



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년01월08일
(11) 등록번호 10-2048805
(24) 등록일자 2019년11월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 15/02 (2006.01) G01N 21/47 (2006.01)
G01N 21/94 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 15/0211 (2013.01)
G01N 21/47 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0043394
(22) 출원일자 2018년04월13일
심사청구일자 2018년04월13일
(65) 공개번호 10-2019-0119884
(43) 공개일자 2019년10월23일
(56) 선행기술조사문헌
JP2007525648 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
김예원
대전광역시 유성구 유성대로783번길 38, 104동 704호 (장대동, 월드컵패밀리타운)
김명수
대전광역시 유성구 봉명로 16, 1103동 708호 (원신흥동, 엘에이치도안천년나무11단지)
(뒷면에 계속)
(72) 발명자
김예원
대전광역시 유성구 유성대로783번길 38, 104동 704호 (장대동, 월드컵패밀리타운)
김명수
대전광역시 유성구 봉명로 16, 1103동 708호 (원신흥동, 엘에이치도안천년나무11단지)
임경택
전라남도 나주시 다시면 랑동길 29-7
(74) 대리인
김창덕

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 인치현

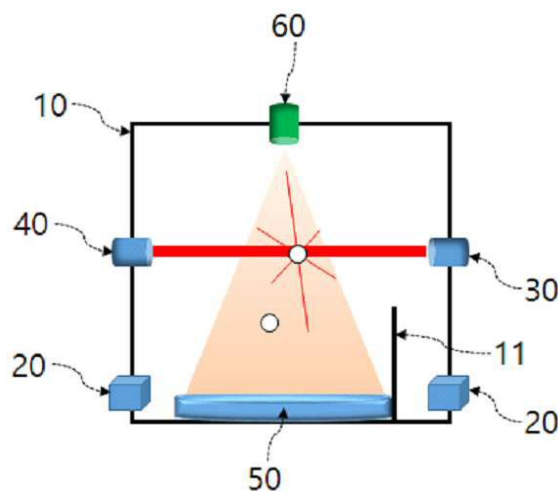
(54) 발명의 명칭 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치

(57) 요약

본 발명은 미세먼지 측정 장치에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 대기중의 미세먼지에 대한 밀도, 입자 크기 등을 더욱 정밀하게 측정 가능하도록 하는 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치에 관한 것이다.

이를 위해 본 발명은, 미세먼지에 의해 산란되는 광을 SiPM(Silicon Photo-Multiplier)으로 광증배하여 미세먼지의 입자크기 및 밀도 중 적어도 어느 하나 이상을 실시간으로 측정하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



- | | |
|--|--|
| (52) CPC특허분류
G01N 21/94 (2013.01) | (56) 선행기술조사문헌
JP2017535764 A* |
| (73) 특허권자
임경택
전라남도 나주시 다시면 량동길 29-7
(주)코발트
대전광역시 유성구 덕명동로16번길 35-12 ,101호(
구암동) | KR101490328 B1*
KR101574435 B1
KR2020130004670 U
KR1020040088012 A
KR101037798 B1
KR1020170136885 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌 |
-

명세서

청구범위

청구항 1

미세먼지에 의해 산란되는 광을 SiPM(Silicon Photo-Multiplier)으로 광증배하여 단위 미세먼지의 입자크기 및 밀도를 실시간으로 측정하고, 자가 전력 생산 장치를 통해 전원을 공급받고, 상기 SiPM(60)이 수신한 광에 기초하여 미세먼지 입자크기 및 밀도를 산출하는 미세먼지 산출수단(70)을 포함하되,

밀폐된 공간을 형성하는 대기 수용수단(10)과; 상기 대기 수용수단(10)으로 외부 공기를 유입 및 배출시키는 대기 순환수단(20)과; 상기 대기 수용수단(10)으로 광을 조사하는 투광 수단(30)과; 상기 대기 수용수단(10)을 거쳐 출력되는 광을 수신하기 위한 수광 수단(40)과; 상기 대기 수용수단 내 유입된 미세먼지에 의해 산란된 광을 반사 혹은 집광하기 위한 집광 수단(50)과, 비가 오는 상황 또는 미세먼지 측정이 불필요한 경우 상기 대기 순환수단(20)을 제어하여 대기 수용수단(10) 내부의 이물질질을 외부로 배출하기 위한 순환 제어수단(100);을 더 포함하고,

상기 대기 수용수단(10)은 내부에 구비되는 SiPM들 중 어느 하나 이상을 향하여 집광 수단(50)이 배치되도록 하는 내측면 구조를 갖고,

상기 수광 수단(40)은 SiPM(60)과는 별개로 미세먼지 양을 보조적으로 측정할 수 있는 수광소자를 구비하여 SiPM(60)을 통한 미세먼지 측정 정보를 미세먼지 산출수단(70)에 의해 보정 가능하게 하며,

상기 SiPM(60)은 미세먼지에 의해 산란되는 광 및 집광 수단(50)에 의해 반사되는 광을 수신하는 것을 특징으로 하는 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 대기 수용수단(10)은 외부 공기의 유입 속도를 감소시키기 위한 공기 완충부(11)를 구비하는 것을 특징으로 하는 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치.

청구항 11

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 미세먼지 측정 장치에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 대기중의 미세먼지에 대한 밀도, 입자 크기를 더욱 정밀하게 측정 가능하도록 하는 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로, 미세먼지라 함은 지름이 10 μ m(마이크로미터, 1 μ m=1000분의 1mm) 이하의 먼지로 PM(Particulate Matter)10이라고도 하는데, 특히 자동차 배출가스나 공장 굴뚝 등을 통해 주로 배출되며 중국의 황사나 심한 스모그 발생 시 국내로 날아오는 크기가 작은 먼지를 말한다.

[0005] 미세먼지 중 입자의 크기가 더 작은 미세먼지를 초미세먼지라 부르며 지름 2.5 μ m 이하의 먼지로서 PM2.5라고 하며, 주로 자동차 배출가스 등을 통해 직접 배출된다.

[0007] 대기 중으로 배출된 가스 상태의 오염물질이 아주 미세한 초미세먼지 입자로 바뀌기도 하는데 초미세먼지가 미세먼지보다 더 위험한 것은 허파파리 등 호흡기의 가장 깊은 곳까지 침투하여 혈관으로 들어가기 때문이다.

[0009] 세계보건기구(WHO)는 미세먼지 중 디젤에서 배출되는 BC(black carbon)을 1급 발암물질로 지정하고 있으며, 장기간 미세먼지에 노출되면 면역력이 급격히 저하되어 감기, 천식, 기관지염 등의 호흡기 질환은 물론 심혈관 질환, 피부질환, 안구질환 등 각종 질병에 노출될 수 있다.

[0011] 국내의 경우, 환경부가 지난 1995년 1월부터 10 μ m 이하의 미세먼지(PM 10)를 새로운 대기오염물질로 규제하고 있는 가운데 2015년 1월부터 2.5 μ m 이하의 초미세먼지(PM 2.5)에 대한 규제가 시행 중인 상황이고, 「환경정책기본법 시행령」에 따른 미세먼지의 대기환경 기준은 24시간 평균 100 μ g/m³ 이하, 1년간 평균 50 μ g/m³ 이하이며, 2015년부터 시행되는 초미세먼지의 대기환경 기준은 24시간 평균 50 μ g/m³ 이하, 1년간 평균 25 μ g/m³ 이하이다.

[0013] 기술된 바와 같은 미세먼지(초미세먼지 포함)의 질량이나 크기분포를 정확히 측정하는 것은 대기환경, 실내환경, 작업환경 등 인간의 건강과 밀접한 관계가 있어 매우 중요하기 때문에 최근에 들어 정확한 미세먼지의 입자 크기, 밀도 등을 측정하기 위한 측정 장치가 이용되고 있으며, 이러한 측정 장치의 일례로는 베타선 흡수법을 이용한 대기질 질량측정기, 이동형 전기이동도 분급장치, 광학입자계수기, 진동수정 마이크로 저울 등이 있다.

[0015] 베타선 흡수법을 이용한 대기질 질량측정기는 먼지에 따른 베타선 흡수량을 감지하여 먼지의 질량을 측정하고, 이동형 전기이동도 분급장치는 먼지를 방사능이나 고전압에 노출시켜 먼지의 크기 및 개수를 검출하게 되는 한편, 광학입자계수기는 먼지에 빛을 조사하여 산출되는 펄스 신호로 먼지 크기 및 먼지의 개수를 측정하고, 진동수정 마이크로 저울은 진동수정판에 흡착되는 먼지에 의한 진동수정판의 진동수를 관찰하여 먼지의 질량을 측정하게 된다.

[0017] 그런데, 아직까지는 대기 중에서 매우 작은 입자 크기를 갖는 초미세먼지를 포함한 미세먼지를 측정하는데 정밀도가 결여되는 문제점이 있거나, 시료 채취 과정을 통해 미세먼지를 검출해야 하는 등의 번거로운 상황이 다르므로, 보다 정밀한 미세먼지 측정을 위한 지속적인 연구가 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0019] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1723073호
- (특허문헌 0002) 대한민국 등록특허공보 제10-1810211호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0020] 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 대기중에 존재하는 미세먼지 밀도, 입자 크기의 정밀 측정이 가능한 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0022] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 미세먼지에 의해 산란되는 광을 SiPM(Silicon Photo-Multiplier)으로 광증배하여 단위 미세먼지의 입자크기 및 밀도를 실시간으로 측정하고, 자가 전력 생산 장치를 통해 전원을 공급받고, 상기 SiPM이 수신한 광에 기초하여 미세먼지 입자크기 및 밀도를 산출하는 미세먼지 산출수단을 포함하되, 밀폐된 공간을 형성하는 대기 수용수단과; 상기 대기 수용수단으로 외부 공기를 유입 및 배출시키는 대기 순환수단과; 상기 대기 수용수단으로 광을 조사하는 투광 수단과; 상기 대기 수용수단을 거쳐 출력되는 광을 수신하기 위한 수광 수단과; 상기 대기 수용수단 내 유입된 미세먼지에 의해 산란된 광을 반사 혹은 집광하기 위한 집광 수단과, 비가 오는 상황 또는 미세먼지 측정이 불필요한 경우 상기 대기 순환수단을 제어하여 대기 수용수단 내부의 이물질들을 외부로 배출하기 위한 순환 제어수단;을 더 포함하고, 상기 대기 수용수단은 내부에 구비되는 SiPM들 중 어느 하나 이상을 향하여 집광 수단이 배치되도록 하는 내측면 구조를 갖고, 상기 수광 수단은 SiPM과는 별개로 미세먼지 양을 보조적으로 측정할 수 있는 수광소자를 구비하여 SiPM을 통한 미세먼지 측정 정보를 미세먼지 산출수단에 의해 보정 가능하게 하며, 상기 SiPM은 미세먼지에 의해 산란되는 광 및 집광 수단에 의해 반사되는 광을 수신하는 것을 특징으로 한다

또한, 상기 대기 수용수단은 외부 공기의 유입 속도를 감소시키기 위한 공기 완충부를 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 삭제

[0024] 삭제

[0025] 삭제

[0026] 삭제

[0027] 삭제

[0028] 삭제

[0029] 삭제

[0030] 삭제

[0031] 삭제

[0032] 삭제

[0033] 삭제

[0034] 삭제

발명의 효과

[0036] 이상과 같은 본 발명에 따른 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치는 주로 방사선 관련한 의료기기에서 사용되는 SiPM을 미세먼지 측정 장치에 적용함으로써 저조도의 광량이라도 대폭적으로 증폭시킬 수 있는 이유로, 미세먼지 입자크기 및 밀도를 매우 정밀하게 측정할 수 있도록 한다.

[0038] 또한, 미세먼지 측정정보를 유무선으로 전송할 수 있도록 하여, 이를 빅데이터화 하거나 기후 관련 정보를 관리하는 기상청으로의 전송을 통해 정확한 미세먼지 측정 시스템의 구축이 가능하도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1은 본 발명에 따른 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치의 동작 구조를 개략적으로 도시한 개념도.

도 2는 본 발명에 따른 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치의 구성요소를 나타낸 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0043] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0045] 이하, 도면을 참조로 하여 본 발명에 따른 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치를 설명하기로 한다.

[0047] 도 1은 본 발명에 따른 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치의 동작 구조를 개략적으로 도시한 개념도이고, 도 2는 본 발명에 따른 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치의 구성요소를 나타낸 블록도이다.

[0049] 본 발명은 기본적으로 미세먼지에 의해 산란되는 광을 SiPM(Silicon Photo-Multiplier)으로 광증배하여 미세먼지의 입자크기 및 밀도 중 적어도 어느 하나 이상을 측정하기 위한 것이다. SiPM을 이용한 미세먼지의 산란광을 측정하는 경우 SiPM의 민감도가 여느 센서들에 비해 매우 높기 때문에 미러 혹은 렌즈의 구조를 사용하지 않아도 적절한 광차폐를 적용하는 것만으로도 효과적인 측정이 가능하다. 다만, 실시예로서 적용가능한 형태의 구조를 도 1에 표현하였다.

[0051] 본 발명에 따른 미세먼지 측정 장치는 종래 센서들과 비교하여 민감도가 매우 높은 SiPM을 사용함에 따라 단위 미세먼지의 입자크기 및 밀도 중 어느 하나 이상을 실시간으로 측정하며, 저전력으로 구동 가능하여 기존 공지된 풍력, 수력, 조력, 태양열 등을 사용한 자가 전력 생산 장치를 통해 전원을 공급받을 수도 있다.

[0053] 본 발명에 따른 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 장치의 일 실시예는 밀폐된 공간을 형성하는 대기 수용수단(10)과, 대기 수용수단(10)으로 외부 공기를 유입 및 배출시키는 대기 순환수단(20)과, 대기 수용수단(10)으로 광을 조사하는 투광 수단(30)과, 대기 수용수단(10)을 거쳐 출력되는 광을 수신하기 위한 수광 수단

(40)과, 대기 수용수단(10) 내 유입된 미세먼지에 의해 산란되는 광을 반사시키기 위한 집광 수단(50)과, 대기 수용수단(10) 내 집광 수단(50)에 대향 배치되고 미세먼지에 의해 산란되는 광 및 집광 수단(50)에 의해 반사되는 광을 수신하기 위한 SiPM(60)을 포함하여 이루어진다.

- [0055] 상기 대기 수용수단(10)은 대기 순환수단(20), 투광 수단(30), 수광 수단(40), 집광 수단(50) 및 SiPM(60)을 내부에 수용하거나 고정시키기 위한 용도로 활용되는 일종의 케이스로 분류될 수 있다.
- [0057] 여기서, 상기 대기 수용수단(10)의 내측면은 집광 수단(50)으로부터 내부에 포함된 SiPM들 중 하나 이상을 향하는 방향 기준으로 집광을 하기 위한 구조를 포함하며, 다시 말해서 상기 대기 수용수단(10)은 내부에 구비되는 SiPM들 중 어느 하나 이상을 향하여 집광 수단(50)이 배치되도록 하는 내측면 구조를 갖는 것이 바람직하다.
- [0059] 기술된 상기 대기 수용수단(10)과 집광 수단(50)의 일례로는 대기 수용수단(10)의 내측면이 집광 수단(50)으로부터 SiPM(60)을 향하는 방향 기준으로 곡률반경이 감소되고 반사체로 이루어진 부분을 포함하는 것을 들 수 있으며, 이는 투광 수단(30)이 조사하는 광이 미세먼지에 의해 산란될 시에 산란되는 광이 각각 SiPM(60)측과 집광 수단(50)측으로 향하게 되는 과정에서 SiPM(60)측으로 산란되는 광은 무관하나 집광 수단(50)측으로 향하는 광은 SiPM(60)측으로 보내지도록 해야 미세먼지에 의해 종합적으로 산란된 광의 측정이 가능하기 때문이다.
- [0061] 다시 말해서, 상기 집광 수단(50)측으로 산란되는 광은 집광 수단(50) 자체에 의해 SiPM(60)으로 반사되거나 경사진 반사체를 거쳐 최종적으로 SiPM(60)으로 도달 가능하게 된다.
- [0063] 상기와 같은 대기 수용수단(10), 집광 수단(50) 및 SiPM(60)의 위치 관계를 통해 단일한 SiPM(60)을 사용하더라도 고효율로 미세먼지의 측정이 가능해진다.
- [0065] 또한, 상기 대기 수용수단(10)이 외부 공기의 유입 속도를 감소시키기 위한 공기 완충부(11)를 구비하도록 하여 대기 수용수단(10) 내 미세먼지를 포함한 공기가 급속도로 유입되거나 유출되지 않도록 함으로써 SiPM(60)이 산란된 광을 정밀하게 측정하는데 필요한 일정 시간을 확보하도록 할 수 있다.
- [0067] 참고적으로, 상기 공기 완충부(11)는 예로써 도면에서와 같이 대기 수용수단(10) 내 하나 이상의 측벽이 설치되는 구조를 통해 대기 수용수단(10) 내 유입되는 공기가 측벽을 거쳐 감속되도록 하는 경로를 제공하게 된다.
- [0069] 상기 대기 순환수단(20)은 대기 수용수단(10)으로 외부 공기를 유입시키기 위한 부분과 대기 수용수단(10) 외부로 내측 공기를 배출시키기 위한 부분으로 이루어질 수 있으며, 이러한 각각의 공기 유입 및 배출을 위해 펌프, 팬 등과 같은 기기가 대기 수용수단(10)에 설치될 수 있다.
- [0071] 상기 투광 수단(30)은 대기 수용수단(10) 내부에 레이저, LED와 같은 광을 조사하고 수광 수단(40)은 대기 수용수단(10) 내 미세먼지에 의해 산란된 광을 제외한 나머지 광의 출력을 수신하기 위한 것으로, 수광 수단(40)이 수신한 나머지 광은 SiPM(60)으로 산란된 광과의 비교를 통해 이하 기술되는 미세먼지 산출수단(70)에서 미세먼지에 대한 입자크기, 밀도 등에 대해 정밀성을 판단하거나 보정하는데 활용될 수 있다.
- [0073] 즉, 상기 수광 수단(40)이 수신한 나머지 광과 SiPM(60)이 수신한 산란된 광을 비교함으로써 대기 수용수단(10) 내부에서 소실되거나 SiPM(60)이 수신하지 못한 산란된 광을 산출하여 미세먼지 측정 정보에 반영할 수 있을 것이다.
- [0075] 또한, 상기 수광 수단(40)은 SiPM(60)과는 별개로 미세먼지 양을 보조적으로 측정할 수 있는 수광소자를 구비하여 SiPM(60)을 통한 미세먼지 측정 정보를 보정 가능하도록 하며, 수광소자에 의한 미세먼지 측정 정보의 보정은 미세먼지 산출수단(70)에서 이루어질 수 있다.
- [0077] 상기 집광 수단(50)은 SiPM(60)이 설치된 방향에 반대로 산란되는 광을 다시 SiPM(60)으로 반사시키도록 가능하게 되며, 이를 위해 대기 수용수단(10) 내부에 SiPM(60)과 대향 배치되는 것이 바람직하다.
- [0079] 상기 SiPM(60)은 저조도용 광 검출 센서의 하나로 기존 진공관 기반의 광증배관을 대체할 수 있는 소자로 알려져 있는데, 기존 광증배관과 동일한 증폭률을 가지면서도 낮은 가격, 낮은 동작전압, 소형화 등의 장점을 가지면서도 자기장에 민감하지 않기 때문에, 미세먼지에 의해 산란되거나 집광 수단(50)에 의해 반사되는 광의 조도가 낮더라도 고유의 특성에 의해 산란광이나 반사광을 크게 증폭시킬 수 있어, 결과적으로 미세먼지 측정 정보의 정밀성을 대폭적으로 향상시킬 수 있게 된다.
- [0081] 상기 SiPM(60)을 사용하는 구체적인 장점으로는 다음과 같은 것들이 있다.
- [0083] 1. 에너지 절감

[0085] SiPM(60)을 이용하여 미세먼지를 측정하는 경우 LED, 레이저와 같은 광원의 운용에 있어서 매우 낮은 Intensity의 광(낮은 전압, 낮은 Watt 운용)을 사용할 수 있고, 이로 인해 매우 높은 수준의 에너지 절감효과를 얻을 수 있다. 이는 배터리를 이용하여 동작시키는 경우 매우 긴시간 동안 동작시킬 수 있는 등 큰 장점이 된다.

[0087] 특히, 레이저는 LED에 비해 높은 Intensity의 광을 출력하기 때문에 측정상의 장점이 있지만 많은 전력소모가 발생하기 때문에 Mobile 제품에 사용은 제한적이므로, SiPM(60)의 사용은 레이저와 비교하여 충분히 좋은 데이터 취득을 가능하게 한다.

[0089] LED 사용은 가격적인 측면에서도 레이저에 비해 저렴하며, 매우 짧은 시간 동안 Pulse 형태의 전압을 인가하는 경우 레이저보다 LED가 빠른 반응을 보인다는 장점이 있다.

[0091] 2. 작은 크기의 시스템 제작

[0093] SiPM(60)의 경우 산란된 광에 대해 기존 다른 센서들에 비교할 때 매우 높은 수준의 Sensitivity를 가지기 때문에, 산란된 빛을 모아 주기 위한 렌즈나 반사체 등의 집광 시스템이 필요하지 않다. 따라서 전반적인 센싱 시스템의 사이즈를 작게 설계할 수 있다는 장점이 있다.

[0095] 특히 높은 집진성과 직진성을 가지는 레이저에 비해 LED의 경우 집광이 어렵기 때문에 집광 시스템을 적용하는 것이 일반적이나 본 기술을 이용하는 경우 특별한 구조체가 없이도 충분한 성능을 낼 수 있다.

[0097] 3. 빠른 데이터 취득 속도

[0099] 기존의 센서 방식의 경우 충분한 광량을 얻기 위해 센서와 광원을 오랜 시간 동안 동작 시켜야 하는 단점이 있다. SiPM(60)을 이용하는 경우 매우 짧은 시간의 광으로도 충분한 정보를 얻을 수 있다. 1카운트를 얻는데 걸리는 시간은 대략 200ns로서 최대 1초에 500만 카운트의 값을 얻을 수 있다. 이는 기존의 방식의 경우 일반적으로 1카운트 시간이 10 ms로서 1초에 100 카운트를 얻을 수 있다. 이는 실시간의 미세먼지 측정이 가능하게 한다.

[0101] 4. 정확한 데이터 취득

[0103] 짧은 시간 동안 광 정보를 취득할 수 있는 것과 관련하여, 기존의 정적 광 산란법(SLS) 등을 이용하여 PM1.0, PM2.5, PM10등 미세먼지의 크기를 구분 하는 경우에 있어서 SiPM(60)을 적용하는 경우 매우 짧은 시간 동안 미세먼지의 정보를 얻을 수 있으므로 미세먼지의 크기에 따른 스펙트럼을 얻을 수 있게 되고, 이는 충분한 개수의 데이터를 보장하기 때문에 높은 수준의 SNR을 확보할 수 있다. 즉, 보다 정확한 미세먼지 크기의 측정이 가능하다.

[0105] 5. 저농도 미세먼지 측정

[0107] 매우 작은 농도의 미세먼지도 측정할 수 있다. 즉, 미세먼지의 농도가 낮은 경우에도 높은 민감도를 이용하여 미세먼지의 농도 비중을 계산할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 미세먼지의 양 자체는 많지 않지만 현재위치에서 PM 1.0, PM2.5, PM10 등 미세먼지의 서로 다른 비중을 계산할 수 있기 때문에 미세먼지의 원인을 분석 할 수 있다는 장점이 있다.

[0109] 또한, 상기 SiPM(60)이 수신한 광에 기초하여 미세먼지 입자크기 및 밀도 중 적어도 어느 하나 이상을 산출하는 미세먼지 산출수단(70)을 포함하게 되며, 이에 대한 구체적인 사항은 아래에서 살펴보기로 한다.

[0111] [수학식 1]

$$I = \frac{I_0 F(\theta, \Psi)}{k^2 r^2}$$

[0112]

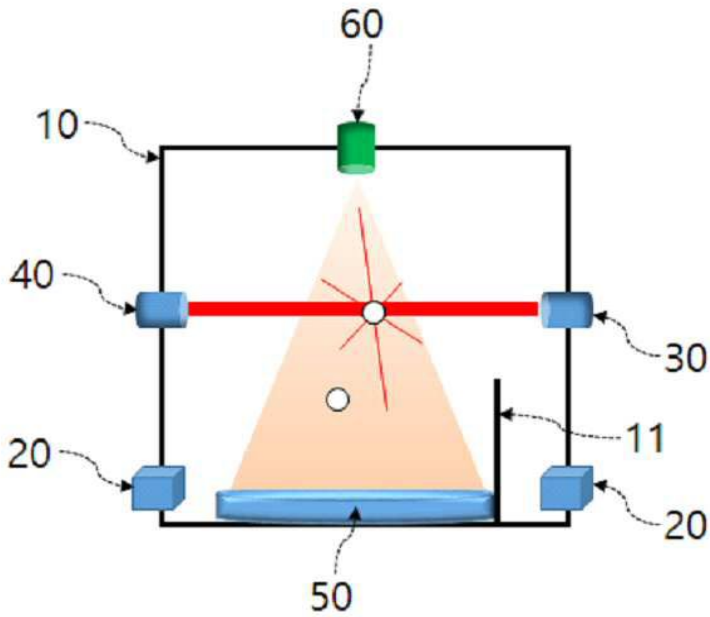
[0114] 일례로, 상기 미세먼지 산출수단(70)의 입자크기 및 밀도 측정에 대해 살펴보면, 산란된 광의 입사광 강도(I)는 입사광의 경로에 존재하는 미세먼지 입자의 직경(r)의 함수라는 Mie 산란이론에 근거하며 지배 방정식(governing equation)은 상기의 수학식 1과 같다.

[0116] 여기서, I_0 는 입사광 강도, θ 는 산란각, Ψ 는 방위각, k (wave number)는 파수, $F(*j \theta)$ 는 무차원 산란각 함수, r 은 미세먼지 입자 직경을 의미한다.

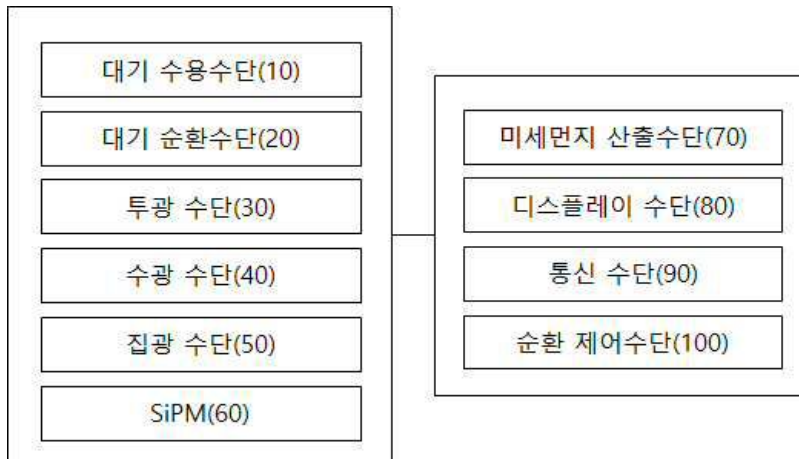
- [0118] 수학식 1에 따르면, 미세먼지 입자에 의한 산란으로 입사광의 강도는 감소하며 미세먼지 입자의 양이 증가할수록 산란에 의한 입사광의 강도 감소는 증가한다. 파장, 굴절률, 산란각은 일정 범위를 갖는 광 특성을 반영하여 상수로 가정할 수 있으며, 이 경우 미세먼지 입자 직경과 산란 강도는 단조함수로 정의할 수 있다. 따라서 입사광의 강도 감소와 산란광의 비율을 측정하는 방식으로 대기 수용수단(10) 내 공기 중 미세먼지 입자의 크기 및 밀도를 측정할 수 있게 된다.
- [0120] 수학식 1은 본 발명에서 미세먼지의 입자크기 및 밀도를 산출하기 위한 일 실시예이며, 종래 공지된 바에 따라 미세먼지와 관련된 정보를 산출할 수도 있을 것이다.
- [0122] 추가로, 상기 미세먼지 산출수단(70)이 산출한 미세먼지 측정정보를 표시하기 위한 디스플레이 수단(80)을 통해 본 발명에 따른 측정 장치가 설치된 현장에서 바로 미세먼지 관련 정보를 취득할 수 있는 한편, 미세먼지 측정정보를 외부 서버에 유선 또는 무선으로 전송하기 위한 통신수단(80)을 더 구비함으로써 미세먼지 관련 정보를 빅데이터화 하는데 사용하거나 기상청과 같이 미세먼지 정보가 필요한 곳으로 측정정보를 실시간 전송할 수도 있다.
- [0124] 참고로, 상기 통신수단(80)의 무선 통신 방식으로는 Wifi, Zigbee, Bluetooth를 포함한 무선 근거리 통신과 CDMA, WCDMA, LTE, 5G 네트워크 방식을 포함한 무선 원거리 통신 등이 적용될 수 있다.
- [0126] 또한, 상기 대기 순환수단(20)을 제어하여 대기 수용수단(10) 내부의 이물질이 외부로 배출하기 위한 순환 제어수단(90)을 더 포함할 수 있는데, 이는 미세먼지 측정이 불필요한 상황에 대기 순환수단(20)을 작동시켜 대기 수용수단(10) 내부에 먼지와 같은 이물질이 가급적 남아있지 않도록 하여, 다시 미세먼지를 측정할 시에 누적된 먼지로 인한 측정 오차 확률을 감소시키도록 기능하게 된다.
- [0128] 예를 들어, 상기 순환 제어수단(90)은 비가 오는 상황이나 측정시간이 정해져 미세먼지를 측정할 필요가 없는 경우를 각각 습도 감지센서 및 타이머(미도시)에 의해 확인하여 대기 순환수단(20)을 작동시켜 대기 수용수단(10) 내 먼지 등의 이물질을 제거할 수 있으며, 대기 순환수단(20)으로 사용되는 펌프, 팬과 같은 기기의 출력 세기를 높여 더욱 원활하게 이물질을 제거할 수도 있을 것이다.
- [0130] 한편으로, 본 발명에 따른 SiPM을 사용한 미세먼지 측정 방법은 대기 수용수단(10)을 통해 밀폐된 공간을 형성하는 단계와, 대기 순환수단(20)을 통해 대기 수용수단(10)으로 외부 공기를 유입 및 배출시키는 단계와, 투광수단(30)을 통해 대기 수용수단(10)으로 광을 조사하는 단계와, 수광 수단(40)을 통해 대기 수용수단(10)을 거쳐 출력되는 광을 수신하는 단계와, 집광 수단(50)을 통해 대기 수용수단(10) 내 유입된 미세먼지에 의해 산란되는 광을 반사시키는 단계와, 대기 수용수단(10) 내 집광 수단(50)과 대향 배치되는 SiPM(60)을 통해 미세먼지에 의해 산란되는 광 및 집광 수단(50)에 의해 반사되는 광을 수신하는 단계를 포함하여 이루어진다.
- [0132] 또한, 미세먼지 산출수단(70)을 통해 SiPM(60)이 수신한 광에 기초하여 미세먼지 입자크기 및 밀도 중 적어도 어느 하나 이상을 산출하는 단계와, 디스플레이 수단(80)을 통해 미세먼지 산출수단(70)이 산출한 미세먼지 측정정보를 표시하는 단계와, 통신수단(90)을 통해 미세먼지 산출수단(70)이 산출한 미세먼지 측정정보를 외부 서버에 유선 또는 무선으로 전송하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0134] 기술된 바와 같은 본 발명의 과정에 따르면, 상기 대기 순환수단(20)에 의해 대기 수용수단(10)으로 공기가 유입된 다음 투광 수단(30)이 광을 대기 수용수단(10) 내부에 조사하게 되면 공기에 함유된 미세먼지에 의해 산란된 광과 집광 수단(50)에 의해 반사된 광이 SiPM(60)으로 도달하게 되며, 결과적으로 SiPM(60)이 고유의 높은 광 증폭률을 기반으로 하여 미세하게 산란된 광에 대해서도 크게 증폭시켜 미세먼지에 대한 정밀한 측정을 가능하게 할 수 있다.
- [0136] 그리고, 상기 SiPM(60)이 수신한 광을 미세먼지 산출수단(70)을 통해 수치화하여 디스플레이 수단(80)으로 전송함으로써 시각적으로 직접 확인 가능하게 하는 한편, 통신수단(90)을 통해 외부 서버로 전송하여 미세먼지 정보를 수집하거나 기상청과 같이 미세먼지 측정정보가 필요한 곳으로 용이하게 전송할 수도 있다.
- [0138] 이상에서 첨부된 도면을 참조하여 본원발명을 설명함에 있어 특정형상 및 방향을 위주로 설명하였으나, 본 발명은 당업자에 의하여 다양한 변형 및 변경이 가능하고, 이러한 변형 및 변경은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

도면1



도면2



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

청구항 4에 있어서

【변경후】

청구항 1에 있어서