닛에서 사출되는 광원의 빛세기를 검출하며, 기타 상기 광검출기는 상기 광음향 셀의 내표면에 설치하여 다양한 각도의 에어로졸의 산란강도를 측정하며; 상기 온습도센서와 음성변환기는 각각 상기 광음향 셀의 내표면에 설치하며, 상기 음성변환기는 상기 광음향 셀의 장축과 수직되게 상기 광음향 셀의 가운데 설치하며; 상기 광검출기, 온습도센서와 음성변환기는 각각 상기 제어유닛과 연결하며; 상기 공기회로장치는 표본진입유닛, 표본교정유닛과 표본방출유닛을 포함하며, 여기서 상기 표본진입유닛과 표본방출유닛은 각각 상기 광음향 셀의 두끝과 연통되며; 상기 광로장치에서 전송되는 광원과 상기 공기회로장치에서 전송되는 기류는 각각 상기 검출장치의 광음향 셀에 진입하여 상기 제어유닛에 의해 검출되는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 광로장치는 순서대로 연결한 레이저 발광 유닛과 레이저 변조 유닛을 포함하며, 상기 레이저 발광 유닛은 레이저와 레이저 컨트롤러를 포함하며, 상기 레이저 발광 유닛은 기본 주파수 파장이 1064nm인 레이저를 발생하며; 상기 레이저 변조 유닛은 순서대로 연결한 주파수 배가 유닛, 주파수 분할 유닛과 광 커플링 유닛을 포함하며, 상기 레이저 변조 유닛은 파장이 1064nm인 기본 주파수 레이저를 파장이 각각 1064nm, 532nm와 355nm인 레이저로 변조하는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

#### 청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 주파수 배가 유닛은 순서대로 설치한 초퍼, 제1렌즈, 제1 LBO 3차 조화파 결정, 제2렌즈와 제2 LBO 3차 조화파 결정을 포함하며, 여기서 레이저 발광 유닛에서 발생하는 파장이 1064nm인 레이저는 초퍼를 통해 변조된 후, 순서대로 상기 제1렌즈와 제1 LBO 3차 조화파 결정을 통과하여 파장이 1064nm와 532nm인 레이저가 되며, 상기 파장이 1064nm와 532nm인 레이저는 순서대로 상기 제2렌즈와 제2 LBO 3차 조화파 결정을 통과하여 파장이 1064nm, 532nm와 355nm인 레이저로 변조되는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

#### 청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 주파수 분할 유닛은 제3렌즈, 제4렌즈, 제5렌즈, 제1분광기, 제2분광기, 제1조광기, 제2조광기와 제3조광기를 포함하며, 상기 주파수 배가 유닛에서 발생하는 레이저는 순서대로 상기 제3렌즈와 제1분광기를 통과하여 레이저가 상기 제1빔과 제2빔으로 분할되며, 여기서 제1빔은 제1조광기를 통과하여 파장이 355nm인 레이저를 얻으며; 상기 제2빔은 순서대로 상기 제4렌즈와 제2분광기를 통과하여 레이저가 상기 제3빔과 제4빔으로 분할되며, 여기서 상기 제3빔은 제2조광기를 통과하여 파장이 532nm인 레이저가 얻으며, 상기 제4빔은 순서대로 상기 제5렌즈와 제2조광기를 통과하여 파장이 1064nm인 레이저를 얻는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

#### 청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 광 커플링 유닛은 제6렌즈, 제7렌즈, 제8렌즈, 제9렌즈, 제10렌즈, 제11렌즈, 제12렌즈, 제13렌즈, 제1콤

팩트 렌즈, 제2콤팩트 렌즈, 제3콤팩트 렌즈, 광 커플러와 콜리메이터를 포함하며, 여기서 상기 광로장치에서 전송되는 파장이 355nm인 레이저는 순서대로 상기 제6렌즈, 제1콤팩트 렌즈, 제7렌즈를 통과한 후에 상기 광 커플러에 진입하며; 상기 광로장치에서 전송되는 파장이 532nm인 레이저는 순서대로 상기 제8렌즈, 제2콤팩트 렌즈, 제9렌즈를 통과한 후에 상기 광 커플러에 진입하며; 상기 광로장치에서 전송되는 파장이 1064nm인 레이저는 순서대로 상기 제10렌즈, 제3콤팩트 렌즈, 제11렌즈를 통과한 후에 상기 광 커플러에 진입하는데, 세가지 광장의 레이저는 순서대로 상기 광 커플러에 진입 후에 순서대로 상기 제12렌즈를 통과하여 콜리메이터에 진입하고, 제일 마지막에 상기 제13렌즈를 통과하여 상기 검출장치에 진입하는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

#### 청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 광음향 셀 표면에 위치하는 광검출기의 수량은 5개이며, 각각 제1광검출기, 제2광검출기, 제3광검출기, 제4광검출기와 제5광검출기로서, 여기서 상기 제1광검출기의 검출각도는  $3^{\circ}$  와  $177^{\circ}$  이고; 상기 제2광검출기의 검출각도는  $33^{\circ}$  와  $147^{\circ}$  이고; 상기 제3광검출기의 검출각은  $90^{\circ}$  이고; 상기 제4광검출기의 검출각은  $1^{\circ}$  내지  $179^{\circ}$  이고; 상기 제5광검출기의 검출각은  $55^{\circ}$  와  $125^{\circ}$ 이며; 5개의 상기 광검출기를 검출각도에 따라 상기 광음향 셀의 내표면에 설치하는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

#### 청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 표본진입유닛은 순서대로 연결한 에어로졸 임팩터, 유량계, 삼방 밸브와 질량 유량계를 포함하며, 상기 에어로졸 표본 진입 기류는 먼저 에어로졸 임팩터와 유량계를 통과한 후 계속하여 상기 삼방 밸브와 질량 유량계를 통과하여 상기 검출장치에 진입하며, 여기에서 상기 삼방 밸브와 상기 질량 유량계 사이에는 온습도센서가 설치되는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

#### 청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 표본교정유닛은 제로가스 발생기, 제1기준 소스 가스와 제2기준 소스 가스를 포함하며, 여기에서 상기 제로가스 발생기에서 발생하는 제로가스, 상기 제1기준 소스 가스에서 전송되는 제1기준 가스와 상기 제2기준 소스 가스에서 전송되는 제2기준 가스가 각각 질량 유량계를 통과하여 상기 검출유닛에 진입하는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

#### 청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 표본방출유닛은 순서대로 연결되는 질량 유량계, 유량계와 펌프를 포함하며, 검출유닛을 통과하는 기류는 순서대로 상기 질량 유량계와 유량계를 통과한 후에 상기 펌프의 당김에 의해 상기 검출유닛에서 방출되며, 여기에서 상기 질량 유량계와 유량계 사이에는 온습도센서가 설치되는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

#### 청구항 10

제 1항에 있어서,

온도제어유닛이 설치되며, 상기 온도제어유닛은 이중 스테인레스 스틸 캐비닛, 반도체 냉각기, 열교환 펜과 온습도센서를 포함하며, 여기에서 상기 이중 스테인레스 스틸 캐비닛은 상기 검출장치의 외면에 카버되고; 상기 반도체 냉각기, 열교환 펜과 온습도센서는 각각 상기 이중 스테인레스 스틸 캐비닛의 표면에 설치되며; 상기 이중 스테인레스 스틸 캐비닛의 일측에는 원도가 설치되어 상기 광로장치에서 전송되는 광원이 상기 검출장치에 진입하게 하며; 상기 온습도센서가 검출한 데이터는 상기 제어장치에 전송되고, 상기 제어장치는 수신받은 데이터에 따라 반도체 냉각기와 열교환 펜을 작동시켜 상기 이중 스테인레스 스틸 캐비닛 내부의 온도 제어 여부를 결정하는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

## 청구항 11

제 1항에 있어서,

흡기방음장치와 배기방음장치가 설치되며, 여기에서 상기 흡기방음장치는 순서대로 연결한 제1버퍼, 제1음향 필터와 제2버퍼를 포함하며, 여기에서 상기 제1버퍼는 표본진입유닛의 출구측에 설치하여 제1물받이와 연결되며, 상기 제2버퍼는 상기 광음향 셀의 한 측으로 구성되며; 상기 배기방음장치는 순서대로 연결한 제3버퍼, 제2음향 필터와 제4버퍼를 포함하며, 여기에서 상기 제3버퍼는 표본방출유닛의 입구측에 설치되어 제2물받이와 연결되며, 상기 제4버퍼는 상기 광음향 셀의 다른 한 측으로 구성되는 것을 특징으로 하는 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 대기 에어로졸 흡수계수 측정장치에 관한 것으로, 구체적으로 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 대기 에어로졸은 기체와 중력장에서 일정한 안정성을 가지고 침강속도가 느린 입자로 구성된 혼합계의 물질로서, 대기중에 부유하고 있는 직경이  $0.001\sim100\mu\text{m}$ 인 액체와 고체상태의 작은 입자를 가리키는데, 대기환경에서 구성이 복잡하고 위해가 비교적 큰 오염물질중의 하나이다. 대기 에너지 균형의 관점에서 보면, 에어로졸은 자외선, 가시광선의 주파수대역에서 복사전달에 영향을 미친다. 에어로졸의 광학효과로 인해, 해당 지역의 대기층이 가열되어 지구표면에 도달하는 태양복사가 감소되고, 지면의 증발이 영향을 받게 되며, 물순환도 개변되는데, 이는 에어로졸의 직접효과이다. 또한, 에어로졸은 구름 응결핵 역할을 하는데, 대량의 에어로졸 입자는 구름 방울의 수농도를 증가시키고 구름 방울의 평균반경을 축소하여 강수와 구름양을 감소시키고 구름의 복사특성에 영향을 미칠수 있는데, 이는 에어로졸의 간접효과이다. 이러한 상황은 지구 대기권 시스템의 에너지 균형을 개변하여 인류가 생존하는 기후환경조건에 영향을 주게 된다. 따라서, 에어로졸의 직접효과와 간접효과에 대한 연구는 대기과학중의 기초과학문제이다.

[0003] 현재, 중국은 대기탐측분야에서 에어로졸의 산란 위상 함수와 광흡수 등 광학변수에 의한 일상관측이 아직 진행되지 않고 있으며, 학계에서 에어로졸의 산란과 흡수 특성에 대한 과학적인 관측이 전전하지 못하며, 에어로졸의 각종 광학특성(에어로졸 산란계수, 흡수계수, 산란 위상 함수, 흡광 계수, 투광율, 가시거리, 단일 산란 반사율)에 대한 측정을 동기적으로 실현할수 없고, 에어로졸의 산란 위상 함수와 단일 산란 반사율을 직접 측정할 수 있는 과학기기가 부족하다. 기존에 캐비티 링-다운 분광법을 이용하여 측정하는 에어로졸 산란계수와 흡수계수는 흡광 계수와 산란계수의 측정을 통해 에어로졸 흡수계수를 확인하는 것으로, 이런 방법에 따른 에어로졸 흡수계수의 측정은 간접적이며, 게다가 해당 방법은 에어로졸 산란 위상 함수의 직접 측정 결과를 제공할 수 없다. 또한, 기존의 산란계수 측정은 축 근처 작은 각도에서의 광산란 강도의 직접 측정 결과(예를 들어, 통합 비탁계)가 부족하며, 축 근처 전방 및 후방 산란측정이 부족하기에 에어로졸 산란계수의 측정에 비교적 큰 오차가 존재한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 상기와 같은 기존의 기술에 존재하는 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 다양한 환경에서 여러 채널의 에어로졸의 산란계수와 흡수계수를 동기적으로 취득할수 있고, 산란 위상 함수, 흡광 계수, 가시거리, 투광율, 단일 산란 반사율 등 에어로졸 광학변수의 실시간 통합 온라인 측정을 실현하며, 자동화수준이 높고 안정성이 탁월한 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 상기와 같은 목적을 실현하기 위해, 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치는 광로장치, 검출장치와 공기회로장치를 포함하여 구성되며, 상기 광로장치는 광원을 제공하며; 상기 검출장치는 제어유닛과 검출유닛을 포함하며; 상기 검출유닛은 광음향 셀, 제1장거리 다중반사경, 제2장거리 다중반사경, 6개의 광검출기, 온습도

센서와 음성변환기를 포함하며, 여기서 상기 제1장거리 다중반사경과 제2장거리 다중반사경은 각각 상기 광음향 셀의 두끝에 위치하며, 상기 제1장거리 다중반사경과 제2장거리 다중반사경의 반사원리는Herrriott형 광학 장거리 셀과 동일하며, 반사한 결과 광로가 두개의 장거리 다중반사경사이에 중공의 원통형 형태의 범을 형성하며, 더 나아가 상기 두개의 장거리 다중반사경사이에 하나의 공동을 형성하며, 상기 광음향 셀은 상기 두개 장거리 다중반사경을 카버하여 검출챔버를 형성하며; 상기 광검출기 중의 하나는 검출장치의 외부에 설치하여 검출유닛에서 사출되는 광원의 빛세기를 검출하며, 기타 광검출기는 상기 광음향 셀의 표면에 설치하여 다양한 각도의 에어로졸의 산란강도를 측정하며; 상기 온습도센서와 음성변환기는 각각 상기 광음향 셀의 내표면에 설치하며, 상기 음성변환기는 상기 광음향 셀의 장축과 수직되게 상기 광음향 셀의 가운데 설치하며, 상기 광검출기, 온습도센서와 음성변환기는 각각 상기 제어유닛과 연결하며; 상기 공기회로장치는 표본진입유닛, 표본교정유닛과 표본방출유닛을 포함하며, 여기서 상기 표본진입유닛과 표본방출유닛은 각각 상기 광음향 셀의 두끝과 연통되며; 상기 광로장치에서 전송되는 광원과 공기회로장치에서 전송되는 기류는 각각 상기 검출장치의 광음향 셀에 진입하여 상기 제어유닛에 의해 검출된다. 상기 광음향 셀의 검출원리는 빛이 에어로졸 입자에 조사될 때, 입자가 광에너지를 흡수하여 음압을 발생하기에 광과 음성이 서로 변환되며, 또한 광음향 분광법으로 측정한 것이 표본이 광에너지를 흡수하여 발생하는 음압의 크기이기에, 반사광과 산란광이 측정에 대한 방해가 비교적 작으며, 게다가 장거리의 상기 제1장거리 다중반사경과 제2장거리 다중반사경을 상기 광음향 셀에 삽입하여 음압 변환기의 검출신호를 대폭 강화하여 투광율의 측정을 쉽게 실현할 수 있게 하였으며, 상기 음압 변환기, 즉 마이크는 에어로졸 흡수계수를 직접 측정하는 검출센서이다. 그중, 상기 온습도센서는 온도, 압력과 습도를 통합측정하는 센서이지만, 해당 온습도센서는 별도로 온도센서, 압력센서와 습도센서를 사용하여 대체할 수도 있다.

[0006] 바람직하게는, 상기 광로장치는 순서대로 연결한 레이저 발광 유닛과 레이저 변조 유닛을 포함하며, 상기 레이저 발광 유닛은 레이저와 레이저 컨트롤러를 포함하며, 상기 레이저 발광 유닛은 기본 주파수 파장이 1064nm인 레이저를 발생하며; 상기 레이저 변조 유닛은 순서대로 연결한 주파수 배가 유닛, 주파수 분할 유닛과 광 커플링 유닛을 포함하며, 상기 레이저 변조 유닛은 파장이 1064nm인 기본 주파수 레이저를 파장이 각각 1064nm, 532nm와 355nm인 레이저로 변조하는 동시에 순서대로 상기 검출장치에 진입한다. 상기 3가지 파장의 레이저는 현재 대기 에어로졸의 기지와 우주 탑재 레이저 레이더의 탐측에 흔히 사용되는 파장으로서, 근적외선 파장대역 1064nm, 가시광선 파장대역532nm과 자외선 파장대역355nm을 가로지르며, 상기 세가지 파장을 선택하면 향후의 대기탐측에서 더욱 광범위하게 응용하는데 유리하다. 이와 동시에, 본 발명의 상기 광로장치에서 전송되는 광원은 복수의 단일 파장 레이저를 통해 제공될 수도 있는데, 예를 들어 상기 3개의 단일 파장 레이저를 이용하여 파장이 870nm, 405nm과 781nm인 레이저를 각각 제공할 수 있고, 수요에 따라 단일 파장의 레이저만 선택할 수도 있는데, 예를 들어 1064nm인 기본 주파수 파장만 측정할 때에는 주파수 분할과 주파수 배가의 필요가 없이, 오직 1064nm파장에서의 에어로졸 광학특성만 측정한다. 본 발명의 바람직한 실시예에서는 주파수 배가 크리스탈을 사용하여 파장이 1064nm인 레이저를 파장이 1064nm, 532nm와 355nm인 레이저로 분할하여 다중 채널 측정의 목적을 실현한다.

[0007] 여기서, 상기 레이저 변조 유닛은 순서대로 연결한 주파수 배가 유닛, 주파수 분할 유닛과 광 커플링 유닛을 포함한다.

[0008] 구체적으로, 상기 주파수 배가 유닛은 순서대로 설치한 초퍼, 제1렌즈, 제1 LBO 3차 조화파 결정, 제2렌즈와 제2 LBO 3차 조화파 결정을 포함하며, 여기서 상기 레이저 발광 유닛에서 발생하는 파장이 1064nm인 레이저는 초퍼를 통해 변조된 후, 순서대로 상기 제1렌즈와 제1 LBO 3차 조화파 결정을 통과하여 파장이 1064nm와 532nm인 레이저가 되며, 상기 파장이 1064nm와 532nm인 레이저는 순서대로 상기 제2렌즈와 제2 LBO 3차 조화파 결정을 통과하여 파장이 1064nm, 532nm와 355nm인 레이저로 변조된다. 여기서 사용하는 LBO 3차 조화파 결정은 3차 조화파 결정인 LiB305인데, 기본 주파수 레이저가 파장이 1064nm인 레이저를 출력하게 하여 파장이 1064, 532와 355nm인 3가지 파장을 얻으며, 투광 주파수 대역이 넓고, 손상 임계치와 수광각이 크며, 상기 LBO 3차 조화파 결정표면에 반사 방지 코팅(반사 방지막)이 있다.

[0009] 상기 주파수 분할 유닛은 제3렌즈, 제4렌즈, 제5렌즈, 제1분광기, 제2분광기, 제1조광기, 제2조광기와 제3조광기를 포함하며, 상기 주파수 배가 유닛에서 발생하는 레이저는 먼저 순서대로 상기 제1렌즈와 제1분광기를 통과하여 레이저가 제1빔과 제2빔으로 분할되며, 여기서 상기 제1빔은 상기 제1조광기를 통과하여 파장이 355nm인 레이저를 얻으며; 제2빔은 순서대로 상기 제4렌즈와 제2분광기를 통과하여 레이저가 제3빔과 제4빔으로 분할되며, 여기서 상기 제3빔은 상기 제2조광기를 통과하여 파장이 532nm인 레이저를 얻으며, 상기 제4빔은 순서대로 상기 제5렌즈와 제3조광기를 통과하여 파장이 1064nm인 레이저를 얻는다.

[0010] 상기 광 커플링 유닛은 제6렌즈, 제7렌즈, 제8렌즈, 제9렌즈, 제10렌즈, 제11렌즈, 제12렌즈, 제13렌즈, 제1콤

팩트 렌즈, 제2콤팩트 렌즈, 제3콤팩트 렌즈, 광 커플러와 콜리메이터를 포함하며, 여기서 상기 광로장치에서 발광하는 파장이 355nm인 레이저는 순서대로 상기 제6렌즈, 제1콤팩트 렌즈, 제7렌즈를 통과한 후에 상기 광 커플러에 진입하며; 상기 광로장치에서 전송되는 파장이 532nm인 레이저는 순서대로 상기 제8렌즈, 제2콤팩트 렌즈, 제9렌즈를 통과한 후에 상기 광 커플러에 진입하며; 상기 광로장치에서 전송되는 파장이 1064nm인 레이저는 순서대로 상기 제10렌즈, 제3콤팩트 렌즈, 제11렌즈를 통과한 후에 상기 광 커플러에 진입하는데, 세가지 광장의 레이저는 순서대로 상기 광 커플러에 진입 후에 순서대로 상기 제12렌즈를 통과하여 상기 콜리메이터에 진입하고, 제일 마지막에 상기 제13렌즈를 통과하여 상기 검출장치에 진입한다. 바람직하게는, 상기 광음향 셀 표면에 위치하는 상기 광검출기의 수량은 5개이며, 각각 제1광검출기, 제2광검출기, 제3광검출기, 제4광검출기와 제5광검출기로서, 여기서 상기 제1광검출기의 검출각도는  $3^{\circ}$  와  $177^{\circ}$  이고; 상기 제2광검출기의 검출각도는  $33^{\circ}$  와  $147^{\circ}$  이고; 상기 제3광검출기의 검출각은  $90^{\circ}$  이고; 상기 제4광검출기의 검출각은  $1^{\circ}$  내지  $179^{\circ}$  이고; 상기 제5광검출기의 검출각은  $55^{\circ}$  와  $125^{\circ}$ 이며, 5개의 상기 광검출기를 검출각도에 따라 상기 광음향 셀의 내표면에 설치한다. 에어로졸 산란 위상 함수 측정의 정확성을 위해 적어도 4개의 상기 광검출기를 설치해야 하며, 공간이 허용되는 상황에서 수량을 적당히 증가할수 있다. 다만, 수량이 많을 수록 좋은 것이 아니며, 상기 광검출기의 수량이 너무 많으면 검출챔버의 고유 주파수를 개변하기에 오히려 정확성이 떨어지며, 수량은 4~10개가 바람직하다.

[0011] 상기 표본진입유닛은 순서대로 연결한 에어로졸 임팩터, 유량계, 삼방 밸브와 질량 유량계를 포함하며, 상기 에어로졸 표본 진입 기류는 먼저 상기 에어로졸 임팩터와 유량계를 통과한후 계속하여 상기 삼방 밸브와 질량 유량계를 통과하여 상기 검출장치에 진입하며, 그중 상기 삼방 밸브와 상기 질량 유량계 사이에는 온습도센서가 설치된다.

[0012] 상기 표본교정유닛은 제로가스 발생기, 제1기준 소스 가스와 제2기준 소스 가스를 포함하며, 그중 상기 제로가스 발생기에서 발생하는 제로가스, 상기 제1기준 소스 가스에서 전송되는 제1기준 가스와 상기 제2기준 소스 가스에서 전송되는 제2기준 가스가 각각 상기 질량 유량계를 통과하여 상기 검출유닛에 진입한다.

[0013] 상기 표본방출유닛은 순서대로 연결되는 질량 유량계, 유량계와 펌프를 포함하며, 상기 검출유닛을 통과하는 기류는 순서대로 상기 질량 유량계와 유량계를 통과한 후에 펌프의 당김에 의해 상기 검출유닛에서 방출되며, 그중 상기 질량 유량계와 유량계 사이에는 온습도센서가 설치된다.

[0014] 상기 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치에는 온도제어유닛이 설치되는데, 상기 온도제어유닛은 이중 스테인레스 스틸 캐비닛, 반도체 냉각기, 열교환 팬과 온습도센서를 포함하며, 그중 상기 이중 스테인레스 스틸 캐비닛은 상기 검출장치의 외면에 카버되고; 상기 반도체 냉각기, 열교환 팬과 온습도센서는 각각 상기 이중 스테인레스 스틸 캐비닛의 표면에 설치되며; 상기 이중 스테인레스 스틸 캐비닛의 일측에는 윈도가 설치되어 광로장치에서 전송되는 광원이 상기 검출장치에 진입하게 하며; 상기 온습도센서가 검출한 데이터는 제어장치에 전송되고, 상기 제어장치는 수신받은 데이터에 따라 반도체 냉각기와 열교환 팬을 작동시켜 상기 이중 스테인레스 스틸 캐비닛 내부의 온도 제어 여부를 결정한다.

[0015] 상기 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치는 흡기방음장치와 배기방음장치가 설치되며, 그중 상기 흡기방음장치는 순서대로 연결한 제1버퍼, 제1음향 필터와 제2버퍼를 포함하며, 그중 상기 제1버퍼는 표본진입유닛의 출구측에 설치하여 제1물받이와 연결되며, 상기 제2버퍼는 상기 광음향 셀의 한 측으로 구성되며; 상기 배기방음장치는 순서대로 연결한 제3버퍼, 제2음향 필터와 제4버퍼를 포함하며, 그중 상기 제3버퍼는 표본방출유닛의 입구측에 설치되어 제2물받이와 연결되며, 상기 제4버퍼는 상기 광음향 셀의 다른 한 측으로 구성된다.

[0016] 본 발명에서 각각의 렌즈는 레이저가 매번 결정체 또는 광로를 통과하여 변환후에 다음 단계에 도달할때 분산을 해제하고 광로를 최대한 비밍방식으로 다음 단계에 진입하게 하기 위해 설치하는 것이며, 그 효과를 한층 제고하기 위해 각각의 렌즈에 대해 반사 방지막을 증착하여 투광율이 99.9%이상 되게 한다. 렌즈의 재질은 플라스틱 렌즈와 유리 렌즈가 가능하며, 원가를 절감하기 위해 플라스틱 렌즈를 선택할수 있다. 또한, 공간을 많이 차지하는 소자의 설치수요를 만족하기 위해, 시스템에 전반사 미리와 렌즈를 설치하여 광로의 전파방향을 개변할수 있다.

### 발명의 효과

[0017] 기존의 기술과 비교하면, 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치는 에어로졸의 산란 위상 함수와 흡수계수를 직접 측정할수 있을 뿐만 아니라, 에어로졸 산란 위상 함수와 흡수계수에 대한 다중 채널(3개 파장), 각각, 풀사이즈( $0.001\sim100\mu\text{m}$ )의 광음향 분광 동기 온라인 직접 측정을 실현하였으며, 에어로졸 입자의 전체

산란공간에서의 강도분포를 전면 포괄하고, 에어로졸 산란 위상 함수와 흡수계수를 정확히 취득하는 기초위에 에어로졸 산란계수, 흡광 계수, 투광율, 가시거리, 단일 산란 반사율을 정확히 취득할수 있어 에어로졸의 각 광학특성에 대한 동기 통합 취득을 실현하였다.

### 도면의 간단한 설명

[0018] 도1은 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치의 구조도이다.

도2는 광검출기의 설치부위 단면도와 국부 단면도이다.

도3은 산란 위상 함수와 흡수계수 측정챔버의 단면도 및 음압강도분포를 표시한 도면이다.

도4는 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치가 파장이 532nm일때 서로 다른 유효반경에서의 에어로졸 입자의 산란 위상 함수 분포도이며, 도4(a), (b), (c)와 (d)는 각각 에어로졸 입자의 유효반경이 0.18  $\mu\text{m}$ , 0.44  $\mu\text{m}$ , 0.60  $\mu\text{m}$ 과 0.74  $\mu\text{m}$ 일때 에어로졸 입자의 산란 위상 함수를 표시한 도면이다.

도5는 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치가 파장이 355nm, 532nm와 1064nm인 3개 채널에서 에어로졸산란계수의 상대습도에 따른 변화를 나타낸 도면이다.

도6은 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치가 파장이 355nm, 532nm와 1064nm인 3개 채널에서 에어로졸 흡수계수의 상대습도에 따른 변화를 나타낸 도면이다.

도7은 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치가 파장이 355nm, 532nm와 1064nm인 3개 채널에서 에어로졸 단일 산란 반사율의 상대습도에 따른 변화를 나타낸 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 본 발명의 실시예를 결부하여 본 발명에 대해 상세히 설명하기로 한다. 다만, 본 발명의 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 발명의 실시예에서 기재한 내용이 본 발명을 설명하기 위한 것일 뿐, 본 발명을 한정하는 것이 아님을 명백이 알수 있을 것이다.

[0020] 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치는 주로 광로장치(A), 검출장치(B), 공기회로장치(C), 온도제어유닛, 흡기방음장치와 배기방음장치를 포함한다.

[0021] 광로장치는 순서대로 연결한 레이저 발광 유닛과 레이저 변조 유닛을 포함한다. 그중, 도1에서 도시한 바와 같이, 레이저 발광 유닛은 순서대로 연결한 전원공급장치(1), 변환스위치(2), 전압조정기(3), 변환스위치(4), 레이저의 컨트롤러(5)와 레이저(6)를 포함하며, 변환스위치(2)를 연결하면 전압조정기(3)에 전원을 공급하며, 변환스위치(4)를 연결하면 레이저의 컨트롤러(5)를 통해 레이저(6)를 제어하여 기본 주파수 파장이 1064nm인 레이저를 출력한다. 전압조정기(3)는 레이저의 공급전압을 보증하기 위한 것이다.

[0022] 레이저 변조 유닛은 순서대로 연결한 주파수 배가 유닛, 주파수 분할 유닛과 광 커플링 유닛을 포함하며, 그중 주파수 배가 유닛은 순서대로 설치한 초퍼(91), 제1렌즈(7), 제1 LBO 3차 조화파 결정(8), 제2렌즈(9)와 제2 LBO 3차 조화파 결정(10)을 포함한다. 여기서 사용하는 LBO 3차 조화파 결정은 3차 조화파 결정인 LiB305인데, 기본 주파수 레이저가 파장이 1064nm인 레이저파장을 출력하게 하여 파장이 1064, 532와 355nm인 3가지 파장을 얻을 수 있으며, 투과 주파수 대역이 넓고 손상 임계치와 수광각이 크며, LBO 3차 조화파 결정의 표면에 반사방지 코팅(반사 방지막)이 설치된다. 그중, 레이저 발광 유닛에서 발광되는 파장이 1064 nm인 기본 주파수 레이저는 초퍼(91)를 통과하여 1500Hz의 고주파로 변조되어 요구에 부합되는 안정한 기본 주파수 파장이 1064nm인 레이저를 출력하게 하며, 그런 다음에 순서대로 제1렌즈(7)와 제1 LBO 3차 조화파 결정(8)을 통과하여 파장이 1064nm과 532nm인 레이저로 변조되며, 파장이 1064nm와 532nm인 레이저는 순서대로 제2렌즈(9)와 제2 LBO 3차 조화파 결정(10)을 통과하여 파장이 1064nm, 532nm와 355nm인 레이저로 변조된다. 또한, 주파수 배가 유닛과 주파수 분할 유닛사이에 하나의 제14렌즈(11)와 제1전반사 미러(12)를 설치하며, 렌즈는 레이저가 매번 LBO 3차 조화파 결정 또는 광로를 통해 변환된후에 다음 단계에 진입할때 분산을 해제하고 광로가 최대한 비밍방식으로 다음단계에 진입하게 하기 위해 설치하며, 전반사 미러는 시스템의 광로의 방향을 개변하는데 사용된다.

[0023] 주파수 분할 유닛은 제3렌즈(13), 제4렌즈(15), 제5렌즈(17), 제1분광기(14), 제2분광기(16), 제1조광기(19), 제2조광기(20)와 제3조광기(21)를 포함하며, 주파수 배가 유닛에서 전송되는 레이저는 먼저 순서대로 제3렌즈(13)와 제1분광기(14)를 통과하여 레이저가 제1빔과 제2빔으로 분할되며, 그중 제1빔은 제1조광기(19)를 통과하여 파장이 355nm인 레이저를 얻고; 제2빔은 순서대로 제4렌즈(15)와 제2분광기(16)를 통과하여 레이저가 제3빔

과 제4빔으로 분할되며, 그중 상기 제3빔은 제2조광기(20)를 통과하여 파장이 532nm인 레이저를 얻으며, 제4빔은 순서대로 제5렌즈(17)와 제3조광기(21)를 통과하여 파장이 1064nm인 레이저를 얻으며, 제5렌즈(17)와 제3조광기(21)의 사이에는 하나의 제2전반사 미러(18)를 설치하여 광로의 방향을 개변하여 소자의 배치가 용이하게 한다. 분할의 목적은 매개 채널의 레이저파장을 제어하고, 초퍼(91)를 사용하여 그 번조 주파수가 광음향 셀과 공진하는 측정요구에 도달하게 하며, 음성변환기(69)로 에어로졸 흡수계수를 측정하는 조건을 만족시키며, 세가지 방향의 레이저에 대한 광음향 신호의 측정이 서로 방해되지 않게 하기 위해서이다. 이와 동시에, 세가지 방향의 레이저 파장을 분할하여, 산란광선에 대한 검출과 투광율에 대한 검출을 독립적으로 진행하여 매개 방향의 레이저의 에어로졸 산란신호와 투광율 신호를 얻을 수 있다.

[0024] 광 커플링 유닛은 제6렌즈(25), 제7렌즈(31), 제8렌즈(26), 제9렌즈(32), 제10렌즈(27), 제11렌즈(33), 제12렌즈(39), 제13렌즈(41), 제1콤팩트 렌즈(28), 제2콤팩트 렌즈(29), 제3콤팩트 렌즈(30), 광 커플러(36)와 콜리메이터(40)를 포함하며, 그중 광로장치에서 전송되는 파장이 355nm인 레이저는 순서대로 제6렌즈(25), 제1콤팩트 렌즈(28), 제7렌즈(31)를 통과하여 광 커플러(36)에 진입하며, 그중 제7렌즈(31)와 광 커플러(36)의 사이에 제3전반사 미러(34)와 제15렌즈(35)를 설치하는 것을 통해 광로의 방향을 개변하여 빔이 집중되어 광 커플러(36)에 진입하게 하며; 광로장치에서 전송되는 파장이 532nm인 레이저는 순서대로 제8렌즈(26), 제2콤팩트 렌즈(29), 제9렌즈(32)를 통과하여 광 커플러(36)에 진입하며; 광로장치에서 전송되는 파장이 1064nm인 레이저는 순서대로 제10렌즈(27), 제3콤팩트 렌즈(30), 제11렌즈(33)를 통과하여 광 커플러(36)에 진입하며, 마찬가지로 제11렌즈(33)와 광 커플러(36)사이에 제4전반사 미러(38)와 미러(37)를 설치하는데, 그중 미러(37)는 제2방향의 레이저가 투과되게 하는 동시에 제3방향의 레이저를 전부 반사시키며, 그 목적은 제3방향의 레이저의 방향을 개변시켜 제2방향의 레이저와 동축이 되게 하며, 또한 제4전반사 미러(38)와 미러(37)를 설치하는 것을 통해 광로의 방향을 개변시키고 빔이 집중되어 광 커플러(36)에 진입하게 하는 목적을 달성하며, 3가지 방향의 서로 다른 파장의 레이저가 순서대로 광 커플러(36)에 진입한 다음, 순서대로 제12렌즈(39)를 통과하여 콜리메이터(40)에 진입하고, 마지막에 제13렌즈(41)와 하나의 제5전반사 미러(42)를 통과하여 검출장치에 진입한다. 광 커플링 유닛을 사용하는 목적은 3가지 방향의 레이저가 순서대로 동축으로 측정시스템에 진입하게 하기 위해서이며, 3가지 방향의 레이저의 번조 주파수는 제1스테핑모터(22), 제2스테핑모터(23)와 제3스테핑모터(24)가 제1조광기(19), 제3조광기(21)와 제2조광기(20)에 대해 각각 제어하여, 3가지 방향의 레이저에 대해 일정한 간격으로 단계별로 차단하며, 매번마다 한가지 방향의 레이저가 산란 위상 함수와 흡수계수 검출챔버에 진입하게 한다. 동시에, 광 검출기와 광음향 셀이 매번마다 한개 파장의 에어로졸 산란 위상 함수와 흡수신호를 측정하여 에어로졸의 여러가지 광학변수를 얻을 수 있게 한다.

[0025] 본 발명에서 각각의 렌즈는 레이저가 매번 결정체 또는 광로를 통과하여 변환후에 다음 단계에 도달할 때 분산을 해제하고 광로를 최대한 비밀방식으로 다음 단계에 진입하게 하기 위해 설치하는 것이며, 그 효과를 한층 제고하기 위해 각각의 렌즈에 대해 반사 방지막을 증착하여 투광율이 99.9%이상 되게 한다. 렌즈의 재질은 플라스틱 렌즈와 유리 렌즈가 가능하며, 원가를 절감하기 위해 플라스틱 렌즈를 선택할 수 있다.

[0026] 검출장치는 제어유닛과 검출유닛을 포함하며, 그중 검출유닛은 광음향 셀, 제1장거리 다중반사경(71), 제2장거리 다중반사경(61), 제1온습도센서(68), 음성변환기(69)와 제1광검출기(62), 제2광검출기(64), 제3광검출기(65), 제4광검출기(66), 제5광검출기(67)와 제6광검출기(73)를 포함하며, 그중 제1장거리 다중반사경(71)과 제2장거리 다중반사경(61)은 각각 광음향 셀의 두끝에 위치하며, 제1장거리 다중반사경(71)과 제2장거리 다중반사경(61)의 반사원리는 Herriott 형 광학 장거리 셀과 같으며, 반사한 결과 광로가 두개의 장거리 다중반사경사이에 중공의 원통형 형태의 빔을 형성하며, 더 나아가 두개의 장거리 다중반사경 사이에 하나의 공동을 형성하며, 광음향 셀은 상기 두개 장거리 다중반사경을 카버하여 검출챔버를 형성하며; 그중 제6광검출기(73)는 광원의 사출방향과 대응되게 검출유닛의 광원 사출구의 외측에 설치하고 제어유닛(88)과 연결하며, 기타 광검출기는 광음향 셀의 표면(도2 참조)에 설치되어  $3^\circ$  와  $177^\circ$ ,  $33^\circ$  와  $147^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $1^\circ$  내지  $179^\circ$  및  $55^\circ$  와  $125^\circ$ 에 대해 측정하며, 도면에서 블랙 블록부분이 검출기의 검출면이며, 한개 방향의 에어로졸 산란광만이 광검출기에 진입하게 하기 위해, 측정각도가  $1^\circ$  내지  $179^\circ$ 인 광검출기(66)를 제외하고, 기타 광검출기의 입광부분에는 복수개의 광선차단작용을 하는 광선차단격판(93)을 설치하고 격판의 가운데 구멍을 뚫으며, 이럴 경우 한개 방향의 에어로졸 산란광만이 진입할 수 있게 한다. 그중 측정각도가  $3^\circ$ 과  $177^\circ$ 인 제1광검출기(62)는 제2장거리 다중반사경(61)의 축단에 설치되며, 측정각도가  $33^\circ$ 과  $147^\circ$ 인 제2광검출기(64), 측정각도가  $55^\circ$ 과  $125^\circ$ 인 제5광검출기(67) 및 측정각도가  $1^\circ$ 내지  $179^\circ$ 인 제4광검출기(66)는 광음향 셀 가운데부분의 양측에 설치되며, 측정각도가  $90^\circ$ 인 제3광검출기(65)는 광음향 셀의 중심축과 수직되게 광음향 셀 가운데부분의 내표면에 설치되며, 또한 제2광검출기(64), 제5광검출기(67)와 제3광검출기(65)의 대칭축과 광음향 셀의 챔버의 장축 사이의 협각은 각각  $33^\circ$  /  $147^\circ$ ,  $55^\circ$  /  $125^\circ$  와  $90^\circ$ 이며, 제4광검출기(66)의 검출면은 광음향 셀에 약간 들어가고 챔버의 장축과 수

직되는데, 이럴 경우  $1^\circ$  내지  $179^\circ$  의 산란광을 측정할수 있으며; 제1온습도센서(68)와 음성변환기(69)는 상기 광음향 셀의 내표면에 각각 설치되며, 음성변환기(69)는 챔버의 장축과 수직되게 광음향 셀의 가운데 위치에 설치되며, 검출챔버내부의 온습도 매개변수를 측정하기 위해, 제1온습도센서(68)의 헤드부분은 광음향 셀에 약간 들어가며, 공간이 허용되는 상황에서 5개 광검출기와 제1온습도센서(68) 모두 챔버의 장축에 수직되는 중심 단면(도2의 단축과 한개 평면에 위치)에 위치할수 있으며, 즉, 음성변환기(69)와 한개 평면에 설치할수 있지만, 다양한 각도를 가진다. 제1온습도센서(68), 음성변환기(69)와 모든 광검출기는 모두 상기 제어유닛(88)과 각각 연결되며, 음성변환기(69)를 설치하는 목적은 에어로졸의 흡수계수를 정확히 취득하기 위해서이고, 제1온습도센서(68)는 광음향 셀 내부의 환경상황을 감시하는 외에 기기의 교정과 측정신호의 처리 등 측면에서도 중요한 역할을 한다.  $3^\circ$  와  $177^\circ$  를 측정하는 광검출기(62)를 사용하는 목적은 축 근처 작은 각도 전후방 산란의 측정치를 취득하기 위해서이고, 제2광검출기(64), 제5광검출기(67)와 제3광검출기(65)를 사용하여 다양한 각도의 산란 광을 측정하는 목적은 정확한 에어로졸 산란 위상 함수를 취득하기 위해서이며, 총 산란계수를 측정하는 광검출기(66)를 사용하는 목적은  $1\sim179^\circ$  의 에어로졸 총산란계수를 취득하기 위해서이다. 각각의 광검출기의 검출각도는 적절히 미세조정할수 있다. 에어로졸 입자의 반경이 다름에 따라 서로 다른 파장의 레이저 조사에서의 산란 강도가 다르고, 산란강도분포가 바로 위상함수이며, 산란계수는 위상함수 측정의 기초에서 취득한다. 각각의 입자가 서로 다른 파장에서 다양한 산란 패턴을 가지기에, 총체적으로, 비교적 민감한 강도분포와 대응되는 산란 각을 선택하여 측정하는 것이 필요하며, 따라서, 설치의 수요 및 광음향 셀 공간의 실제상황에 따라 적절히 미세조정할수 있다. 검출챔버(광음향 셀)는 원기동형 구조인데, 한편으로는 각종 검출장치의 설치 수요를 만족시킬수 있고, 다른 한편으로는 에어로졸 흡수의 직접 측정에서 원기동형의 구조를 선택하는 목적은 흡수의 측정신호를 강화하기 위해서이며, 도3은 음성변환기(69)(즉, 마이크 또는 마이크로포닉)의 설치위치도이고, 도면에서 X는 광음향 셀에 길이이며, 또한 도3은 음압분포곡선(P)이 광음향 셀 길이의 변화에 따라 변화하는 곡선을 나타내며, 음압이 제일 큰 위치가 음성변환기(69)를 설치한 위치, 즉 광음향 셀의 가운데 위치이다. 광음향 셀의 검출원리는 빛이 에어로졸 입자에 조사될때, 입자가 광에너지를 흡수하여 음압을 발생하기에 광과 음성이 서로 변환되며, 또한 광음향 분광법으로 측정한 것이 표본이 광에너지를 흡수하여 발생하는 음압의 크기이기에, 반사광과 산란광이 측정에 대한 방해가 비교적 작으며, 계다가 장거리의 제1장거리 다중반사경(71)과 제2장거리 다중 반사경(61)을 광음향 셀에 삽입하여 음압 변환기의 검출신호를 대폭 강화하여 투광율의 측정을 쉽게 실현할수 있게 하였으며, 음압 변환기(69)는 에어로졸 흡수계수를 직접 측정하는 검출센서이다. 광선의 진입과 방출을 차단하고 표준가스와 표본기체의 유출을 방지하기 위해, 광음향 셀의 제1장거리 다중반사경(71)이 위치하는 측에 윈도(92)를 설치하여 광로장치에서 전송되는 레이저가 통과하게 한다. 광검출기의 측정원리는, 레이저가 측정유닛의 제1장거리 다중반사경(71)과 제2장거리 다중반사경(61)사이에서 왕복할때 음압 변환기 신호를 강화하는 것과 마찬가지로 각 에어로졸 산란광의 검출신호도 대폭 강화되며, 그중 광로에 입사된후 제5전반사 미리(42)에 의해 윈도(81)과 윈도(92)를 통해 제1장거리 다중반사경(71)의 가장자리로부터 입사되어 제2장거리 다중반사경(61)의 대응하는 가장자리에 도달하며, 이렇게 여러번 반사(반사 횟수는 제1장거리 다중반사경(71)과 제2장거리 다중반사경(61)사이의 상대 비틀림 각, 제1장거리 다중반사경(71)과 제2장거리 다중반사경(61)의 면적, 두께, 오목성, 곡률 반경 및 양자사이의 거리에 의해 결정되며, 실제로는 계기의 측정 챔버의 사이즈에 따라 구체적으로 조정 가능하다)를 거친 후 사출된다. 장거리 다중반사경의 제1장거리 다중반사경(71)과 제2장거리 다중반사경(61)을 광검출기(73)와 조합하면 투광율의 측정을 실현할수 있다. 여러번 반사한 결과, 광로가 검출챔버내에서 하나의 공동을 형성하여 제2장거리 다중반사경(61)의 대칭축에 제1광검출기(62)를 설치 가능하게 하고, 또한 축 근처 작은 각도의 전후방 산란강도의 측정의 실현할수 있게 하며, 상기 산란 측정방안에서 제1광검출기로부터 제5광검출기까지의 측정결과는 에어로졸의 산란각 분포패턴을 전면적으로 취득하여 에어로졸의 산란 위상 함수의 실제측정곡선을 취득하기 위한 것이다. 제1광검출기(62)를 제2장거리 다중반사경(61)의 대칭축에 설치하는 외에, 제2 내지 제5광검출기는 광음향 셀의 중심 대칭축의 동일한 축면에 분포할수 있으며, 또한 각도의 수요에 따라 다양한 각도에 설치할수 있다.

[0027] 공기회로장치는 표본진입유닛, 표본교정유닛과 표본방출유닛을 포함하며, 그중 표본진입유닛과 표본방출유닛은 광음향 셀의 두끝과 연통된다. 표본진입유닛은 순서대로 연결한 에어로졸 임팩터(43), 제1유량계(44), 제1삼방밸브(48)와 제2삼방밸브(49), 제1질량 유량계(90)를 포함하며, 상기 에어로졸 표본 진입 기류는 먼저 에어로졸 임팩터(43)와 제1유량계(44)를 통과한 후에 제1삼방밸브(48)와 제2삼방밸브(49) 및 제1질량 유량계(90)를 통과하여 검출장치에 진입하고, 제2삼방밸브(49)와 제1질량 유량계(90)사이에는 제2온습도센서(56)가 설치되며, 표본교정유닛은 제로가스 발생기(45), 제1기준 소스 가스(50)와 제2기준 소스 가스(52)를 포함한다. 제로가스 발생기(45)에서 전송되는 제로가스는 먼저 순서대로 연결한 고성능 필터(46)와 제2유량계(47)를 통과한 후에 제1삼방밸브(48)와 제2삼방밸브(49) 및 제1질량 유량계(90)를 통하여 검출시스템에 진입하며; 제1기준 소스

가스(50)에서 전송되는 제1기준 가스는 순서대로 연결한 제3삼방 밸브(51), 제4삼방 밸브(54)와 제3질량 유량계(55)를 통과한 후에 계속하여 순서대로 제2삼방 밸브(49)와 제1질량 유량계(90)를 통과하여 검출장치에 진입하며; 제2기준 소스 가스(52)에서 전송되는 제2기준 가스는 순서대로 연결한 제5삼방 밸브(53)와 제4삼방 밸브(54)를 통과한 후에 제3유량계(55), 제1질량 유량계(90)를 통과하여 검출유닛에 진입한다. 표본방출유닛은 순서대로 연결한 제2질량 유량계(89), 제4유량계(79)와 펌프(80)를 포함하며, 검출유닛을 통과하는 기류는 순서대로 제2질량 유량계(89)와 제4유량계(79)를 통과한 후에 펌프(80)의 당김에 의해 검출유닛에서 방출되며, 그중 제2질량 유량계(89)와 제4유량계(79) 사이에는 제3온습도센서(78)가 설치된다. 온습도센서는 온도, 압력과 습도를 통합 측정하는 센서로서, 해당 온습도센서는 별도의 온도센서, 압력센서와 습도센서로 대체하여 시스템 환경의 온도, 압력과 습도를 검출할수 있다. 에어로졸의 입자 스펙트럼 범위가 0.001~100  $\mu\text{m}$ 이기에, 서로 다른 입도를 가진 에어로졸 임팩터를 설계 및 사용하여, 표본 에어로졸 기류의 입구에 대해 제어하며, 최종적으로 챔버에 진입하는 에어로졸이 원하는 입도범위에 속하게 한다. 표본 진입 기류에 대해 필요한 유량측정(유량계와 질량 유량계 사용)과 온도, 압력 및 습도 측정을 하며, 삼방 밸브는 에어로졸 측정모델과 교정모델 사이에서 변환하기 위해 사용한다. 표본방출유닛과 표본진입유닛은 상대적으로 간단한데, 주로 에어로졸이 산란 흡수 측정 시스템을 통과한 후에 펌프(80)의 당김에 의해 측정시스템으로부터 방출되며, 또한 필요한 유량 감시와 질량 감시를 추가하고, 필요한 온습도센서를 추가하며, 이러한 매개변수와 표본진입시스템의 관련 측정결과를 결합하여, 본 발명에서 에어로졸의 산란과 흡수특성 측정 시 진입표본기류와 방출표본기류사이의 구별과 연계를 취득한다. 광로장치에서 전송되는 광원과 공기회로장치에서 전송되는 기류는 각각 검출장치의 광음향 셀에 진입하여, 제어유닛에 의해 검출된다.

[0028] 온도제어유닛은 이중 스테인레스 스틸 캐비닛(87), 제1반도체 냉각기(82), 제2반도체 냉각기(85), 제1열교환 팬(83)과 제2열교환 팬(86) 및 온습도센서(84)를 포함하며, 그중 이중 스테인레스 스틸 캐비닛(87)은 검출장치의 외면에 카버되며; 제1반도체 냉각기(82), 제2반도체 냉각기(85), 제1열교환 팬(83)과 제2열교환 팬(86) 및 제4온습도센서(84)는 각각 상기 이중 스테인레스 스틸 캐비닛(87)의 표면에 설치되며, 검출결과의 균일성을 위해, 제1반도체 냉각기(82)와 제1열교환 팬(83)은 이중 스테인레스 스틸 캐비닛(87)의 한 모서리의 측벽에 설치하고, 제2반도체 냉각기(85)와 제2열교환 팬(86)은 상기 모서리와 대응되는 모서리의 측벽에 설치하며; 이중 스테인레스 스틸 캐비닛(87)의 일측에는 윈도(81)가 설치되어 광로장치에서 전송되는 광원이 순서대로 제5전반사 미러(42), 윈도(81)와 윈도(92)를 통하여 검출장치에 진입하게 하고, 3가지 방향의 레이저가 순서대로 윈도(81)를 통하여 검출유닛에 진입하며, 광로는 챔버내에서 제1장거리 다중반사경(71)과 제2장거리 다중반사경(61) 사이에서 여러번 왕복후에 광원 사출구(광원 입사구라고도 함)를 통해 검출유닛의 윈도 외측에 설치한 제6전반사 미러(72)에 사출되며, 제6전반사 미러(72)는 사출한 광로가 광검출기(73)에 도달하게 한다. 또한, 에어로졸의 산란측정과 흡수측정을 하나의 측정챔버에 결합하는 것을 통해, 서로 다른 챔버 자체의 백그라운드 신호의 다른으로 인해 발생하는 오차를 피면할수 있다. 동시에, 3가지 방향의 레이저가 순서대로 측정시스템에 진입하는 것을 통해, 서로 방해하는 것을 피면한다. 온습도센서가 검출한 데이터는 제어유닛에 전송되고, 제어유닛은 수신 받은 데이터에 따라 제1반도체 냉각기(82), 제2반도체 냉각기(85), 제1열교환 팬(83)과 제2열교환 팬(86)을 작동 시켜 이중 스테인레스 스틸 캐비닛(87) 내부의 온도제어여부를 결정한다. 온도제어유닛은 기기가 장시간의 표본 채집과정에서 빈번한 광진, 광음향사이의 변환으로 인해 측정시스템에 발생하는 별열현상을 완화하기 위해, 이중 스테인레스 스틸 캐비닛(87)을 사용하여 전체 측정유닛을 보온(이중 캐비닛사이에는 방음방열재 충전)하고, 또한 제4온습도센서(84)를 이용하여 측정챔버내 온도변화를 감시하여 적시에 제1열교환 팬(83)과 제2열교환 팬(86)을 작동 또는 종료하며, 반도체 냉각기(82)와 (85)를 사용하여 챔버를 냉각하여 측정시스템의 정상적인 운전을 보증하는 목적을 달성한다.

[0029] 흡기방음장치는 순서대로 연결한 제1버퍼(57), 제1음향 필터(59)와 제2버퍼(63)를 포함하며, 그중 제1버퍼(57)는 표본진입유닛의 출구측에 설치되는 동시에 제1물받이(58)와 연결되고, 제2버퍼(63)는 광음향 셀의 제2장거리 다중반사경(61)이 위치하는 한측으로 구성되며; 배기방음장치는 순서대로 연결한 제3버퍼(77), 제2음향 필터(75)와 제4버퍼(70)를 포함하며, 그중 제3버퍼(77)는 표본방출유닛의 입구측에 설치되는 동시에 제2물받이(76)와 연결되며, 제4버퍼가 광음향 셀의 다른 한측으로 구성된다. 제1음향 필터(59)와 제2버퍼(64)사이의 도관에 제5온습도센서(60)가 설치되고, 제2필터(75)와 제4버퍼(70)사이의 도관에 제6온습도센서(74)가 설치된다. 방음은 주로 3가지 측면을 포함하는데, 첫번째로는 측정하는 광음향 셀의 전체에 대해 방음하는 바, 이중 스테인레스 스틸 캐비닛(87)을 사용하여 전체 검출유닛에 대해 방음(이중 캐비닛사이에는 방음방열재 충전)하여 외부환경소음을 차단하며; 두번째로는 표본진입기류의 소음을 차단하여 기류의 유속에 의한 소음을 최소화하는데, 해당 두가지 측면은 각각 제1음향 필터(59), 제1버퍼(57)와 제2버퍼(63)를 통해 실현하며; 세번째로는 제2음향 필터(75), 제3버퍼(77)와 제3버퍼(70)를 통해 표본방출기류의 소음을 제어한다. 물받이(58)와 물받이(76)는 각각

표본진입과 표본방출 기류에서 발생하는 수분을 받는다.

[0030] 제어유닛(88)은 데이터 수집 카드(미도시)와 데이터 모니터링 처리 프로그램(미도시)을 포함하는 계기측정과 제어시스템이다. 그중, 계기중의 레이저(6), 3개 초퍼, 3개 스테핑모터, 6개 온습도센서, 6개 광검출기, 음성변환기(69), 2개 반도체 냉각기, 2개 열교환팬이 모두 데이터 수집 카드와 제어회로와 연결된다. 상기 데이터 모니터링 프로그램은 미국 내셔널인스트루먼트(National Instrument, NI라 약칭)사의 virtual instrument 프로그램 LabVIEW 8.6버전이다.

[0031] 측정 시, 구체적인 절차는 다음과 같다.

[0032] (1) 전원스위치(2)와 (4)를 연결하여 모든 시스템에 전원을 공급하고 자체점검시스템을 작동하며, 이 경우 레이저(6)가 기본 주파수 레이저를 출력하며, 주파수 배가 시스템과 주파수 분할 시스템을 통하여 3가지 방향의 레이저로 분할된다;

[0033] (2) 동시에, 제1삼방 밸브(48)와 제2삼방 밸브(49)의 제어에 의해, 제로가스 발생기(45)에서 전송되는 제로가스는 제1삼방 밸브(48)와 제2삼방 밸브(49)를 통하여 측정챔버(즉, 광음향 셀, 이하 동일)에 진입하며, 제어를 통해 제1스테핑모터(22)를 연결하고 제2스테핑모터(23)와 제4스테핑모터를 차단하며, 이로 인해 제1조광기(19)를 통해 파장이 355nm인 레이저가 측정챔버에 진입하게 하고, 해당 파장에서의 백그라운드 신호를 검출하여 교정에 사용한다. 이 경우, 측정변수는 온도, 습도, 질량 유량, 산란 방사선 입자를 포함하며, 사출광선 강도의 검출과 흡수계수(음성변환기: 마이크로포닉 또는 마이크)의 검출에 대해서는, (i) 6개 온습도센서를 통해 각각 온도, 압력, 습도 검출; (ii) 제2질량 유량계(89)와 제1질량 유량계(90)에서 대응하는 질량 유량을 검출하며; (iii) 제1광검출기로부터 제5광검출기(PMT, 즉 광전 증배관)에서 각자 위치에서의 산란 방사선 입자를 각각 검출; (iv) 제6광검출기(73)에서 사출빛세기를 검출하며; (v) 음성변환기(69)에서 백그라운드 챔버 흡수계수 검출하며;

[0034] (3) 시스템 제어회로의 제어에 의해 제2삼방 밸브(49)와 제4삼방 밸브(54)을 열고, 순서대로 제1기준 소스 가스(50)와 제2기준 소스 가스(52)를 연결하며, 펌프(80)의 작동에 의해 파장이 355nm인 레이저에 대해 교정측정 진행하며; 이 경우, 측정변수는 온도, 습도, 질량 유량, 산란 방사선 입자를 포함하며, 사출광선 강도의 검출과 흡수계수(음성변환기: 마이크로포닉 또는 마이크)의 검출에 대해서는, (i) 6개 온습도센서를 통해 각각 온도, 압력, 습도 검출; (ii) 제2질량 유량계(89)와 제1질량 유량계(90)에서 대응하는 질량 유량을 검출하며; (iii) 제1광검출기로부터 제5광검출기(PMT, 즉 광전 증배관)에서 각자 위치에서의 산란 방사선 입자를 각각 검출; (iv) 제6광검출기(73)에서 사출빛세기를 검출하며; (v) 음성변환기(69)에서 백그라운드 챔버 흡수계수를 검출하며;

[0035] (4) 제1삼방 밸브(48)와 제2삼방 밸브(49)를 에어로졸 표본 진입 기류 입구에 돌리면 펌프(80)의 작동에 의해 에어로졸 입자가 에어로졸 임팩터(43)를 통하여, 에어로졸 표본 기류가 측정챔버에 진입하며, 이 경우, 측정변수는 온도, 습도, 질량 유량, 산란 방사선 입자를 포함하며, 사출광선 강도의 검출과 흡수계수(음성변환기: 마이크로포닉 또는 마이크)의 검출에 대해서는, (i) 6개 온습도센서를 통해 각각 온도, 압력, 습도 검출; (ii) 제2질량 유량계(89)와 제1질량 유량계(90)에서 대응하는 질량 유량을 검출하며; (iii) 제1광검출기로부터 제5광검출기(PMT, 즉 광전 증배관)에서 각자 위치에서의 산란 방사선 입자를 각각 검출; (iv) 제6광검출기(73)에서 사출빛세기를 검출하며; (v) 음성변환기(69)에서 백그라운드 챔버 흡수계수를 검출하며;

[0036] (5) 측정의 정확도를 확보하기 위해, 상기 과정은 주기적으로 진행된다. 파장이 532nm인 레이저에 대해 측정 시, 제2스테핑모터(23)를 연결하고 제1스테핑모터(22)와 제3스테핑모터(24)를 차단하며, 제2조광기(20)를 이용하여 파장이 532nm인 레이저가 검출챔버에 진입하게 하며, 검출절차는 파장이 355nm인 레이저에 대한 측정과 동일하다. 마찬가지로, 파장이 1064nm인 레이저에 대해 측정 시, 제3스테핑모터(24)를 연결하고 제1스테핑모터(22)와 제2스테핑모터(23)를 차단하며, 제3조광기(21)를 이용하여 파장이 1064nm인 레이저가 검출챔버에 진입하게 한다. 여기서, 백그라운드와 표준가스 관련 매개변수에 대해서는 하루 밤낮씩 건너 한번씩 측정한다. 그런 다음, 표본추출과 측정을 하루 종일 진행한다. 표본 추출과 처리 등 모든 측정은 자동으로 제어된다.

[0037] (6) 상기 과정을 반복하며, 다만 측정 검증 시에는 에어로졸 발생기를 사용하여 표준형태의 에어로졸 입자를 발생하여 측정챔버에 진입하게 한다. 예를 들어, 반경이 0.44마이크론인 에어로졸 입자에 대해 관련 매개변수의 측정을 진행한다.

$$I(\theta) = I_0 \frac{\chi_s}{r^2} \frac{P(\theta)}{4\pi} \quad (1)$$

$$[0039] \quad \text{여기서, } I_0 \text{는 입사광 강도이고, } \chi_s = \frac{\alpha^2 128 \pi^5}{3 \lambda^4} \text{는 산란 단면적이고, } \alpha = \frac{3}{4 \pi N_s} \left( \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right) \text{은 분극률이고, } r \text{는}$$

산란 반경이고,  $P(\theta)$ 는 산란 위상 함수이다. 여기에서,  $\lambda$ 는 입사 레이저 파장이고,  $N_s$ 은 단위 부피 당

분자 또는 입자의 총수이고,  $m = m_r - i m_i$ 는 분자 또는 입자의 굴절률이고,  $m_r$ 와  $m_i$ 는 각각 분자 또는 입자의 굴절률의 실수부분과 허수부분을 대표하며, 분자 또는 입자의 산란과 흡수 특성에 각각 대응되며, 그중, 굴절률은 복수이고,  $i$ 는 그 허수부분의 표시방법이며, 모듈로는 1이다. 도4는 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치가 파장이 532nm일 때 서로 다른 유효반경에서의 에어로졸 입자의 산란 위상 함수 분포도이며, 도4(a), (b), (c)와 (d)는 각각 에어로졸 입자의 유효반경이 0.18  $\mu\text{m}$ , 0.44  $\mu\text{m}$ , 0.60  $\mu\text{m}$ 과 0.74  $\mu\text{m}$ 일 때 에어로졸 입자의 산란 위상 함수를 표시한 도면이다. 빛이 서로 다른 반경의 에어로졸 입자에 조사될 때, 서로 다른 산란 패턴을 발생시키며, 산란강도는 산란각도와 관련되며, 산란강도의 각도분포와 에어로졸의 산란 위상 함수가 정비례되기에 산란 위상 함수의 측정이 실제로는 산란강도를 측정하는 관건적인 요소이며, 그중 산란 위상 함수는 산란각도의 함수인 동시에 무차원수 변수이다.

[0040] 따라서, 측정한 산란계수를 간단한 식으로 표시하면 다음과 같다. 즉,

$$[0041] \quad \sigma_{\text{sca}}^1 = K_{\text{sca}} C - B \quad (2)$$

[0042] 상기 식에서,  $K_{\text{sca}}$ 는 산란교정시의 기울기이고,  $C$ 는 광검출기가 검출한 광자수이고,  $B$ 는 백그라운드 신호이다.

$$[0043] \quad \sigma_{\text{sca}-p}^1 = \sigma_{\text{sca}}^1 - \sigma_{\text{sca}-a}^1 \quad (3)$$

[0044] 상기 식에서,  $\sigma_{\text{sca}-p}^1$ 과  $\sigma_{\text{sca}-a}^1$ 는 각각 에어로졸 입자 산란계수와 분자 산란계수이고,  $\sigma_{\text{sca}-a}^1$ 는 교정 측정 시에 교정기준 가스와 제로가스로 계산하여 취득한 값이다. 도5는 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치가 파장이 355nm, 532nm와 1064nm인 3개 채널에서 에어로졸 산란계수의 상대습도에 따른 변화를 나타낸 도면이며, 에어로졸의 산란계수는 입자의 입자 스펙트럼 분포와 입사 레이저 파장과 관련될 뿐만 아니라, 대기의 상대습도와도 관련된다.

[0045] (2) 흡수계수

[0046] 음향신호는 아래의 식으로 표시할 수 있다. 즉,

$$[0047] \quad S = P \cdot M \cdot \left( C \cdot \sum_i \eta_i \cdot a_i \cdot c_i + A_b \right) \quad (4)$$

[0048] 여기서,  $S$ 는 광음향 신호 강도( $\text{mV}$ )이고,  $P$ 는 레이저 파워( $\text{W}$ )이고,  $M$ 은 음성변환기의 민감도( $\text{mV} \cdot \text{Pa}^{-1}$ )이고,  $C$ 는 광음향 셀 상수이며, 챔버의 형상 변수, 측정조건 등 요소와 관련( $\text{Pa} \cdot \text{cm} \cdot \text{W}^{-1}$ )되며,  $a_i$ 는 챔버에 진입하는 각

종 광흡수성분이 파장이  $\lambda$ 인 입사파장의 여기작용에서의 물 흡광계수( $\text{cm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{dm}^{-3}$ )이며,  $c_i$ 는 각 광흡수성 분의 농도( $\text{mol}^{-1} \cdot \text{dm}^{-3}$ )이며,  $\eta_i$ 는 각 성분이 광 에너지를 흡수하여 열에너지로 변환하는 효율이며,  $A_b$ 는 백그라운드 신호 발생효율( $\text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}$ )이며,  $n$ 은 각 광흡수 성분의 종류수를 표시한다.

[0049] 광음향 공명 챔버 상수  $C$ 는 다음과 같이 표시할 수 있다. 즉,

$$[0050] \quad C = \frac{(r-1) \cdot L \cdot Q \cdot G}{f_0 \cdot V} \quad (5)$$

[0051] 상기 식에서,  $\gamma$ 는 등압 등적 조건에서 측정한 비열비 상수이고,  $L$ 는 광음향 셀의 길이(cm)이고,  $Q$ 는 큐 인자, 즉 공진 주파수와 공명 곡선의 반값 전폭(the Full Width at Half Maximum)의 비례값이고,  $G$ 는 기하학적 요소이고,  $f_0$ 는 변조 주파수(Hz)이다.

[0052] (3)가시거리

[0053] 대기 가시거리 계산식은 다음과 같다. 즉,

$$V_{is} = \frac{3.912}{\sigma_{aa}^1} \quad (6)$$

[0055] 상기 식에서,  $V_{is}$ 는 가시거리이고,  $\sigma_{aa}^1 = \sigma_{aa-p}^1 + \sigma_{aa-f}^1 + \sigma_{aa-a}^1 + \sigma_{aa-a}^1$ 는 대기 흡광 계수로서, 에어로졸 산란계수

$\sigma_{aa-p}^1$ , 에어로졸 흡수계수  $\sigma_{aa-f}^1$ , 분자 산란계수  $\sigma_{aa-a}^1$ 와 분자 흡수계수  $\sigma_{aa-a}^1$ 의 합이다. 상기 변수는 교정 측정과 실제 표본 진입 측정을 통해 취득할수 있으며, 즉 여러 각도의 산란 방사선 입자에 대해 측정하여 에어로졸 산란 위상 함수를 취득하며, 더 나아가서 에어로졸 산란계수를 얻으며, 에어로졸 흡수계수는 음성변환기의 측정을 통해 얻고, 분자의 산란계수와 흡수계수는 교정 측정 후 계산을 통해 취득한다.

[0056] (4)흡광 계수:

[0057] 에어로졸의 흡광 계수는  $\sigma_{aa}^1$ 로 표시할수 있는데, 이는 에어로졸 산란계수  $\sigma_{aa}^1$ 와 에어로졸 흡수계수  $\sigma_{aa}^1$ 의 합이다. 상기 변수는 교정 측정과 실제 표본 진입 측정을 통해 취득할수 있으며, 즉 여러 각도의 산란 방사선 입자에 대해 측정하여 에어로졸 산란 위상 함수를 취득하며, 더 나아가서 에어로졸 산란계수를 얻으며, 에어로졸 흡수계수는 음성변환기의 측정을 통해 얻고, 분자의 산란계수와 흡수계수는 교정 측정 후 계산을 통해 취득한다.

[0058] (5)단일 산란 반사율:

[0059] 정확한 에어로졸 산란계수와 흡수계수를 취득한 기초에서 에어로졸 입자의 단일 산란 반사율  $\sigma_s^1$ 을 얻을 수 있는데, 그 계산식은 다음과 같다. 즉,

$$\sigma_s^1 = \frac{\sigma_{aa-p}^1}{\sigma_{aa-p}^1 + \sigma_{aa-f}^1} \quad (7)$$

[0060] [0061] 도7은 본 발명의 다중 채널 에어로졸 산란 흡수 측정장치가 파장이 355nm, 532nm와 1064nm인 3개 채널에서 에어로졸 단일 산란 반사율의 상대습도에 따른 변화를 나타낸 도면이며, 단일 산란 반사율은 산란부분이 전체 광흡수에서 차지하는 비중을 나타내며, 서로 다른 파장, 서로 다른 상대습도와 서로 다른 입자 반경이 서로 다른 단일 산란 반사율과 대응된다.

[0062] (6)산란 위상 함수:

[0063] 서로 다른 산란각도에 분포된 측정값은  $\sigma_{aa}(\lambda, \theta_i)$  (여기서,  $\lambda$ 은 각각 355 nm, 532 nm와 1064 nm이고; 산란 각도  $\theta_i$ 는  $3^\circ$  와  $177^\circ$ ,  $33^\circ$  와  $147^\circ$ ,  $55^\circ$  와  $125^\circ$ ,  $90^\circ$  및  $1$  내지  $179^\circ$  )이고, Lorenz-Mie와 T-matrix이론을 통해 각각의 산란각도의 산란값  $\sigma_{aa}(\lambda, \theta_i)$ 을 계산하며, 양자의 차는 다음과 같다.

$$\epsilon(\lambda, \theta_i) = \sigma_{aa}(\lambda, \theta_i) - \sigma_{aa}(\lambda, \theta_i) \quad (8)$$

[0065] 만일  $\sum [e(\lambda, \theta_i)]^2$  의 값이 제일 작으면, 그 경우의 측정값과 모의값 사이의 편차율  $k(\lambda, \theta)$ 을 구하며, 그런 다음 위상함수 곡선을 조정하면 산란 위상 함수를 얻을수 있다. 에어로졸 입자의 산란 위상 함수를 취득할때에는 반드시 기체분자의 산란 위상 함수를 감해야 함을 고려해야 한다.

[0066] (7) 투광율

[0067] 투광율은 다음의 식으로 표시할수 있다. 즉,

$$T(\lambda) = \frac{I_{\text{out}}(\lambda)}{I_{\text{in}}(\lambda)} \cdot \xi_{\text{calibration}}(\lambda) F(\lambda) \quad (9)$$

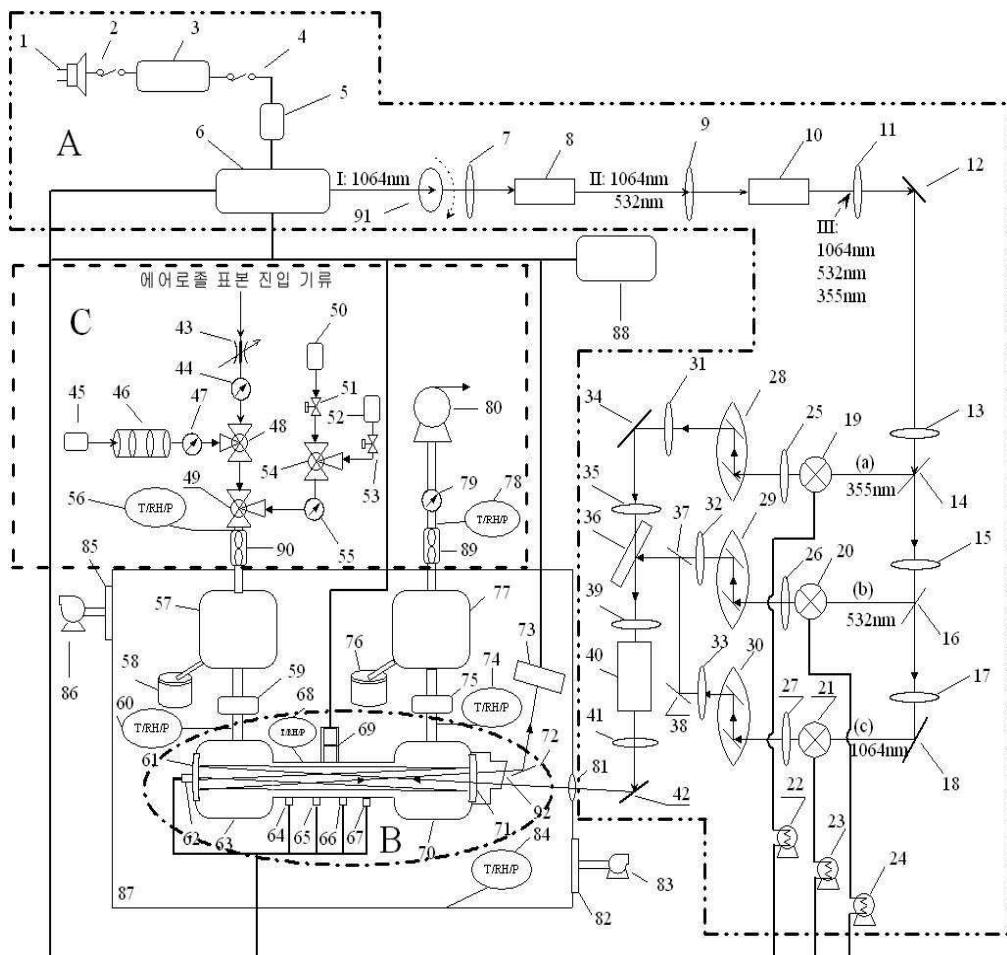
[0068] [0069] 상기 식에서,  $I_{\text{out}}(\lambda)$  와  $I_{\text{in}}(\lambda)$  은 각각 입사광과 사출광의 강도이고,  $\xi_{\text{calibration}}(\lambda)$  는 교정변수이고,

$F(\lambda)$ 는 전달 함수이며, 이는 제로가스 교정과 기준 가스 교정 등 두가지 과정을 거쳐 계산을 통해 얻은 것이다. 투광율을 계산할 때에는 반드시 챔버 전달 함수의 영향을 감안해야 하며, 교정을 통해 에어로졸 투광율에 대한 측정을 실현할수 있다.

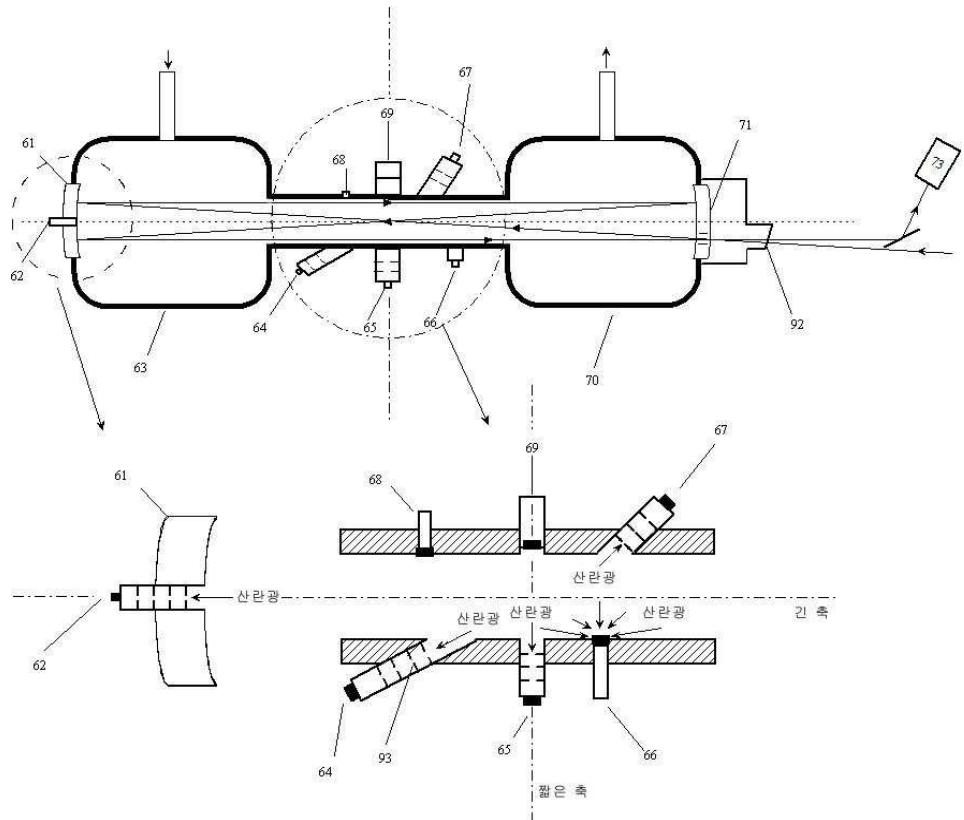
[0070] 본 발명에 따른 기기는 에어로졸의 산란 위상 함수와 흡수계수를 직접 측정할수 있을 뿐만 아니라, 에어로졸 산란 위상 함수와 흡수계수에 대한 각종 채널(3개 파장), 각각도( $3^\circ$  와  $177^\circ$ ,  $33^\circ$  와  $147^\circ$ ,  $55^\circ$  와  $125^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $1^\circ$  내지  $179^\circ$ ), 풀사이즈( $0.001\sim100\mu\text{m}$ )의 광음향 분광 동기 온라인 직접 측정을 실현하였으며, 에어로졸 입자의 전체 산란공간에서의 강도분포를 전면 포괄하고, 에어로졸 산란 위상 함수와 흡수계수를 정확히 취득하는 기초위에 에어로졸 산란계수, 흡광 계수, 투광율, 가시거리, 단일 산란 반사율을 정확히 취득할수 있어 에어로졸의 각 광학특성에 대한 동기 통합 취득을 실현하였다.

## 도면

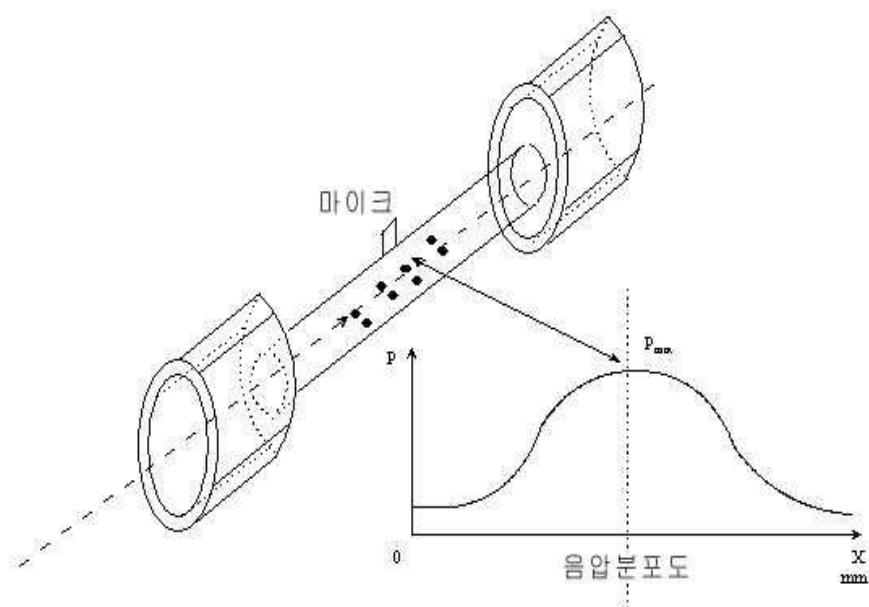
## 도면1



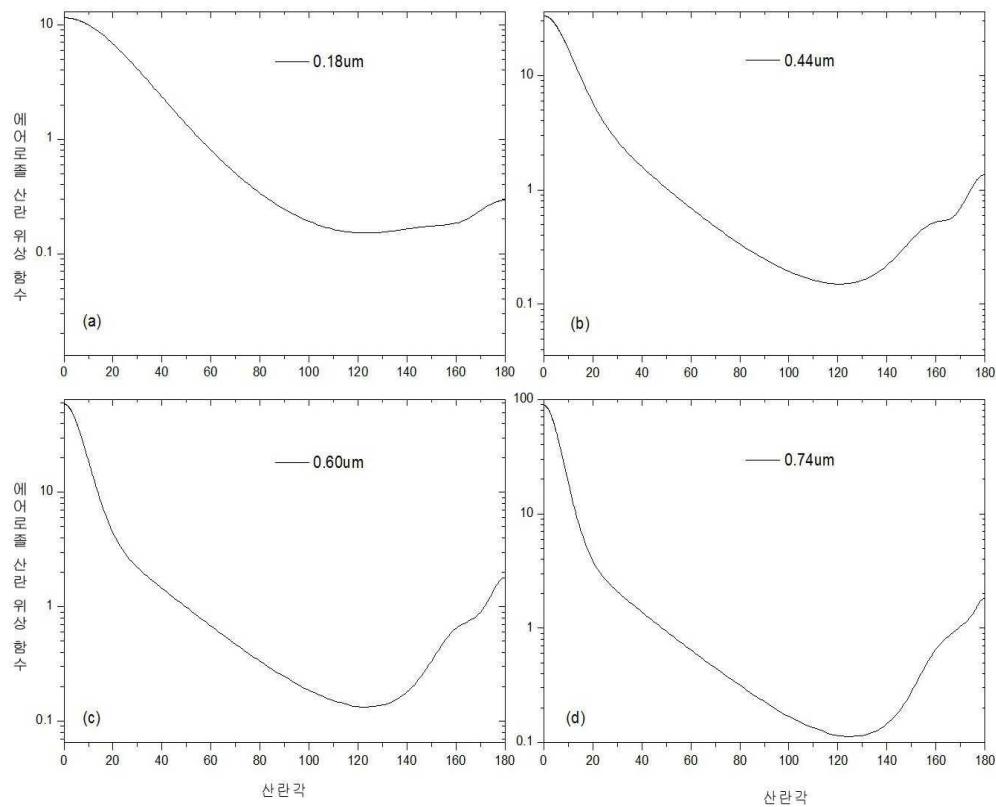
## 도면2



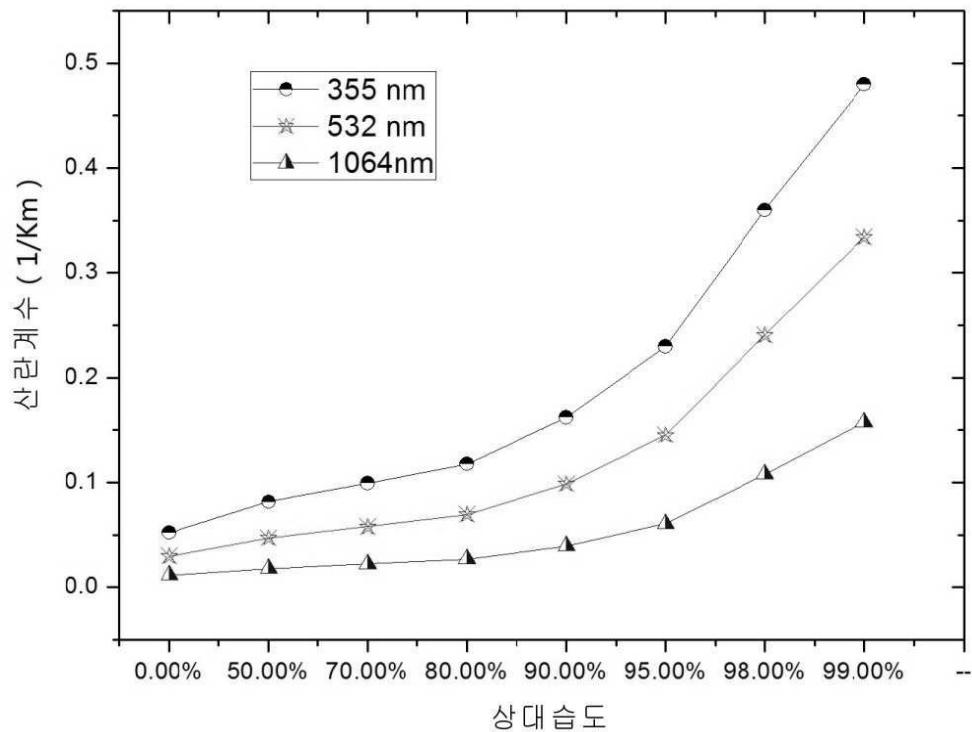
## 도면3



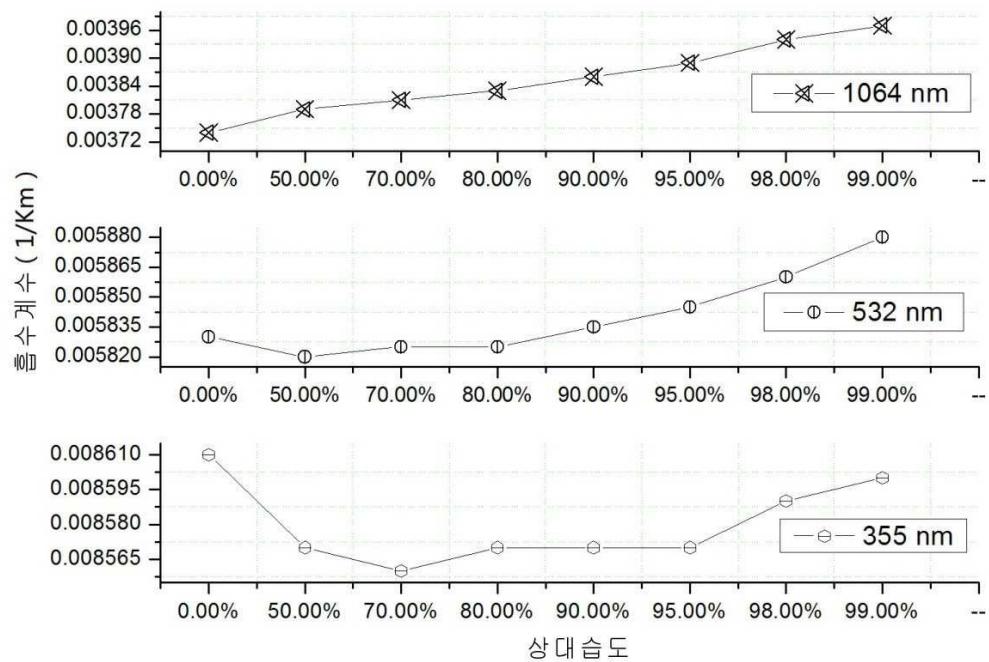
## 도면4



## 도면5



## 도면6



## 도면7

