

- (73) 특허권자
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
- (72) 발명자
박설현
광주광역시 남구 봉선로 134, 202동 1001호
장정익
광주광역시 북구 양산택지소로 20, 107동 2001호
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인아주

심사관 : 인치현

- | | |
|---|--|
| <p>(52) CPC특허분류
 G02B 27/10 (2013.01)
 G01N 2015/0693 (2013.01)</p> <p>(72) 발명자
 남원식
 광주광역시 남구 군분로 94번길 2, 2층
 이수한
 광주광역시 서구 내방로240번길 10, 107동 201호</p> | <p>(56) 선행기술조사문헌
 JP02310445 A*
 JP3215175 B2*
 KR1020010053938 A*
 KR1020180121110 A*
 KR101932446 B1
 JP2019095413 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌</p> |
|---|--|

- 이 발명을 지원한 국가연구개발사업
- | | |
|----------|-----------------------------|
| 과제고유번호 | 20194030202410 |
| 부처명 | 산업통상자원부 |
| 연구관리전문기관 | 한국에너지기술평가원 |
| 연구사업명 | 에너지인력양성사업 |
| 연구과제명 | 태양열 기반 계간축열 시스템 최적화 기술 고급트랙 |
| 기 여 율 | 1/2 |
| 주관기관 | 조선대학교 산학협력단 |
| 연구기간 | 2019.01.01 ~ 2019.12.31 |
- 이 발명을 지원한 국가연구개발사업
- | | |
|----------|-----------------------------|
| 과제고유번호 | 1711087488 |
| 부처명 | 개인기초연구 과기정통부(R&D) |
| 연구관리전문기관 | 과학기술정보통신부 |
| 연구사업명 | 중견연구사업 |
| 연구과제명 | 연소과정에서 배출된 미세먼지 입자의 광학특성 연구 |
| 기 여 율 | 1/2 |
| 주관기관 | 조선대학교 산학협력단 |
| 연구기간 | 2019.03.01 ~ 2020.02.29 |
-

명세서

청구범위

청구항 1

미세먼지가 통과하는 덕트;

상기 미세먼지로 빛을 조사하는 광원;

광원의 출사측에 마련되는 빔 스플리터;

상기 빔 스플리터에서 반사되어 상기 미세먼지를 통과하지 않은 광을 측정하는 제 1 광측정기;

상기 미세먼지를 투과한 광을 측정하는 제 2 광측정기;

상기 미세먼지에서 산란된 광을 측정하는 제 3 광측정기; 및

상기 제1 광측정기 내지 상기 제3 광측정기의 측정 결과에 기반하여 광산란과 광흡수의 비율을 식별하고, 상기 비율에 기반하여 상기 미세먼지의 종류를 식별하는 연산장치를 포함하는 미세먼지 분석장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 덕트는 상기 미세먼지가 중력방향으로 이동하도록 하기 위하여 수직방향덕트를 가지는 미세먼지분석장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 덕트의 내면을 가열하는 히터가 포함되는 미세먼지분석장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 3 광측정기의 입사면에는 광각렌즈가 놓이는 미세먼지분석장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 덕트와 상기 빔 스플리터의 사이 및 상기 덕트와 상기 제 3 광측정기의 사이 중의 적어도 한 곳에는 미세먼지의 유입을 막기 위한 에어커튼을 형성하는 노즐이 제공되는 미세먼지분석장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 광측정기중의 적어도 하나의 입사면에는, 편광을 가지는 편광 플레이트가 마련되는 미세먼지분석장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 미세먼지를 분석하는 장치에 관한 것으로서, 더 상세하게는, 미세먼지의 성분을 특정하고 그 농도를 분석하는 분석장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 미세먼지는, 미세먼지가 생성되는 과정에 따라서 1차 발생 미세먼지와 2차 발생 미세먼지로 구분할 수 있다.

- [0003] 상기 1차 발생 미세먼지는, 공장의 굴뚝 등 고정 배출원, 자동차 배기가스, 및 건설현장의 비산먼지 등의 1차 발생원에서 직접 대기 중으로 유입되는 미세먼지를 말한다.
- [0004] 상기 1차 발생 미세먼지는 상대적으로 먼지의 크기가 크고, 주로 PM-10의 미세먼지 농도와 관련이 있다.
- [0005] 상기 2차 발생 미세먼지는, 가스 상태로 배출된 물질이 공기 중의 다른 물질과 화학 반응을 일으켜 생성되는 미세먼지를 말한다. 상기 2차 발생 미세먼지는, 석탄, 석유 등 화석연료가 연소되는 과정에서 배출되는 황산화물이, 대기 중의 수증기, 및 암모니아와 결합하거나, 자동차 배기가스에서 나오는 질소산화물이 대기 중의 수증기, 오존, 및 암모니아 등과 결합하는 화학반응을 통해서 생성된다.
- [0006] 상기 2차 발생 미세먼지는, 상기 1차 발생 미세먼지에 비해 상대적으로 먼지의 크기가 작고, PM-2.5의 농도와 관련이 있다.
- [0007] 상기 미세먼지를 측정하는 방법으로는, 중량포집법, 베타선 흡수법, 광산란법, 및 광소멸법 등과 같은 방법이 주로 사용된다.
- [0008] 상기 중량포집법과 상기 베타선 흡수법은, 필터에 먼지를 포집하는 과정이 필요하다. 이에 따라서 실시간으로 미세먼지를 분석하는 것이 어렵다.
- [0009] 상기 광산란법은, 미세먼지 형상을 구 형상으로 가정하고, 미에 스캐터링 방식(Mie Scattering)을 사용하여 미세먼지를 분석한다. 그러나, 많은 미세먼지, 특히, 1차 발생 미세먼지의 형상은 구형의 입자가 서로 불규칙하게 연결되어 덩어리 형태로 존재한다. 결국, 미세먼지의 형상에 대한 차이로 인하여 오차가 크게 발생한다.
- [0010] 상기 광소멸법(Light extinction method)은 미세먼지에 의해 빛이 소멸되는 무차원값인 광소멸계수(K_e)값을 이용하여 미세먼지의 농도를 계산한다. 상기 광소멸과 미세먼지의 농도는, 상호 일정한 관계를 가지는 것으로 알려져 있다. 예를 들어, 최석천, 장영석, 박설현, 김연규. (2016). 바이오디젤과 디젤 연기입자의 광학특성 및 무차원 광소멸계수 측정에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지, 30(1), 37-42.(인용문헌1)에는 그 관계를 이용하는 분석방법이 소개되어 있다.
- [0011] 상기 광소멸법에 의한 분석방법에서 이용하는 광소멸현상은, 광산란과 광흡수에 의한 현상을 함께 포함한 값이다. 광소멸을 관찰하는 것만으로는, 그 광소멸 현상이 산란과 흡수 중에서 어느 것이 주된 원인이 되는 지 알아낼 수 없는 문제점이 있다. 다시 말하면, 광소멸에 기여하는, 광흡수에 의한 비율과 광산란에 의한 비율을 파악할 수가 없는 문제점이 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0012] (비특허문헌 0001) 최석천, 장영석, 박설현, 김연규. (2016). 바이오디젤과 디젤 연기입자의 광학특성 및 무차원 광소멸계수 측정에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지, 30(1), 37-42.의 광소멸계수

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은 상기되는 배경하에서 제안되는 것으로서, 단일의 미세먼지 분석장치를 이용하여, 광산란현상과 광흡수현상을 함께 분석할 수 있는 미세먼지의 분석장치를 제안한다.
- [0014] 본 발명은 미세먼지의 분석 시에 광산란에 의한 영향과 광흡수에 의한 영향을 개별로 알 수 있도록 함으로써, 미세먼지의 발생원을 구분해 낼 수 있는 미세먼지의 분석장치를 제안한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 본 발명의 미세먼지 분석장치에는, 빔 스플리터; 상기 빔 스플리터에서 반사되어 상기 미세먼지를 통과하지 않은 광을 측정하는 제 1 광측정기; 상기 미세먼지를 투과한 광을 측정하는 제 2 광측정기; 및 상기 미세먼지에서 산란된 광을 측정하는 제 3 광측정기가 포함된다. 이들 분석장치에 따르면, 미세먼지가 포함된 공기를 투과한 광과, 미세먼지에 의해서 산란된 광을 분석할 수 있고, 이를 통하여 산란과 흡수에 의한 미세먼지의 흡수량을

예상할 수 있다.

- [0016] 나아가서, 미세먼지의 종류에 따라서, 산란 및 흡수의 비율이 다른 것을 감안하여 미세먼지를 추정할 수 있다.
- [0017] 미세먼지가 포함되는 공기가 통과하는 덕트는, 상기 미세먼지가 중력방향으로 이동하도록 하기 위하여 수직방향 덕트를 가지도록 함으로써, 상기 분석장치의 내벽에 부착될 수 있는 미세먼지를 줄일 수 있다.
- [0018] 상기 덕트의 내면을 가열하는 히터가 포함되어, 열영동에 의한 미세먼지의 부착을 방지할 수 있다. ,
- [0019] 상기 제 3 광측정기의 입사면에는 광각렌즈가 놓여서, 넓은 범위에서 산란광을 입사시킬 수 있다.
- [0020] 상기 덕트와 상기 빔 스플리터의 사이 및 상기 덕트와 상기 제 3 광측정기의 사이 중의 적어도 한 곳에는 미세먼지의 유입을 막기 위한 에어커튼을 형성하는 노즐이 제공되어, 분석장치의 측정오차를 줄일 수 있다.
- [0021] 상기 광측정기중의 적어도 하나의 입사면에는, 편광을 가지는 편광 플레이트가 마련되어, 이물질의 유입을 차단할 수 있다. 바람직하게 모든 광측정기에 대해서는 편광 플레이트가 마련될 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명에 따르면, 단일의 미세먼지 분석장치를 이용하여 미세먼지의 광산란계수와 광흡수계수를 함께 얻을 수 있다.
- [0023] 본 발명에 따르면, 미세먼지의 발생원을 대략적으로 식별하는 것과 함께 미세먼지의 농도를 알아낼 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 실시예에 따른 미세먼지 분석장치를 설명하는 도면.
- 도 2는 예시 물질에 따른 광소멸계수.
- 도 3은 예시의 미세먼지를 이용하여 광측정기를 동작시킨 결과 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예를 상세하게 설명한다. 다만, 본 발명의 사상은 이하의 실시예에 제한되지 아니하고, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에 포함되는 다른 실시예를 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 및 추가 등에 의해서 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명 사상의 범위에 포함된다고 할 것이다.
- [0026] 도 1은 실시예에 따른 미세먼지 분석장치를 설명하는 도면이다.
- [0027] 도 1을 참조하면, 실시예에 따른 미세먼지 분석장치에는, 빛을 조사하는 광원(1), 미세먼지가 통과하는 덕트(2), 및 광원(1)에서 조사된 빛을 강도를 분리하는 빔 스플리터(3)가 포함된다. 상기 광원(1)에서 조사된 광은 덕트의 내부에서 미세먼지에 의해서 산란 및 소멸될 수 있다. 상기 빔 스플리터(3)는 광을 50:50으로 분리하여, 미세먼지 측으로 가는 광과 제 1 광측정기(4)로 입사하는 광이 같은 강도를 가지도록 하는 것이 바람직하다. 물론, 빔 스플리터에서 분리되는 광이 서로 다르게 분리되더라도 실시가 불가능한 것은 아니지만, 편의를 위하여 동일하게 분리되는 것이 바람직하다.
- [0028] 상기 광원(1)에서 조사된 광이 미세먼지의 영향을 받는 정도를 측정하여, 미세먼지의 대략적 성분과 미세먼지의 농도를 알아낼 수 있다. 이를 위하여, 미세먼지의 영향을 받기 전과 영향을 받은 후의 광의 강도를 측정하기 위한, 적어도 두 개의 광측정기가 마련될 수 있다.
- [0029] 구체적으로, 상기 광측정기에는, 상기 빔 스플리터에서 반사되어 상기 덕트 내의 미세먼지의 영향을 받지 않은 광의 강도(I_0)를 측정하기 위한 제 1 광측정기(4), 미세먼지로 인해 일정량의 광이 소멸된 후에 미세먼지를 투과한 광의 투과강도(I)를 측정하기 위한 제 2 광측정기(6), 및 미세먼지로 인해 산란된 광의 산란강도(I_s)측정을 위한 제 3 광측정기(5)가 포함될 수 있다. 상기 광측정기는 광의 세기를 측정할 수 있다.
- [0030] 상기 광측정기(4)(5)(6)의 입사단에는, 입사측 전방의 산란광을 차폐시키기 위하여 편광을 가지는 편광 플레이트(41)(51)(61)가 마련된다. 상기 제 1 광측정기(4)의 입사단에는 산란되는 광의 측정폭을 넓히기 위한 광각렌즈(7)가 더 포함될 수 있다. 상기 광각렌즈는 코사인 센서가 사용될 수 있다.
- [0031] 상기 덕트(2)에는 미세먼지가 유동하는 주된 경로를 수직으로 제공하는 수직방향덕트(21)가 길게 마련된다. 상

기 수직방향덕트(21)를 통과하는 미세먼지입자의 유동방향은 수직으로 되어, 수직방향덕트(21)의 벽면에 미세먼지가 침전되지 않거나 미세먼지가 침전되더라도 그 침전량을 줄일 수 있다. 여기서, 수직방향은 중력방향에 대하여 평행인 것을 말한다. 상기 수직방향덕트(21)로 상기 광원(1)의 빛이 조사될 수 있다.

- [0032] 상기 수직방향덕트(21)의 입출구에는 미세먼지를 머금은 외부공기가 짧은 길이의 수평방향덕트가 제공될 수 있으나, 그 길이는 극히 짧게 마련되어 침전 등의 문제는 발생하지 않을 수 있다. 상기 덕트(2)의 출구에는 공기를 흡입하고 토출하는 팬(8)이 마련되어 외부공기를 흡입하고 토출할 수 있다.
- [0033] 한편, 광원으로부터 배출되는 입사광이 미세먼지 입자에 의해 흡수 및 산란되어 광소멸이 일어난 다음에는, 광소멸에 기여한 미세입자는 모두 덕트 밖으로 빠져 나가는 것이 바람직하다. 바람직하지 않은 예로, 미세먼지가 덕트(2)의 벽면에 흡착되거나 덕트(2) 내부에 침전되지 않아야 미세먼지 분석에 있어서 오차를 줄일 수 있다.
- [0034] 이를 위하여 실시예에 따른 미세먼지 분석장치에는, 덕트 내부를 가열하기 위한 히터(22)를 구비하여 열영동 효과를 통해 입자의 흡착을 방지할 수 있다. 상기 히터(22)는 덕트(2)를 포함하는 미세먼지가 유동하는 공간을 정의하는 벽면의 내부에 마련될 수 있다. 도면에서는 벽면을 해칭하여 히터가 마련되는 것을 도시하였다.
- [0035] 상기 빔 스피리터(3)와 상기 제 3 광측정기(6)로 이물질의 유입 및 흡착을 막기 위하여, 에어커튼을 형성하는 노즐(9)(10)이 제공된다. 상기 노즐은, 상기 덕트(2)의 안으로 바람을 분사하여 에어커튼을 형성하고, 덕트 내부의 이물질이 상기 광측정기(4)(6)측으로 유입되는 것을 막을 수 있다.
- [0036] 상기 미세먼지 분석장치의 동작을 설명한다.
- [0037] 미세먼지가 덕트(2)의 내부를 유입/유출하며 유동한다. 이때, 유입되는 미세먼지는 분석된 후에 덕트(2)의 내부에 남지 않도록 한다. 아울러, 덕트(2)의 벽에 붙지 않도록 하기 위하여 덕트의 벽면은 가열될 수 있다.
- [0038] 상기 광원(1)에서 조사된 빛은 미세먼지에 의해서 산란 및 흡수되고, 산란 및 흡수되지 않는 광은 투과한다. 미세먼지에 의해서 산란 및 흡수된 광은, 이하에서 소멸된 것으로 표현한다.
- [0039] 상기 제 1 광측정기(4)는 산란 및 소멸되기 전의 광을 측정하고, 상기 제 2 광측정기(5)는 미세먼지에 의해서 산란된 광을 측정하고, 상기 제 3 광측정기(6)는 투과된 광을 측정한다.
- [0040] 상기 제 3 광측정기(6)에서 측정된 투과광의 결과는, 상기 광원(1)에서 조사된 광에서, 미세먼지에 의해서 산란 및 흡수되어 소멸된 광이 제거된 광이다. 따라서, 상기 제 2 광측정기(5)에서 측정된 산란광과, 측정되지는 않았지만 미세먼지에 의해서 흡수된 광을 알아낼 수 있다. 다시 말하면, 조사된 광원에서(제 1 광측정기에 의해서 측정된다), 산란된 광(제 2 광측정기에 의해서 측정된다)과, 투과된 광(제 3 광측정기에 의해서 측정된다)을 빼면 산란된 광을 얻을 수 있다.
- [0041] 광이 산란되는 정도, 광이 흡수되는 정도, 광이 소멸되는 정도는, 각각 광산란계수, 광흡수계수, 및 광소멸계수로 정의할 수 있다. 또한, 미세먼지의 성분에 따라서 광흡수계수, 광산란계수, 및 광소멸계수는 서로 다르다.
- [0042] 도 2는 예시로 각각의 물질에 따른 광소멸계수를 나타내었다. 도 3은 예시로 임의의 미세먼지를 이용하여 미세먼지의 농도를 측정한 그래프이다. 도 3을 참조하면, 광산란계수(K_{sc})와 광흡수계수(K_a)의 합은 광소멸계수(K_e)로 주어지는 것을 확인할 수 있다. 1차 발생 미세먼지 입자의 광소멸계수는 대략 8~12값을 가질 수 있다.
- [0043] 한편, 광소멸과 미세먼지의 농도(f_v)는 수학식 1의 관계를 가질 수 있다. 수학식 1은 상기 인용문헌에 소개된 바가 있다.

수학식 1

$$f_v = \frac{\lambda \ln(I/I_o)}{K_e L}$$

- [0044]
- [0045] 여기서, 람다는 레이저에서 조사된 빛의 파장, I 는 미세먼지를 투과한 빛의 복사강도, I_o 는 미세먼지를 투과하기 전 빛의 복사강도, L 은 광소멸이 일어나는 경로의 길이, K_e 는 광소멸계수이다. 여기서, 상기 광소멸계수(K

e)는 광산란계수(Ksc)와 광흡수계수(Ka)의 합으로 주어질 수 있다.

[0046] 광산란과 미세먼지의 농도(fvs)는 수학식 2의 관계를 가질 수 있다. 수학식 1은 수학식 1과 유사한 형태로 제공될 수 있다.

수학식 2

$$f_{vs} = \frac{\lambda \ln(I_s/I_o)}{K_{sc}L}$$

[0047]

[0048] 여기서, 람다는 레이저에서 조사된 빛의 파장, I는 미세먼지에서 산란된 빛의 복사강도, Io는 미세먼지를 투과하기 전 빛의 복사강도, L은 광소멸이 일어나는 경로의 길이, Ksc는 광소멸계수이다. 여기서, 상기 광소멸계수(Ke)는 광산란계수(Ksc)와 광흡수계수(Ka)의 합으로 주어질 수 있다.

[0049] 한편, 상기 1차 발생 미세먼지 및 상기 2차 발생 미세먼지에 따라 광흡수와 광산란의 비율이 달라질 수 있다. 예를 들어, 1차 발생 미세먼지로서 연소현상으로 생성된 미세먼지의 탄소는, 광흡수 비율이 높고, 광산란의 비율이 낮게 나타나게 된다. 2차 발생 미세먼지에 의해서 생성된 미세먼지는 반대로 광산란의 비율이 높게 측정된다.

[0050] 상기 광측정장치(4)(5)(6)의 측정결과는 컴퓨터로 예시되는 연산장치로 전달되어 상기 수학식에 따른 연산처리 및 메모리에 저장된 정보를 이용하는 선택처리 등에 의해서 미세먼지의 종류 및 농도를 대략적으로 분석할 수 있다.

[0051] 이와 같은 결과를 이용하여 실시예에 따른 미세먼지 분석장치를 통하여, 광산란과 광흡수의 비율을 통하여 대략적으로 미세먼지의 종류를 알아낼 수 있다. 특정된 미세먼지의 종류를 상기 수학식 1과 수학식 2에 대입함으로써, 미세먼지의 농도를 알아낼 수 있다.

산업상 이용가능성

[0052] 본 발명에 따르면, 미세먼지의 농도외에도, 미세먼지의 광산란 및 광흡수의 비율을 실시간으로 출력함으로써 미세먼지의 1차 발생원을 개략적으로 추적할 수 있다.

[0053] 본 발명에 따르면, 화력발전소, 및 제철소 등의 장소에서 미세먼지의 광산란, 광흡수 비율을 측정함으로써, 1차 발생원에 따른 미세먼지의 광학적 특성을 개략적으로 판단할 수 있다.

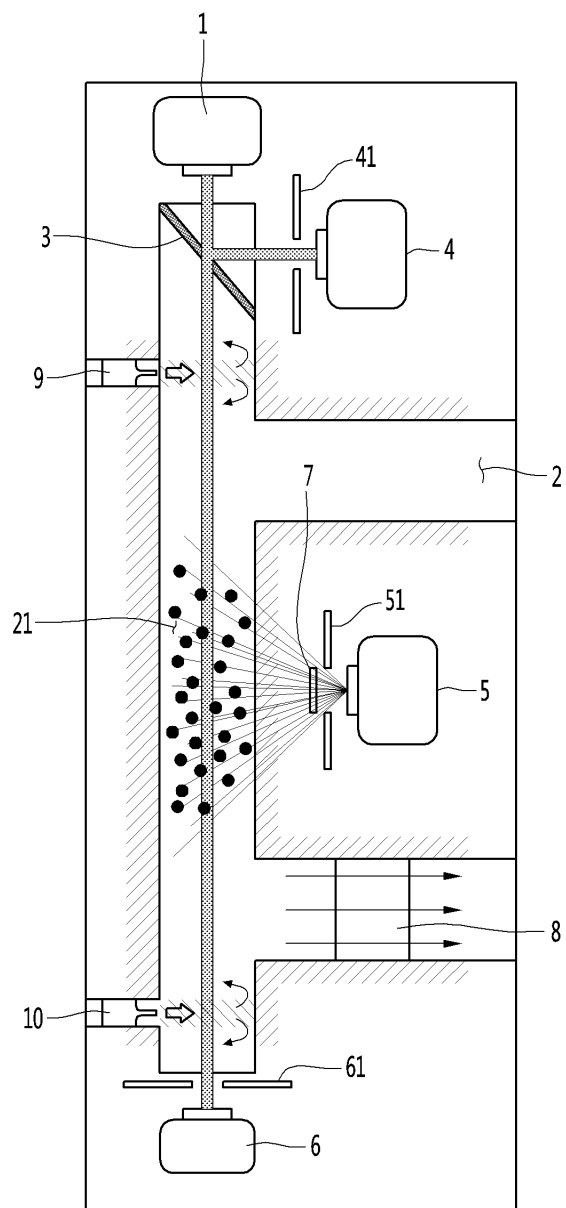
부호의 설명

[0054] 2: 덕트

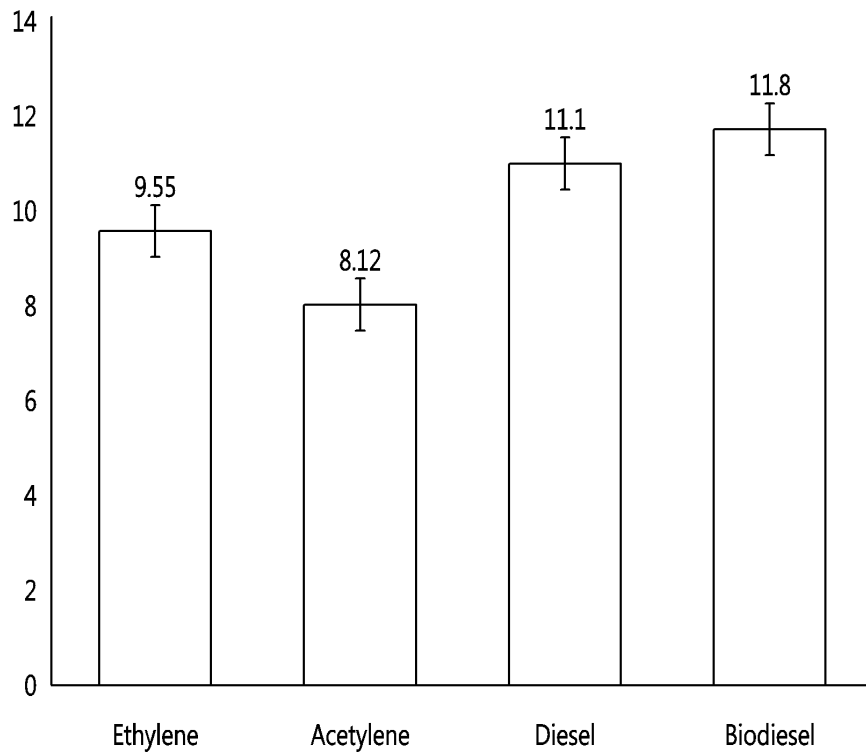
4, 5, 6: 광측정장치

도면

도면1



도면2



도면3

