



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0036186  
(43) 공개일자 2021년04월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 25/18 (2006.01) G01J 5/02 (2006.01)  
G01K 13/12 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 25/18 (2013.01)  
G01J 5/02 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0118329  
(22) 출원일자 2019년09월25일  
심사청구일자 2019년09월25일

(71) 출원인  
경북대학교 산학협력단  
대구광역시 북구 대학로 80 (산격동, 경북대학교)  
경상국립대학교산학협력단  
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)  
(72) 발명자  
이현우  
대구광역시 수성구 범안로 40, 103동 602호 (범물동, 범물청아타운)  
김현태  
경기도 성남시 수정구 위례동로 61, 5613동 1503호(창곡동, 위례 자연엔 래미안이편한세상)  
(74) 대리인  
특허법인 무한

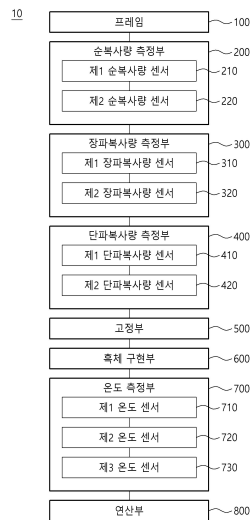
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템

(57) 요약

일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템은, 온실용 자재가 장착되도록 구성된 프레임; 상기 온실용 자재의 상하부에서 순복사량을 측정하는 순복사량 측정부; 상기 온실용 자재의 상하부에서 장파복사량을 측정하는 장파복사량 측정부; 상기 온실용 자재의 상하부에서 단파복사량을 측정하는 단파복사량 측정부; 및 상기 온실용 자재의 상하부에서 온도를 측정하는 온도 측정부;를 포함하고, 상기 온실용 자재는 보온재, 단열재 또는 차광재를 포함하고, 상기 온실용 자재는 상기 프레임에 대하여 탈부착 가능하게 마련될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**G01K 13/12** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                         |
|-------------|-------------------------|
| 과제고유번호      | 717001                  |
| 부처명         | 농림축산식품부                 |
| 과제관리(전문)기관명 | 농림수산식품기술기획평가원           |
| 연구사업명       | 농림축산식품연구센터지원사업          |
| 연구과제명       | 스마트 온실의 구조시스템 개발        |
| 기 여 율       | 80/100                  |
| 과제수행기관명     | 경상대학교 산학협력단             |
| 연구기간        | 2017.04.21 ~ 2023.12.31 |

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                                                       |
|-------------|-------------------------------------------------------|
| 과제고유번호      | 201914310000                                          |
| 부처명         | 교육부                                                   |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단                                                |
| 연구사업명       | 지역대학우수과학자지원사업                                         |
| 연구과제명       | 신재생에너지 이용 온실 구조시스템의 최적 제어 및 에너지 관리를 위한 동적 시뮬레이션 모델 개발 |
| 기 여 율       | 20/100                                                |
| 과제수행기관명     | 경북대학교 산학협력단                                           |
| 연구기간        | 2019.06.01 ~ 2020.02.29                               |

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

온실용 자재가 장착되도록 구성된 프레임;  
상기 온실용 자재의 상하부에서 순복사량을 측정하는 순복사량 측정부;  
상기 온실용 자재의 상하부에서 장파복사량을 측정하는 장파복사량 측정부;  
상기 온실용 자재의 상하부에서 단파복사량을 측정하는 단파복사량 측정부; 및  
상기 온실용 자재의 상하부에서 온도를 측정하는 온도 측정부;  
를 포함하고,  
상기 온실용 자재는 보온재, 단열재 또는 차광재를 포함하고,  
상기 온실용 자재는 상기 프레임에 대하여 탈부착 가능하게 마련되는 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
상기 순복사량 측정부는,  
상기 온실용 자재의 상부에 배치되어 순복사량을 측정하는 제1 순복사량 센서; 및  
상기 온실용 자재의 하부에 배치되어 순복사량을 측정하는 제2 순복사량 센서;  
를 포함하고,  
상기 제1 순복사량 센서 및 상기 제2 순복사량 센서에서 각각 측정된 순복사량을 바탕으로 상기 온실용 자재의 열적 특성이 산출되는 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,  
상기 장파복사량 측정부는,  
상기 온실용 자재의 상부에 배치되어 장파복사량을 측정하는 제1 장파복사량 센서; 및  
상기 온실용 자재의 하부에 배치되어 장파복사량을 측정하는 제2 장파복사량 센서;  
를 포함하고,  
상기 제1 장파복사량 센서 및 상기 제2 장파복사량 센서에서 각각 측정된 장파복사량을 바탕으로 상기 온실용 자재의 열적 특성이 산출되는 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,  
상기 단파복사량 측정부는,  
상기 온실용 자재의 상부에 배치되어 단파복사량을 측정하는 제1 단파복사량 센서; 및

상기 온실용 자재의 하부에 배치되어 단파복사량을 측정하는 제2 단파복사량 센서;  
를 포함하고,

상기 제1 단파복사량 센서 및 상기 제2 단파복사량 센서에서 각각 측정된 단파복사량을 바탕으로 상기 온실용 자재의 열적 특성이 산출되는 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 청구항 5

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 순복사량 측정부 또는 상기 장파복사량 측정부 또는 상기 단파복사량 측정부를 상기 온실용 자재의 상하부에 유지시키는 고정부를 더 포함하고,

상기 고정부는 'ㄷ'자 단면 형상으로 마련되고,

상기 고정부의 상면 단부에 상기 제1 순복사량 센서 또는 상기 제1 장파복사량 센서 또는 상기 제1 단파복사량 센서가 장착되고,

상기 고정부의 하면 단부에 상기 제2 순복사량 센서 또는 상기 제2 장파복사량 센서 또는 상기 제2 단파복사량 센서가 장착되며,

상기 온실용 자재가 상기 고정부의 측면 중앙에 배치되어, 상기 온실용 자재로부터 상기 제1 순복사량 센서 및 상기 제2 순복사량 센서 사이의 거리 또는 상기 제1 장파복사량 센서 및 상기 제2 장파복사량 센서 사이의 거리 또는 상기 제1 단파복사량 센서 및 상기 제2 단파복사량 센서 사이의 거리가 동일하게 되는 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 프레임에 구비되어, 상기 온실용 자재의 하부에 흑체 표면을 구현하는 흑체 구현부;

를 더 포함하고,

상기 흑체 구현부는 상기 프레임에 장착된 흑색천으로 마련되고,

상기 온도 측정부는

상기 온실용 자재의 상부에서 상기 온실용 자재의 표면 온도를 측정하는 제1 온도 센서;

상기 온실용 자재의 하부에서 상기 흑체 구현부의 표면 온도를 측정하는 제2 온도 센서;

상기 온실용 자재 및 흑체 구현부 사이에서 상기 온실용 자재의 주변 온도를 측정하는 제3 온도 센서;

를 포함하는, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 순복사량 측정부, 상기 장파복사량 측정부, 상기 단파복사량 측정부 및 상기 온도 측정부에서 측정된 값을 바탕으로 상기 온실용 자재의 대류열전달계수를 산출하는 연산부;

를 더 포함하고,

상기 장파복사량 측정부에서 측정된 상기 온실용 자재 상부에서의 장파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 천공복사에너지고, 상기 장파복사량 측정부에서 측정된 상기 온실용 자재 하부에서의 장파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지며,

상기 천공복사에너지 및 상기 순복사량 측정부에서 측정된 상기 온실용 자재의 상부에서의 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재의 상부에서의 상향 장파복사에너지가 산출되고, 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지 및 상기 순복사량 측정부에서 측정된 상기 온실용 자재의 하부에서의 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지가 산출되며,

상기 연산부에서는 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 상기 온실용 자재의 표면온도와 상기 온실용 자재의 상부에서의 상향 장파복사에너지의 관계식, 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 상기 온실용 자재의 표면 온도와 상기 온실용 자재의 하부에서의 하향 장파복사에너지의 관계식, 그리고 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 상기 온실용 자재의 표면 온도, 상기 흑체 구현부의 표면 온도, 상기 흑체 구현부의 장파복사 방사율 및 상기 흑체 구현부의 반사율과 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지의 관계식으로부터 상기 온실용 자재의 장파복사 방사율, 장파복사 반사율 및 장파복사 투과율이 산출되는, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 단파복사량 측정부의 상부에서 측정된 상기 온실용 자재 상부에서의 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 전천일사에너지고,

상기 단파복사량 측정부의 하부에서 측정된 상기 온실용 자재 상부에서의 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지며,

상기 단파복사량 측정부의 상부에서 측정된 상기 온실용 자재 하부에서의 단파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지고,

상기 단파복사량 측정부의 하부에서 측정된 상기 온실용 자재 하부에서의 단파복사량은 상기 흑체 구현부로부터의 단파복사 반사에너지이며,

상기 연산부에서는 상기 전천일사에너지 및 상기 단파복사 반사에너지와 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지의 관계식 및 상기 전천일사에너지 및 상기 단파복사 반사에너지와 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지의 관계식으로부터 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율이 산출되고,

상기 연산부에서는 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율로부터 상기 온실용 자재의 단파복사 흡수율이 산출되는, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 온실용 자재의 장파복사 방사율은 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율과 동일하고,

상기 연산부에서는 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율, 상기 전천일사에너지, 상기 단파복사 반사에너지 및 상기 온실용 자재의 단파복사 흡수율로부터 상기 온실용 자재에 기설정시간 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지가 산출되며,

상기 온실용 자재에 기설정시간 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지, 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율 및 상기 온실용 자재의 표면 온도로부터 상기 온실용 자재에서 공기로 전달되는 대류열전달량이 산출되고,

상기 대류열전달량, 상기 온실용 자재의 표면 온도 및 상기 온실용 자재의 주변 온도로부터 상기 온실용 자재의 대류열전달계수가 산출되는, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 청구항 10

온실용 자재가 장착되도록 구성된 프레임;

상기 프레임에 구비되어, 상기 온실용 자재의 하부에 흑체 표면을 구현하는 흑체 구현부;

상기 온실용 자재의 상부에서 순복사량을 측정하는 제1 순복사량 센서 및 상기 온실용 자재의 하부에서 순복사량을 측정하는 제2 순복사량 센서를 포함하는 순복사량 측정부;

상기 온실용 자재의 상부에서 장파복사량을 측정하는 제1 장파복사량 센서 및 상기 온실용 자재의 하부에서 장파복사량을 측정하는 제2 장파복사량 센서를 포함하는 장파복사량 측정부;

상기 온실용 자재의 상부에서 단파복사량을 측정하는 제1 단파복사량 센서 및 상기 온실용 자재의 하부에서 단파복사량을 측정하는 제2 단파복사량 센서를 포함하는 단파복사량 측정부;

상기 온실용 자재의 표면 온도, 상기 흑체 구현부의 표면 온도, 상기 온실용 자재의 주변 온도를 측정하는 온도 측정부; 및

상기 순복사량 측정부, 상기 장파복사량 측정부, 상기 단파복사량 측정부 및 상기 온도 측정부에서 측정된 값을 바탕으로 상기 온실용 자재의 대류열전달계수를 산출하는 연산부;

를 포함하는, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 장파복사량 센서에서 측정된 장파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 천공복사에너지고, 상기 제2 장파복사량 센서에서 측정된 장파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지며,

상기 천공복사에너지 및 상기 제1 순복사량 센서에서 측정된 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사에너지가 산출되고, 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지 및 상기 제2 순복사량 센서에서 측정된 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사에너지가 산출되며,

상기 연산부에서는 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 상기 온실용 자재의 표면 온도와 상기 온실용 자재의 상부에서의 상향 장파복사에너지의 관계식, 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 및 상기 온실용 자재의 표면 온도와 상기 온실용 자재의 하부에서의 하향 장파복사에너지의 관계식, 그리고 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 상기 온실용 자재의 표면 온도, 상기 흑체 구현부의 표면온도, 상기 흑체 구현부의 장파복사 방사율 및 상기 흑체 구현부의 반사율과 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지의 관계식으로부터 상기 온실용 자재의 장파복사 방사율, 장파복사 반사율 및 장파복사 투과율이 산출되는, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제1 단파복사량 센서의 상부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 전천일사에너지고,

상기 제1 단파복사량 센서의 하부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지며,

상기 제2 단파복사량 센서의 상부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지고,

상기 제2 단파복사량 센서의 하부에서 측정된 단파복사량은 상기 흑체 구현부로부터의 단파복사 반사에너지이며,

상기 연산부에서는 상기 전천일사에너지 및 상기 단파복사 반사에너지와 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지의 관계식 및 상기 전천일사에너지 및 상기 단파복사 반사에너지와 상기 온실용 자재 하부에서의

하향 단파복사에너지의 관계식으로부터 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율이 산출되고, 상기 연산부에서는 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율로부터 상기 온실용 자재의 단파복사 흡수율이 산출되는, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 온실용 자재의 장파복사 방사율은 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율과 동일하고,

상기 연산부에서는 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율, 상기 전천일사에너지, 상기 단파복사 반사에너지 및 상기 온실용 자재의 단파복사 흡수율로부터 상기 온실용 자재에 기설정시간 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지가 산출되고,

상기 장파 및 단파복사에너지, 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율 및 상기 온실용 자재의 표면 온도로부터 상기 온실용 자재로부터 공기로 전달되는 대류열전달량이 산출되며,

상기 대류열전달량, 상기 온실용 자재의 표면 온도 및 상기 온실용 자재의 주변 온도로부터 상기 온실용 자재의 대류열전달계수가 산출되는, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

### 청구항 14

제10항에 있어서,

상기 제1 장파복사량 센서에서 측정된 장파복사량은 천공복사에너지고, 상기 제2 장파복사량 센서에서 측정된 장파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지고,

상기 연산부에서는 상기 천공복사에너지 및 상기 제1 순복사량 센서에서 측정된 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사에너지가 더 산출되고, 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지 및 상기 제2 순복사량 센서에서 측정된 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사에너지가 더 산출되며,

상기 연산부에서는 아래의 관계식들에 의해서 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율, 장파복사 반사율 및 장파복사 투과율이 산출되고,

$$Q_b = \varepsilon_L \sigma T^4 + \rho_L Q_a + \tau_L Q_d$$

$$Q_c = \varepsilon_L \sigma T^4 + \tau_L Q_a + \rho_L Q_d$$

$$Q_d = \varepsilon_b \sigma T_b^4 + \rho_b \varepsilon_L \sigma T^4 + \rho_b \rho_L Q_d + \rho_b \tau_L Q_a$$

이때,

$Q_a$ 는 상기 천공복사에너지고,

$Q_b$ 는 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사에너지고,

$Q_c$ 는 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지고,

$Q_d$ 는 상기 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사에너지며,

$\sigma$ 는 스테판볼츠만 상수이고,

$T$ 는 상기 온실용 자재의 표면 온도이고,

$T_b$ 는 상기 흑체 구현부의 표면 온도이고,

$\varepsilon_b$ 는 상기 흑체 구현부의 장파복사 방사율이고,  
 $\rho_b$ 는 상기 흑체 구현부의 장파복사 반사율이며,  
 $\varepsilon_L$ 는 상기 온실용 자재의 장파복사 방사율이고,  
 $\rho_L$ 는 상기 온실용 자재의 장파복사 반사율이고,  
 $\tau_L$ 는 상기 온실용 자재의 장파복사 투과율인, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제1 단파복사량 센서의 상부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 전천일사에너지고,

상기 제1 단파복사량 센서의 하부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지며,

상기 제2 단파복사량 센서의 상부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지고,

상기 제2 단파복사량 센서의 하부에서 측정된 단파복사량은 상기 흑체 구현부로부터의 단파복사 반사에너지이며,

상기 연산부에서는 아래의 관계식들에 의해서 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율, 단파복사 투과율 및 단파복사 흡수율이 산출되고,

$$S_b = \rho_s S_a + \tau_s S_d$$

$$S_c = \tau_s S_a + \rho_s S_d$$

$$\alpha_s = 1 - \rho_s - \tau_s$$

이때,

$S_a$ 는 상기 전천일사에너지고,

$S_b$ 는 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지고,

$S_c$ 는 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지고,

$S_d$ 는 상기 흑체 구현부로부터의 단파복사 반사에너지이며,

$\rho_s$ 는 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율이고,

$\tau_s$ 는 상기 온실용 자재의 단파복사 투과율이고,

$\alpha_s$ 는 상기 온실용 자재의 단파복사 흡수율인, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 연산부에서는 아래의 관계식에 의해서 상기 온실용 자재에 기설정시간 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지가 산출되고,

$$A = \alpha_L (Q_a + Q_d) + \alpha_s (S_a + S_d)$$

이때,

$\alpha_L$ 은 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율이고,

상기 온실용 자재의 흡수율은 상기 온실용 자재의 장파복사 방사율과 동일한 값이며,

A는 상기 온실용 자재에 기설정시간 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지고,

상기 연산부에서는 아래의 관계식에 의해서 상기 온실용 자재의 표면 온도로부터 상기 온실용 자재로부터 공기로 전달되는 대류열전달량이 산출되고,

$$A - 2(\epsilon_L \sigma T^4) - 2C_{m-a} = 0$$

이때,

$\sigma$ 는 스테판볼츠만 상수이고,

$C_{m-a}$ 는 상기 온실용 자재로부터 공기로 전달되는 대류열전달량이며,

상기 연산부에서는 아래의 관계식에 의해서 상기 온실용 자재의 대류열전달계수가 산출되고,

$$h_{m-a} = C_{m-a} / (T_m - T_a)$$

이때,

$T_m$ 은 상기 온실용 자재의 표면 온도이고,

$T_a$ 는 상기 온실용 자재의 주변 온도이고,

$h_{m-a}$ 는 상기 온실용 자재의 대류열전달계수인, 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템이 개시된다. 구체적으로, 온실용 보온 및 차광 스크린의 대류열전달계수 측정 시스템이 개시된다.

### 배경 기술

[0002] 온실에서 피복의 주된 목적은 주간에는 온실 내부로 입사하는 태양복사에 의한 내부공기의 온도상승에 있다. 이러한 목적을 위해 사용되는 피복재가 구비해야 할 가장 기본적인 성질은 투광성과 보온성이다. 그러나 이 두 가지 조건은 서로 상반되는 물리적인 성질이기 때문에 동시에 만족시키는 것은 상당히 어렵다. 따라서 가능한 투광성이 양호한 동시에 보온 효과가 우수한 피복재와 피복 방법의 개발이 지속적으로 요구되고 있는 실정이다.

[0003] 이때, 온실용 자재의 대류열전달 특성, 예를 들어 대류열전달계수는 온실의 보온 성능을 분석하는 데 필수적인 성질이다. 또한, 온실용 자재는 온실에서 여러 가지 조합으로 설치되기 때문에, 설치되는 온실용 자재의 종류에 따른 보온 성능을 분석하기 위해서는 온실용 자재에 대한 대류열전달계수를 파악해야할 필요가 있다.

[0004] 예를 들어, 2004년 9월 6일에 출원된 선행 문헌 JP2004-257898에서는 단열재의 단열 성능 검사 방법 및 검사 장치에 대하여 개시된다.

[0005] 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지기술이라고 할 수는 없다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0006] 일 실시예에 따른 목적은 온실용 자재(보온재, 단열재 또는 차광재)의 대류열전달 특성(예를 들어, 대류열전달 계수)을 측정하여, 온실용 자재의 보온 성능을 정량적으로 제시할 수 있는 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템을 제공하는 것이다.
- [0007] 일 실시예에 따른 목적은 국내에 보급되어 있는 모든 온실용 자재에 대한 대류열전달 특성을 측정하여 온실용 자재의 종류에 따른 보온 성능을 분석 또는 비교할 수 있는 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템을 제공하는 것이다.
- [0008] 일 실시예에 따른 목적은 온실용 자재의 상하부에 순복사량 센서, 장파복사량 센서 및 단파복사량 센서를 설치하여 온실용 자재의 대류열전달 특성을 실내 또는 실외에서 용이하게 측정할 수 있는 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템을 제공하는 것이다.
- [0009] 일 실시예에 따른 목적은 프레임에 온실용 자재가 탈부착 가능하게 마련되어 다양한 온실용 자재의 조합에 따른 대류열전달 특성을 용이하게 측정할 수 있는 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템을 제공하는 것이다.
- [0010] 실시 예들에서 해결하려는 과제들은 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템은, 온실용 자재가 장착되도록 구성된 프레임; 상기 온실용 자재의 상하부에서 순복사량을 측정하는 순복사량 측정부; 상기 온실용 자재의 상하부에서 장파복사량을 측정하는 장파복사량 측정부; 상기 온실용 자재의 상하부에서 단파복사량을 측정하는 단파복사량 측정부; 및 상기 온실용 자재의 상하부에서 온도를 측정하는 온도 측정부;를 포함하고, 상기 온실용 자재는 보온재, 단열재 또는 차광재를 포함하고, 상기 온실용 자재는 상기 프레임에 대하여 탈부착 가능하게 마련될 수 있다.
- [0012] 일 측에 의하면, 상기 순복사량 측정부는, 상기 온실용 자재의 상부에 배치되어 순복사량을 측정하는 제1 순복사량 센서; 및 상기 온실용 자재의 하부에 배치되어 순복사량을 측정하는 제2 순복사량 센서;를 포함하고, 상기 제1 순복사량 센서 및 상기 제2 순복사량 센서에서 각각 측정된 순복사량을 바탕으로 상기 온실용 자재의 열적 특성이 산출될 수 있다.
- [0013] 일 측에 의하면, 상기 장파복사량 측정부는, 상기 온실용 자재의 상부에 배치되어 장파복사량을 측정하는 제1 장파복사량 센서; 및 상기 온실용 자재의 하부에 배치되어 장파복사량을 측정하는 제2 장파복사량 센서;를 포함하고, 상기 제1 장파복사량 센서 및 상기 제2 장파복사량 센서에서 각각 측정된 장파복사량을 바탕으로 상기 온실용 자재의 열적 특성이 산출될 수 있다.
- [0014] 일 측에 의하면, 상기 단파복사량 측정부는, 상기 온실용 자재의 상부에 배치되어 단파복사량을 측정하는 제1 단파복사량 센서; 및 상기 온실용 자재의 하부에 배치되어 단파복사량을 측정하는 제2 단파복사량 센서;를 포함하고, 상기 제1 단파복사량 센서 및 상기 제2 단파복사량 센서에서 각각 측정된 단파복사량을 바탕으로 상기 온실용 자재의 열적 특성이 산출될 수 있다.
- [0015] 일 측에 의하면, 상기 순복사량 측정부 또는 상기 장파복사량 측정부 또는 상기 단파복사량 측정부를 상기 온실용 자재의 상하부에 유지시키는 고정부를 더 포함하고, 상기 고정부는 'ㄷ'자 단면 형상으로 마련되고, 상기 고정부의 상면 단부에 상기 제1 순복사량 센서 또는 상기 제1 장파복사량 센서 또는 상기 제1 단파복사량 센서가 장착되고, 상기 고정부의 하면 단부에 상기 제2 순복사량 센서 또는 상기 제2 장파복사량 센서 또는 상기 제2 단파복사량 센서가 장착되며, 상기 온실용 자재가 상기 고정부의 측면 중앙에 배치되어, 상기 온실용 자재로부터 상기 제1 순복사량 센서 및 상기 제2 순복사량 센서 사이의 거리 또는 상기 제1 장파복사량 센서 및 상기 제2 장파복사량 센서 사이의 거리 또는 상기 제1 단파복사량 센서 및 상기 제2 단파복사량 센서 사이의 거리가 동일하게 될 수 있다.
- [0016] 일 측에 의하면, 상기 프레임에 구비되어, 상기 온실용 자재의 하부에 흑체 표면을 구현하는 흑체 구현부;를 더 포함하고, 상기 흑체 구현부는 상기 프레임에 장착된 흑색천으로 마련되고, 상기 온도 측정부는, 상기 온실용 자재의 상부에서 상기 온실용 자재의 표면 온도를 측정하는 제1 온도 센서; 상기 온실용 자재의 하부에서 상기 흑체 구현부의 표면 온도를 측정하는 제2 온도 센서; 상기 온실용 자재 및 흑체 구현부 사이에서 상기 온실용 자재의 주변 온도를 측정하는 제3 온도 센서;를 포함할 수 있다.

- [0017] 일 측에 의하면, 상기 순복사량 측정부, 상기 장파복사량 측정부, 상기 단파복사량 측정부 및 상기 온도 측정부에서 측정된 값을 바탕으로 상기 온실용 자재의 대류열전달계수를 산출하는 연산부;를 더 포함하고, 상기 장파복사량 측정부에서 측정된 상기 온실용 자재 상부에서의 장파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 천공복사에너지고, 상기 장파복사량 측정부에서 측정된 상기 온실용 자재 하부에서의 장파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지며, 상기 천공복사에너지 및 상기 순복사량 측정부에서 측정된 상기 온실용 자재의 상부에서의 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재의 상부에서의 상향 장파복사에너지가 산출되고, 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지 및 상기 순복사량 측정부에서 측정된 상기 온실용 자재의 하부에서의 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지가 산출되며, 상기 연산부에서는 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 상기 온실용 자재의 표면온도와 상기 온실용 자재의 상부에서의 상향 장파복사에너지의 관계식, 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 상기 온실용 자재의 표면 온도와 상기 온실용 자재의 하부에서의 하향 장파복사에너지의 관계식, 그리고 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 상기 온실용 자재의 표면 온도, 상기 흑체 구현부의 표면 온도, 상기 흑체 구현부의 장파복사 방사율 및 상기 흑체 구현부의 반사율과 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지의 관계식으로부터 상기 온실용 자재의 장파복사 방사율, 장파복사 반사율 및 장파복사 투과율이 산출될 수 있다.
- [0018] 일 측에 의하면, 상기 단파복사량 측정부의 상부에서 측정된 상기 온실용 자재 상부에서의 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 전천일사에너지고, 상기 단파복사량 측정부의 하부에서 측정된 상기 온실용 자재 상부에서의 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지며, 상기 단파복사량 측정부의 상부에서 측정된 상기 온실용 자재 하부에서의 단파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지고, 상기 단파복사량 측정부의 하부에서 측정된 상기 온실용 자재 하부에서의 단파복사량은 상기 흑체 구현부로부터의 단파복사 반사에너지며, 상기 연산부에서는 상기 전천일사에너지 및 상기 단파복사 반사에너지와 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지의 관계식 및 상기 전천일사에너지 및 상기 단파복사 반사에너지와 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지의 관계식으로부터 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율이 산출되고, 상기 연산부에서는 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율로부터 상기 온실용 자재의 단파복사 흡수율이 산출될 수 있다.
- [0019] 일 측에 의하면, 상기 온실용 자재의 장파복사 방사율은 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율과 동일하고, 상기 연산부에서는 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율, 상기 전천일사에너지, 상기 단파복사 반사에너지 및 상기 온실용 자재의 단파복사 흡수율로부터 상기 온실용 자재에 기설정시간 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지가 산출되며, 상기 온실용 자재에 기설정시간 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지, 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율 및 상기 온실용 자재의 표면 온도로부터 상기 온실용 자재에서 공기로 전달되는 대류열전달량이 산출되고, 상기 대류열전달량, 상기 온실용 자재의 표면 온도 및 상기 온실용 자재의 주변 온도로부터 상기 온실용 자재의 대류열전달계수가 산출될 수 있다.
- [0020] 상기 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템은, 온실용 자재가 장착되도록 구성된 프레임; 상기 프레임에 구비되어, 상기 온실용 자재의 하부에 흑체 표면을 구현하는 흑체 구현부; 상기 온실용 자재의 상부에서 순복사량을 측정하는 제1 순복사량 센서 및 상기 온실용 자재의 하부에서 순복사량을 측정하는 제2 순복사량 센서를 포함하는 순복사량 측정부; 상기 온실용 자재의 상부에서 장파복사량을 측정하는 제1 장파복사량 센서 및 상기 온실용 자재의 하부에서 장파복사량을 측정하는 제2 장파복사량 센서를 포함하는 장파복사량 측정부; 상기 온실용 자재의 상부에서 단파복사량을 측정하는 제1 단파복사량 센서 및 상기 온실용 자재의 하부에서 단파복사량을 측정하는 제2 단파복사량 센서를 포함하는 단파복사량 측정부; 상기 온실용 자재의 표면 온도, 상기 흑체 구현부의 표면 온도, 상기 온실용 자재의 주변 온도를 측정하는 온도 측정부; 및 상기 순복사량 측정부, 상기 장파복사량 측정부, 상기 단파복사량 측정부 및 상기 온도 측정부에서 측정된 값을 바탕으로 상기 온실용 자재의 대류열전달계수를 산출하는 연산부;를 포함할 수 있다.
- [0021] 일 측에 의하면, 상기 제1 장파복사량 센서에서 측정된 장파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 천공복사에너지고, 상기 제2 장파복사량 센서에서 측정된 장파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지며, 상기 천공복사에너지 및 상기 제1 순복사량 센서에서 측정된 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사에너지가 산출되고, 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지 및 상기 제2 순복사량 센서에서 측정된 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사에너지가 산출되며, 상기 연산부에서는 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 상기 온실용

자재의 표면 온도와 상기 온실용 자재의 상부에서의 상향 장파복사에너지의 관계식, 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 및 상기 온실용 자재의 표면 온도와 상기 온실용 자재의 하부에서의 하향 장파복사에너지의 관계식, 그리고 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 상기 온실용 자재의 표면 온도, 상기 흑체 구현부의 표면온도, 상기 흑체 구현부의 장파복사 방사율 및 상기 흑체 구현부의 반사율과 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지의 관계식으로부터 상기 온실용 자재의 장파복사 방사율, 장파복사 반사율 및 장파복사 투과율이 산출될 수 있다.

[0022] 일 측에 의하면, 상기 제1 단파복사량 센서의 상부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 전천 일사에너지고, 상기 제1 단파복사량 센서의 하부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지며, 상기 제2 단파복사량 센서의 상부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지고, 상기 제2 단파복사량 센서의 하부에서 측정된 단파복사량은 상기 흑체 구현부로부터의 단파복사 반사에너지이며, 상기 연산부에서는 상기 전천일사에너지 및 상기 단파복사 반사에너지와 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지의 관계식 및 상기 전천일사에너지 및 상기 단파복사 반사에너지와 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지의 관계식으로부터 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율이 산출되고, 상기 연산부에서는 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율로부터 상기 온실용 자재의 단파복사 흡수율이 산출될 수 있다.

[0023] 일 측에 의하면, 상기 온실용 자재의 장파복사 방사율은 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율과 동일하고, 상기 연산부에서는 상기 천공복사에너지, 상기 온실용 자재의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율, 상기 전천일사에너지, 상기 단파복사 반사에너지 및 상기 온실용 자재의 단파복사 흡수율로부터 상기 온실용 자재에 기설정시간 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지가 산출되고, 상기 장파 및 단파복사에너지, 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율 및 상기 온실용 자재의 표면 온도로부터 상기 온실용 자재로부터 공기로 전달되는 대류열전달량이 산출되며, 상기 대류열전달량, 상기 온실용 자재의 표면 온도 및 상기 온실용 자재의 주변 온도로부터 상기 온실용 자재의 대류열전달계수가 산출될 수 있다.

[0024] 일 측에 의하면, 상기 제1 장파복사량 센서에서 측정된 장파복사량은 천공복사에너지고, 상기 제2 장파복사량 센서에서 측정된 장파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지고, 상기 연산부에서는 상기 천공복사에너지 및 상기 제1 순복사량 센서에서 측정된 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사에너지가 더 산출되고, 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지 및 상기 제2 순복사량 센서에서 측정된 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사에너지가 더 산출되며, 상기 연산부에서는 아래의 관계식들에 의해서 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율, 장파복사 반사율 및 장파복사 투과율이 산출되고,

[0025] 
$$Q_b = \varepsilon_L \sigma T^4 + \rho_L Q_a + \tau_L Q_d$$

[0026] 
$$Q_c = \varepsilon_L \sigma T^4 + \tau_L Q_a + \rho_L Q_d$$

[0027] 
$$Q_d = \varepsilon_b \sigma T_b^4 + \rho_b \varepsilon_L \sigma T^4 + \rho_b \rho_L Q_d + \rho_b \tau_L Q_a$$

[0028] 이때,  $Q_a$ 는 상기 천공복사에너지고,  $Q_b$ 는 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사에너지고,  $Q_c$ 는 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지고,  $Q_d$ 는 상기 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사에너지며,  $\sigma$ 는 스테판볼츠만 상수이고,  $T$ 는 상기 온실용 자재의 표면 온도이고,  $T_b$ 는 상기 흑체 구현부의 표면 온도이고,  $\varepsilon_b$ 는 상기 흑체 구현부의 장파복사 방사율이고,  $\rho_b$ 는 상기 흑체 구현부의 장파복사 반사율이며,  $\varepsilon_L$ 는 상기 온실용 자재의 장파복사 방사율이고,  $\rho_L$ 은 상기 온실용 자재의 장파복사 반사율이고,  $\tau_L$ 은 상기 온실용 자재의 장파복사 투과율이다.

[0029] 일 측에 의하면, 상기 제1 단파복사량 센서의 상부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 전천 일사에너지고, 상기 제1 단파복사량 센서의 하부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지며, 상기 제2 단파복사량 센서의 상부에서 측정된 단파복사량은 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지고, 상기 제2 단파복사량 센서의 하부에서 측정된 단파복사량은 상기 흑체 구현부로부터의 단파복사 반사에너지이며, 상기 연산부에서는 아래의 관계식들에 의해서 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율, 단파복사 투과율 및 단파복사 흡수율이 산출되고,

[0030]  $S_b = \rho_s S_a + \tau_s S_d$

[0031]  $S_c = \tau_s S_a + \rho_s S_d$

[0032]  $\alpha_s = 1 - \rho_s - \tau_s$

[0033] 이때,  $S_a$ 는 상기 전천일사에너지고,  $S_b$ 는 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사에너지고,  $S_c$ 는 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사에너지고,  $S_d$ 는 상기 흑체 구현부로부터의 단파복사 반사에너지이며,  $\rho_s$ 는 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율이고,  $\tau_s$ 는 상기 온실용 자재의 단파복사 투과율이고,  $\alpha_s$ 는 상기 온실용 자재의 단파복사 흡수율이다.

[0034] 일 측에 의하면, 상기 연산부에서는 아래의 관계식에 의해서 상기 온실용 자재에 기설정시간 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지가 산출되고,

[0035]  $A = \alpha_L (Q_a + Q_d) + \alpha_s (S_a + S_d)$

[0036] 이때,  $\alpha_L$ 은 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율이고, 상기 온실용 자재의 흡수율은 상기 온실용 자재의 장파복사 방사율과 동일한 값이며,  $A$ 는 상기 온실용 자재에 기설정시간 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지고,

[0037] 상기 연산부에서는 아래의 관계식에 의해서 상기 온실용 자재의 표면 온도로부터 상기 온실용 자재로부터 공기로 전달되는 대류열전달량이 산출되고,

[0038]  $A - 2(\epsilon_L \sigma T^4) - 2C_{m-a} = 0$

[0039] 이때,  $\sigma$ 는 스테판볼츠만 상수이고,  $C_{m-a}$ 는 상기 온실용 자재로부터 공기로 전달되는 대류열전달량이며,

[0040] 상기 연산부에서는 아래의 관계식에 의해서 상기 온실용 자재의 대류열전달계수가 산출되고,

[0041]  $h_{m-a} = C_{m-a} / (T_m - T_a)$

[0042] 이때,  $T_m$ 은 상기 온실용 자재의 표면 온도이고,  $T_a$ 는 상기 온실용 자재의 주변 온도이고,  $h_{m-a}$ 는 상기 온실용 자재의 대류열전달계수이다.

### 발명의 효과

[0043] 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템에 의하면, 온실용 자재(보온재, 단열재 또는 차광재)의 대류열전달 특성(예를 들어, 대류열전달계수)을 측정하여, 온실용 자재의 보온 성능을 정량적으로 제시할 수 있다.

[0044] 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템에 의하면, 국내에 보급되어 있는 모든 온실용 자재에 대한 대류열전달 특성을 측정하여 온실용 자재의 종류에 따른 보온 성능을 분석 또는 비교할 수 있다.

[0045] 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템에 의하면, 온실용 자재의 상하부에 순복사량 센서, 장파복사량 센서 및 단파복사량 센서를 설치하여 온실용 자재의 대류열전달 특성을 실내 또는 실외에서 용이하게 측정할 수 있다.

[0046] 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템에 의하면, 프레임에 온실용 자재가 탈부착 가능하게 마련되어 다양한 온실용 자재의 조합에 따른 대류열전달 특성을 용이하게 측정할 수 있다.

[0047] 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0048] 도 1은 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템의 구성을 도시한다.

도 2는 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템을 개략적으로 도시한다.

본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 일 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명

과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0049] 이하, 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 실시예를 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 실시예에 대한 이해를 방해한다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0050] 또한, 실시예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0051] 어느 하나의 실시 예에 포함된 구성요소와, 공통적인 기능을 포함하는 구성요소는, 다른 실시 예에서 동일한 명칭을 사용하여 설명하기로 한다. 반대되는 기재가 없는 이상, 어느 하나의 실시 예에 기재한 설명은 다른 실시 예에도 적용될 수 있으며, 중복되는 범위에서 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0053] 도 1은 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템(10)의 구성을 도시한다.
- [0054] 도 2는 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템(10)을 개략적으로 도시한다.
- [0055] 도 1 또는 도 2를 참조하여, 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템(10)은 프레임(100), 순복사량 측정부(200), 장파복사량 측정부(300), 단파복사량 측정부(400), 고정부(500), 흑체 구현부(600), 온도 측정부(700) 및 연산부(800)를 포함할 수 있다.
- [0056] 상기 프레임(100)은 온실용 자재(S)가 장착되도록 구성될 수 있다.
- [0057] 이때, 온실용 자재(S)는 평면 형태로 마련된 보온재, 단열재 또는 차광재를 포함할 수 있다.
- [0058] 구체적으로, 온실용 자재(S)는 보온재, 단열재 및 차광재 중 어느 하나가 되거나, 보온재, 단열재 및 차광재 중 적어도 두 개의 조합으로 될 수 있다.
- [0059] 특히, 프레임(100)에 온실용 자재(S)가 탈부착 가능하게 마련되어서, 다양한 조합의 온실용 자재(S)에 대하여 열 특성 측정을 수행할 수 있다.
- [0060] 또한, 프레임(100)은 온실용 자재(S)가 흑체 구현부(600)로부터 상방으로 이격된 상태에서 유지되도록 마련될 수 있고, 온실용 자재(S) 및 흑체 구현부(600) 사이에서 프레임(100)의 측면은 외부에 개방될 수 있다.
- [0061] 한편, 온실용 자재(S)의 열 특성 측정이 실외 또는 실내에서 수행될 수 있으며, 프레임(100) 또한 실외 또는 실내에 배치될 수 있다.
- [0062] 예를 들어, 프레임(100)이 실외에 배치되는 경우, 온실용 자재(S)에 실제적으로 야간의 천공복사에너지가 입사될 수 있다. 또한, 프레임(100)이 실외에 배치되는 경우, 온실용 자재(S)에 실제적으로 주간(낮)의 전천일사에너지가 입사될 수 있다.
- [0063] 반면, 프레임(100)이 실외에 배치되는 경우, 프레임(100)의 상부에 별도로 천공복사 구현부(미도시)가 배치되어, 온실용 자재(S)에 천공복사 구현부에 의한 천공복사에너지가 입사될 수 있다. 또한, 프레임(100)이 실외에 배치되는 경우, 프레임(100)의 상부에 별도로 전천일사 구현부(미도시)가 배치되어, 온실용 자재(S)에 전천일사 구현부에 의한 전천일사에너지가 입사될 수 있다.
- [0064] 전술된 바와 같이 프레임(100)에 장착된 온실용 자재(S)와 이격되도록 순복사량 측정부(200)가 배치될 수 있다.
- [0065] 상기 순복사량 측정부(200)는 온실용 자재(S)의 상하부에서 순복사량을 측정할 수 있다.
- [0066] 구체적으로, 순복사량 측정부(200)는 제1 순복사량 센서(210) 및 제2 순복사량 센서(220)를 포함할 수 있다.
- [0067] 이때, 제1 순복사량 센서(210) 및 제2 순복사량 센서(220)는 단파복사와 장파복사를 포함한 300~10,000nm의 넓

은 파장 범위의 복사에너지를 측정하기 위한 계기로 마련될 수 있다.

- [0068] 상기 제1 순복사량 센서(210)는 온실용 자재(S)의 상부에 배치되어 온실용 자재(S)의 상부에서 순복사량, 다시 말해서 온실용 자재(S)의 상부에서 상향 복사에너지와 하향 복사에너지의 차이를 측정할 수 있다.
- [0069] 이때, 제1 순복사량 센서(210)는 온실용 자재(S)의 상면으로부터 수직 상부로 일정한 거리만큼 이격 배치될 수 있다.
- [0070] 상기 제2 순복사량 센서(220)는 온실용 자재(S)의 하부에 배치되어 온실용 자재(S)의 하부에서 순복사량, 다시 말해서 온실용 자재(S)의 하부에서 상향 복사에너지와 하향 복사에너지의 차이를 측정할 수 있다.
- [0071] 이때, 제2 순복사량 센서(220)는 제1 순복사량 센서(210)와 온실용 자재(S)를 사이에 두고 서로 마주보도록 배치될 수 있으며, 온실용 자재(S)의 하면으로부터 수직 하부로 일정한 거리만큼 이격 배치될 수 있다.
- [0072] 예를 들어, 제1 순복사량 센서(210)가 온실용 자재(S)의 상면으로부터 이격된 거리와 제2 순복사량 센서(220)가 온실용 자재(S)의 하면으로부터 이격된 거리는 동일하게 될 수 있다.
- [0073] 또한, 순복사량 측정부(200)에서 측정된 순복사량, 구체적으로 제1 순복사량 센서(210) 및 제2 순복사량 센서(220)에서 각각 측정된 순복사량은 연산부(800)에 전달될 수 있으며, 추후 연산부(800)에서 온실용 자재(S)의 열 특성을 산출하는 데 활용될 수 있다. 이에 대해서는 이하에서 상술된다.
- [0074] 전술한 순복사량 측정부(200)와 유사하게 프레임(100)에 장착된 온실용 자재(S)와 이격되도록 장파복사량 측정부(300)가 배치될 수 있다.
- [0075] 상기 장파복사량 측정부(300)는 온실용 자재(S)의 상하부에서 장파복사량을 측정할 수 있다.
- [0076] 구체적으로, 장파복사량 측정부(300)는 제1 장파복사량 센서(310) 및 제2 장파복사량 센서(320)를 포함할 수 있다.
- [0077] 이때, 제1 장파복사량 센서(310) 및 제2 장파복사량 센서(320)는 장파복사인 3,000-10,000nm의 넓은 파장 범위의 복사에너지를 측정하기 위한 계기로 마련될 수 있다. 예를 들어, 제1 장파복사량 센서(310) 및 제2 장파복사량 센서(320)는 야간복사계로 마련될 수 있다.
- [0078] 상기 제1 장파복사량 센서(310)는 온실용 자재(S)의 상부에 배치되어 온실용 자재(S)의 상부에서 장파복사량, 다시 말해서 온실용 자재(S)의 상부에서 하향 천공복사에너지를 측정할 수 있다.
- [0079] 이때, 제1 장파복사량 센서(310)는 온실용 자재(S)의 상면으로부터 수직 상부로 일정한 거리만큼 이격 배치될 수 있다.
- [0080] 상기 제2 장파복사량 센서(320)는 온실용 자재(S)의 하부에 배치되어 온실용 자재(S)의 하부에서 장파복사량, 다시 말해서 온실용 자재(S)의 하부에서 하향 장파복사에너지를 측정할 수 있다.
- [0081] 이때, 제2 장파복사량 센서(320)는 제1 장파복사량 센서(310)와 온실용 자재(S)를 사이에 두고 서로 마주보도록 배치될 수 있으며, 온실용 자재(S)의 하면으로부터 수직 하부로 일정한 거리만큼 이격 배치될 수 있다.
- [0082] 예를 들어, 제1 장파복사량 센서(310)가 온실용 자재(S)의 상면으로부터 이격된 거리와 제2 장파복사량 센서(320)가 온실용 자재(S)의 하면으로부터 이격된 거리는 동일하게 될 수 있다.
- [0083] 또한, 장파복사량 측정부(300)에서 측정된 장파복사량, 구체적으로 제1 장파복사량 센서(310) 및 제2 장파복사량 센서(320)에서 각각 측정된 장파복사량은 연산부(800)에 전달될 수 있으며, 추후 연산부(800)에서 온실용 자재(S)의 열 특성을 산출하는 데 활용될 수 있다. 이에 대해서는 이하에서 상술된다.
- [0084] 전술한 장파복사량 측정부(300)와 유사하게 프레임(100)에 장착된 온실용 자재(S)와 이격되도록 단파복사량 측정부(400)가 배치될 수 있다.
- [0085] 상기 단파복사량 측정부(400)는 온실용 자재(S)의 상하부에서 단파복사량을 측정할 수 있다.
- [0086] 구체적으로, 단파복사량 측정부(400)는 제1 단파복사량 센서(410) 및 제2 단파복사량 센서(420)를 포함할 수 있다.
- [0087] 이때, 제1 단파복사량 센서(410) 및 제2 단파복사량 센서(420)는 짧은 파장의 복사에너지를 측정하기 위한 계기로 마련될 수 있다. 예를 들어, 제1 단파복사량 센서(410) 및 제2 단파복사량 센서(420)는 전천일사계로 마련될

수 있다.

- [0088] 상기 제1 단파복사량 센서(410)는 온실용 자재(S)의 상부에 배치되어 온실용 자재(S)의 상부에서 단파복사량, 다시 말해서 온실용 자재(S)의 상부에서 하향 전천일사에너지 및 온실용 자재(S)의 상부에서 상향 단파복사에너지를 측정할 수 있다.
- [0089] 구체적으로, 제1 단파복사량 센서(410)의 상부에서는 온실용 자재(S)의 상부에서의 하향 전천일사에너지가 측정되고, 제1 단파복사량 센서(410)의 하부에서는 온실용 자재(S)의 상부에서의 상향 단파복사에너지가 측정될 수 있다.
- [0090] 이때, 제1 단파복사량 센서(410)는 온실용 자재(S)의 상면으로부터 수직 상부로 일정한 거리만큼 이격 배치될 수 있다.
- [0091] 상기 제2 단파복사량 센서(420)는 온실용 자재(S)의 하부에 배치되어 온실용 자재(S)의 하부에서 단파복사량, 다시 말해서 온실용 자재(S)의 하부에서 하향 단파복사에너지 및 온실용 자재(S)의 하부에서 상향 단파복사 반사에너지를 측정할 수 있다.
- [0092] 구체적으로, 제2 단파복사량 센서(420)의 상부에서는 온실용 자재(S)의 하부에서의 하향 단파복사에너지가 측정되고, 제2 단파복사량 센서(420)의 하부에서는 흑체 구현부(600)로부터 상향으로 반사되는 단파복사에너지, 즉 단파복사 반사에너지가 측정될 수 있다.
- [0093] 이때, 제2 단파복사량 센서(420)는 제1 단파복사량 센서(410)와 온실용 자재(S)를 사이에 두고 서로 마주보도록 배치될 수 있으며, 온실용 자재(S)의 하면으로부터 수직 하부로 일정한 거리만큼 이격 배치될 수 있다.
- [0094] 예를 들어, 제1 단파복사량 센서(410)가 온실용 자재(S)의 상면으로부터 이격된 거리와 제2 단파복사량 센서(420)가 온실용 자재(S)의 하면으로부터 이격된 거리는 동일하게 될 수 있다.
- [0095] 또한, 단파복사량 측정부(400)에서 측정된 단파복사량, 구체적으로 제1 단파복사량 센서(410) 및 제2 단파복사량 센서(420)에서 각각 측정된 단파복사량은 연산부(800)에 전달될 수 있으며, 추후 연산부(800)에서 온실용 자재(S)의 열 특성을 산출하는 데 활용될 수 있다. 이에 대해서는 이하에서 상술된다.
- [0096] 한편, 전술된 순복사량 측정부(200), 장파복사량 측정부(300) 및 단파복사량 측정부(400)를 온실용 자재(S)의 상하부에 유지시키기 위해서 프레임(100)의 양측에 고정부(500)가 각각 장착될 수 있다.
- [0097] 상기 고정부(500)는 'ㄷ'자 단면 형상으로 마련될 수 있다.
- [0098] 구체적으로, 고정부(500)의 상면 단부에는 제1 순복사량 센서(210), 제1 장파복사량 센서(310) 또는 제1 단파복사량 센서(410)가 장착되고, 고정부(500)의 하면 단부에는 제2 순복사량 센서(220), 제2 장파복사량 센서(320) 또는 제2 단파복사량 센서(420)가 장착될 수 있다.
- [0099] 또한, 온실용 자재(S)가 고정부(500)의 측면 중앙에 배치되어, 전술된 바와 같이 온실용 자재(S)로부터 제1 순복사량 센서(210) 및 제2 순복사량 센서(220) 사이의 거리, 제1 장파복사량 센서(310) 및 제2 장파복사량 센서(320) 사이의 거리 또는 제1 단파복사량 센서(410) 및 제2 단파복사량 센서(420) 사이의 거리가 동일하게 될 수 있다.
- [0100] 추가로, 제1 순복사량 센서(210) 및 제2 순복사량 센서(220)는 프레임(100)의 양측에 장착된 고정부(500) 중 하나의 고정부(500)에 장착될 수 있고, 제1 장파복사량 센서(310) 및 제2 장파복사량 센서(320)는 제1 순복사량 센서(210) 및 제2 순복사량 센서(220)가 장착된 고정부(500)와 동일한 고정부(500)에 장착될 수 있다. 반면에, 제1 단파복사량 센서(410) 및 제2 단파복사량 센서(420)는 제1 순복사량 센서(210) 및 제2 순복사량 센서(220)와 좌우로 마주보도록 프레임(100)의 양측에 장착된 고정부(500) 중 다른 하나의 고정부(500)에 장착될 수 있다.
- [0101] 그러나, 고정부(500)의 형태는 이에 국한되지 아니하며, 제1 순복사량 센서(210) 및 제2 순복사량 센서(220), 제1 장파복사량 센서(310) 및 제2 장파복사량 센서(320) 또는 제1 단파복사량 센서(410) 및 제2 단파복사량 센서(420)를 온실용 자재(S)의 상하부에 유지시킬 수 있다면 어느 것이든지 가능하다.
- [0102] 한편, 프레임(100)에서 온실용 자재(S)의 하부에 흑체 구현부(600)가 배치될 수 있다.
- [0103] 상기 흑체 구현부(600)는 모든 복사선을 완전히 흡수하는 흑체 표면을 구현하기 위한 것으로서, 예를 들어 흑체 구현부(600)는 흑색천으로 마련될 수 있으며, 흑색천이 프레임(100)에 장착될 수 있다.

- [0104] 구체적으로, 온실용 자재(S)에 입사되는 천공복사에너지 중 일부는 온실용 자재(S)로부터 반사되고, 천공복사에너지 중 나머지 일부는 온실용 자재(S)를 투과하여 흑체 구현부(600)에 흡수 또는 반사될 수 있다. 또한, 온실용 자재(S)에 입사되는 전천일사에너지 중 일부는 온실용 자재(S)로부터 반사되고, 전천일사에너지 중 나머지 일부는 온실용 자재(S)를 투과하여 흑체 구현부(600)에 흡수 또는 반사될 수 있다.
- [0105] 이때, 흑체 구현부(600)의 구성은 이에 국한되지 아니하며, 흑체 표면을 구현할 수 있다면 어느 것이든지 가능하다.
- [0106] 한편, 온실용 자재(S)의 표면, 온실용 자재(S)의 주변부 및 흑체 구현부(600)의 표면 상에는 온도 측정부(700)가 배치될 수 있다.
- [0107] 온도 측정부(700)는 제1 온도 센서(710), 제2 온도 센서(720) 및 제3 온도 센서(730)를 포함할 수 있으며, 온도 측정부(700)는 예를 들어 써모커플(thermocouple)로 마련될 수 있다.
- [0108] 구체적으로, 제1 온도 센서(710)는 온실용 자재(S)의 표면에 장착되어 온실용 자재(S)의 표면 온도를 측정할 수 있다.
- [0109] 이때, 제1 온도 센서(710)에서 측정된 온실용 자재(S)의 표면 온도는 절대온도로 연산부(800)에 전달될 수 있으며, 추후 연산부(800)에서 온실용 자재(S)의 장파복사 특성(장파복사 반사율, 장파복사 투과율 또는 장파복사 방사율(또는 흡수율))을 산출하는 데 활용될 수 있다. 이에 대해서는 이하에서 상술된다.
- [0110] 제2 온도 센서(720)는 흑체 구현부(600)의 표면, 예를 들어 흑색천의 표면에 장착되어, 흑체 구현부(600)의 표면 온도, 예를 들어 흑색천의 표면 온도를 측정할 수 있다.
- [0111] 이때, 제2 온도 센서(720)에서 측정된 흑체 구현부(600)의 온도는 절대온도로 연산부(800)에 전달될 수 있으며, 추후 연산부(800)에서 온실용 자재(S)의 장파복사 특성(장파복사 반사율, 장파복사 투과율 또는 장파복사 방사율(또는 흡수율))을 산출하는 데 활용될 수 있다. 이에 대해서는 이하에서 상술된다.
- [0112] 제3 온도 센서(730)는 온실용 자재(S)의 주변부, 예를 들어 온실용 자재(S) 및 흑체 구현부(600) 사이에 위치한 고정부(500)에 장착되어, 온실용 자재(S)의 주변 온도를 측정할 수 있다.
- [0113] 이때, 제3 온도 센서(730)에서 측정된 온실용 자재(S)의 주변 온도는 절대온도로 연산부(800)에 전달될 수 있으며, 추후 연산부(800)에서 온실용 자재(S)의 대류열전달 특성(대류열전달계수)을 산출하는 데 활용될 수 있다. 이에 대해서는 이하에서 상술된다.
- [0114] 전술된 바와 같이 순복사량 측정부(200), 장파복사량 측정부(300), 단파복사량 측정부(400) 및 온도 측정부(700)에서 측정된 값은 연산부(800)에 전달될 수 있다.
- [0115] 상기 연산부(800)는 순복사량 측정부(200), 장파복사량 측정부(300), 단파복사량 측정부(400) 및 온도 측정부(700)에서 측정된 값을 바탕으로 온실용 자재(S)의 열 특성을 산출할 수 있다.
- [0116] 이때, 온실용 자재(S)의 열 특성은 온실용 자재(S)의 장파복사 특성, 단파복사 특성 및 대류열전달 특성을 포함할 수 있다.
- [0117] 또한, 온실용 자재(S)의 장파복사 특성은 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 또는 장파복사 방사율(또는 흡수율)을 포함할 수 있다.
- [0118] 또한, 온실용 자재(S)의 단파복사 특성은 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율, 단파복사 투과율 또는 단파복사 흡수율을 포함할 수 있다.
- [0119] 또한, 온실용 자재(S)의 대류열전달 특성은 온실용 자재(S)의 대류열전달계수를 포함할 수 있다.
- [0120] 연산부(800)는 순복사량 측정부(200)에서 측정된 순복사량, 장파복사량 측정부(300)에서 측정된 장파복사량과 제1 온도 센서(710) 및 제2 온도 센서(720)에서 측정된 온도 측정값을 바탕으로, 온실용 자재(S)의 장파복사 특성을 산출할 수 있다.
- [0121] 이때, 제1 장파복사량 센서(310)에서 측정된 장파복사량은 천공복사에너지고, 상기 제2 장파복사량 센서(320)에서 측정된 장파복사량은 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사에너지일 수 있다.
- [0122] 구체적으로, 제1 장파복사량 센서(310)에서 측정된 장파복사량( $Q_a$ , 즉, 천공복사에너지) 및 제1 순복사량 센서(210)에서 측정된 순복사량( $Q_a - Q_b$ )의 차이로부터 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사에너지( $Q_b$ )가

산출되고, 제2 장파복사량 센서(320)에서 측정된 장파복사량( $Q_c$ , 즉, 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 장파복사 에너지) 및 제2 순복사량 센서(220)에서 측정된 순복사량( $Q_c - Q_d$ )의 차이로부터 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사에너지( $Q_d$ )가 산출될 수 있다.

[0123] 더 나아가서, 연산부(800)에서는 천공복사에너지, 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 온실용 자재(S)의 표면 온도와 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 장파복사에너지의 관계식, 천공복사에너지, 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 온실용 자재(S)의 표면 온도와 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 장파복사에너지의 관계식, 그리고 천공복사에너지, 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지, 온실용 자재(S)의 표면 온도, 흑체 구현부(600)의 표면 온도, 흑체 구현부(600)의 장파복사 방사율(또는 흡수율) 및 흑체 구현부(600)의 반사율과 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지의 관계식으로부터 온실용 자재(S)의 장파복사 특성인 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 또는 장파복사 방사율(또는 흡수율)이 산출될 수 있다.

[0124] 예를 들어, 연산부(800)에는 천공복사에너지, 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 온실용 자재(S)의 표면 온도와 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 장파복사에너지에 대한 제1 관계식, 천공복사에너지, 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 온실용 자재(S)의 표면 온도와 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 장파복사에너지에 대한 제2 관계식, 그리고 천공복사에너지, 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지, 온실용 자재(S)의 표면 온도, 흑체 구현부(600)의 표면 온도, 흑체 구현부(600)의 장파복사 방사율(또는 흡수율) 및 흑체 구현부(600)의 반사율과 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지에 대한 제3 관계식이 내장될 수 있고, 제1 관계식, 제2 관계식 및 제3 관계식에는 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 또는 장파복사 방사율(또는 흡수율)이 미지수로 포함되어 있을 수 있다.

[0125] 이와 같이 연산부(800)에 내장된 다양한 관계식으로부터 온실용 자재(S)의 열 특성인 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 또는 장파복사 방사율(또는 흡수율) 중 적어도 하나가 산출될 수 있다.

[0126] 또한, 연산부(800)는 단파복사량 측정부(400)에서 측정된 단파복사량을 바탕으로, 온실용 자재(S)의 단파복사 특성을 산출할 수 있다.

[0127] 이때, 제1 단파복사량 센서(410)의 상부에서 측정된 단파복사량은 전천일사에너지이고, 상기 제1 단파복사량 센서(410)의 하부에서 측정된 단파복사량은 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 단파복사에너지일 수 있다. 또한, 제2 단파복사량 센서(420)의 상부에서 측정된 단파복사량은 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 단파복사에너지이고, 상기 제2 단파복사량 센서(420)의 하부에서 측정된 단파복사량은 흑체 구현부(600)로부터의 단파복사 반사에너지일 수 있다.

[0128] 구체적으로, 연산부(800)에서는 전천일사에너지 및 단파복사 반사에너지와 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 단파복사에너지의 관계식 및 전천일사에너지 및 단파복사 반사에너지와 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 단파복사에너지의 관계식으로부터 온실용 자재(S)의 단파복사 특성인 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율 또는 단파복사 투과율이 산출될 수 있다.

[0129] 예를 들어, 연산부(800)에는 전천일사에너지 및 단파복사 반사에너지와 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 단파복사에너지에 대한 제4 관계식 및 전천일사에너지 및 단파복사 반사에너지와 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 단파복사에너지에 대한 제5 관계식이 내장될 수 있고, 제4 관계식 및 제5 관계식에는 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율 또는 단파복사 투과율이 미지수로 포함되어 있을 수 있다.

[0130] 추가적으로, 연산부(800)에는 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율, 단파복사 투과율 및 단파복사 흡수율에 대한 제6 관계식이 더 내장될 수 있고, 제6 관계식으로부터 온실용 자재(S)의 단파복사 흡수율이 산출될 수 있다.

[0131] 이와 같이 연산부(800)에 내장된 다양한 관계식으로부터 온실용 자재(S)의 열 특성인 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율, 단파복사 투과율 또는 단파복사 흡수율 중 적어도 하나가 산출될 수 있다.

[0132] 전술한 바와 같이 온실용 자재(S)의 장파복사 특성 및 단파복사 특성을 산출한 연산부(800)는 산출된 온실용 자재(S)의 장파복사 특성 및 단파복사 특성과 제1 온도 센서(710) 및 제3 온도 센서(730)에서 측정된 온도 측정값을 바탕으로, 온실용 자재(S)의 대류열전달 특성을 산출할 수 있다.

[0133] 이때, 온실용 자재(S)의 장파복사 방사율은 온실용 자재(S)의 장파복사 흡수율과 동일한 값일 수 있다.

[0134] 구체적으로, 연산부(800)에서는 천공복사에너지, 온실용 자재(S)의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 온실용 자

재(S)의 장파복사 흡수율, 전천일사에너지, 단파복사 반사에너지 및 온실용 자재(S)의 단파복사 흡수율의 관계식으로부터 온실용 자재(S)에 기설정시간(예를 들어, 24시간) 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지가 산출될 수 있다.

[0135] 다음으로, 연산부(800)에서는 온실용 자재(S)에 기설정시간(예를 들어, 24시간) 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지, 온실용 자재(S)의 장파복사 흡수율 및 온실용 자재(S)의 표면 온도의 관계식으로부터 온실용 자재(S)에서 공기로 전달되는 대류열전달량이 산출될 수 있다.

[0136] 마지막으로, 연산부(800)에서는 대류열전달량, 온실용 자재(S)의 표면 온도 및 온실용 자재(S)의 주변 온도의 관계식으로부터 온실용 자재(S)의 대류열전달계수가 산출될 수 있다.

[0137] 예를 들어, 연산부(800)에는 천공복사에너지, 온실용 자재(S)의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 온실용 자재(S)의 장파복사 흡수율, 전천일사에너지, 단파복사 반사에너지 및 온실용 자재(S)의 단파복사 흡수율에 대한 제7 관계식, 온실용 자재(S)에 기설정시간(예를 들어, 24시간) 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지, 온실용 자재(S)의 장파복사 흡수율 및 온실용 자재(S)의 표면 온도에 대한 제8 관계식 및 대류열전달량, 온실용 자재(S)의 표면 온도 및 온실용 자재(S)의 주변 온도에 대한 제9 관계식이 내장될 수 있고, 제7 관계식, 제8 관계식 및 제9 관계식에는 각각 온실용 자재(S)에 기설정시간(예를 들어, 24시간) 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지, 온실용 자재(S)에서 공기로 전달되는 대류열전달량 및 온실용 자재(S)의 대류열전달계수가 미지수로 포함되어 있을 수 있다.

[0138] 이와 같이 연산부(800)에 내장된 관계식들로부터 최종적으로 온실용 자재(S)의 대류열전달 특성이 산출될 수 있다.

[0140] 이하에서는 연산부(800)에서 온실용 자재(S)의 열 특성을 산출하는 과정에 대하여 보다 상세히 설명된다.

[0141] 우선, 연산부(800)에는 제1 장파복사량 센서(310)에서 측정된 장파복사량은 천공복사에너지로서 전달되고, 제2 장파복사량 센서(320)에서 측정된 장파복사량은 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 장파복사에너지로서 전달될 수 있다.

[0142] 연산부(800)에서는 상기 천공복사에너지 및 제1 순복사량 센서(210)에서 측정된 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 장파복사에너지가 산출되고( $Q_a - (Q_a - Q_b) = Q_b$ ), 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 장파복사에너지 및 제2 순복사량 센서(220)에서 측정된 순복사량의 차이로부터 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지가 더 산출될 수 있다( $Q_c - (Q_c - Q_d) = Q_d$ ).

[0143] 또한, 연산부(800)에서는 아래의 관계식들에 의해서 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 및 장파복사 방사율(흡수율)이 산출될 수 있다.

[0144] 제1 관계식은 다음과 같다.

$$[0145] \quad Q_b = \varepsilon_L \sigma T^4 + \rho_L Q_a + \tau_L Q_d$$

[0146] 이때,

[0147]  $Q_a$ 는 천공복사에너지고,

[0148]  $Q_b$ 는 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 장파복사에너지고,

[0149]  $Q_d$ 는 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지며,

[0150]  $\sigma$ 는 스테판볼츠만 상수이고,

[0151]  $T$ 는 온실용 자재(S)의 표면 온도이고,

[0152]  $\varepsilon_L$ 는 온실용 자재(S)의 장파복사 방사율이고,

[0153]  $\rho_L$ 는 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율이고,

- [0154]  $\tau_L$ 은 온실용 자재(S)의 장파복사 투과율이다.
- [0155] 이와 같이 제1 관계식은 천공복사에너지, 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 온실용 자재(S)의 표면 온도와 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 장파복사에너지에 대한 관계식으로서, 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 및 장파복사 방사율이 미지수로 포함될 수 있다.
- [0156] 제2 관계식은 다음과 같다.
- [0157] 
$$Q_c = \varepsilon_L \sigma T^4 + \tau_L Q_a + \rho_L Q_d$$
- [0158] 이때,
- [0159]  $Q_a$ 은 천공복사에너지고,
- [0160]  $Q_c$ 는 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 장파복사에너지고,
- [0161]  $Q_d$ 는 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지며,
- [0162]  $\sigma$ 는 스테판볼츠만 상수이고,
- [0163]  $T$ 는 온실용 자재(S)의 표면 온도이고,
- [0164]  $\varepsilon_L$ 는 온실용 자재(S)의 장파복사 방사율이고,
- [0165]  $\rho_L$ 은 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율이고,
- [0166]  $\tau_L$ 은 온실용 자재(S)의 장파복사 투과율이다.
- [0167] 이와 같이 제2 관계식은 천공복사에너지, 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지 및 온실용 자재(S)의 표면 온도와 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 장파복사에너지에 대한 관계식으로서, 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 및 장파복사 방사율이 미지수로 포함될 수 있다.
- [0168] 제3 관계식은 다음과 같다.
- [0169] 
$$Q_d = \varepsilon_b \sigma T_b^4 + (\rho_b + \mu) \varepsilon_L \sigma T^4 + (\rho_b - \mu) \rho_L Q_d + (\rho_b - \mu) \tau_L Q_a$$
- [0170] 이때,
- [0171]  $Q_a$ 은 천공복사에너지고,
- [0172]  $Q_d$ 는 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지며,
- [0173]  $\sigma$ 는 스테판볼츠만 상수이고,
- [0174]  $T$ 는 온실용 자재(S)의 표면 온도이고,
- [0175]  $T_b$ 는 흑체 구현부(600)의 표면 온도이고,
- [0176]  $\varepsilon_b$ 는 흑체 구현부(600)의 장파복사 방사율이고,
- [0177]  $\rho_b$ 는 흑체 구현부(600)의 장파복사 반사율이며,
- [0178]  $\varepsilon_L$ 는 온실용 자재(S)의 장파복사 방사율이고,
- [0179]  $\rho_L$ 은 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율이고,
- [0180]  $\tau_L$ 은 온실용 자재(S)의 장파복사 투과율이다.
- [0181] 이때, 흑체 구현부(600)의 장파복사 방사율 및 장파복사 반사율은 별도로 측정된 값으로 될 수 있다.
- [0182] 또한,  $\mu$ 는 방정식 풀이 시 오차에 의해 계산이 수행되지 않는 현상을 방지하기 위한 특수값이며, 연산부(800)

에서 수행되는 온실용 자재(S)의 열 특성 산출 과정에서 생략될 수 있다.

[0183]  $\mu$  이 생략된 제3 관계식은 다음과 같다.

$$Q_d = \varepsilon_b \sigma T_b^4 + \rho_b \varepsilon_L \sigma T^4 + \rho_b \rho_L Q_d + \rho_b \tau_L Q_a$$

[0185] 이와 같이 제3 관계식은 천공복사에너지, 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지, 온실용 자재(S)의 표면 온도, 흑체 구현부(600)의 표면 온도, 흑체 구현부(600)의 장파복사 방사율(또는 흡수율) 및 흑체 구현부(600)의 반사율과 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지에 대한 관계식으로서, 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 및 장파복사 방사율이 미지수로 포함될 수 있다.

[0186] 전술된 제1 관계식 내지 제3 관계식을 이용하여 미지수  $\varepsilon_L$ (온실용 자재(S)의 장파복사 방사율),  $\rho_L$ (온실용 자재(S)의 장파복사 반사율) 및  $\tau_L$ (온실용 자재(S)의 장파복사 투과율)을 산출할 수 있다.

[0188] 또한, 연산부(800)에서는 제4 관계식 내지 제6 관계식을 이용하여 온실용 자재(S)의 단파복사 특성이 산출될 수 있다.

[0189] 제4 관계식은 다음과 같다.

$$S_b = \rho_s S_a + \tau_s S_d$$

[0191] 이때,

[0192]  $S_a$ 는 전천일사에너지고,

[0193]  $S_b$ 는 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 단파복사에너지고,

[0194]  $S_d$ 는 흑체 구현부(600)로부터의 단파복사 반사에너지이며,

[0195]  $\rho_s$ 는 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율이고,

[0196]  $\tau_s$ 는 온실용 자재(S)의 단파복사 투과율이다.

[0197] 이와 같이 제4 관계식은 전천일사에너지 및 단파복사 반사에너지와 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 단파복사에너지에 대한 관계식으로서, 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율이 미지수로 포함될 수 있다.

[0198] 제5 관계식은 다음과 같다.

$$S_c = \tau_s S_a + \rho_s S_d$$

[0200] 이때,

[0201]  $S_a$ 는 전천일사에너지고,

[0202]  $S_c$ 는 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 단파복사에너지고,

[0203]  $S_d$ 는 흑체 구현부(600)로부터의 단파복사 반사에너지이며,

[0204]  $\rho_s$ 는 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율이고,

[0205]  $\tau_s$ 는 온실용 자재(S)의 단파복사 투과율이다.

[0206] 이와 같이 제5 관계식은 전천일사에너지 및 단파복사 반사에너지와 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 단파복사에너지에 대한 관계식으로서, 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율이 미지수로 포함될 수 있다.

[0207] 제6 관계식은 다음과 같다.

$$\alpha_s = 1 - \rho_s - \tau_s$$

- [0209] 이때,
- [0210]  $\rho_s$ 는 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율이고,
- [0211]  $\tau_s$ 는 온실용 자재(S)의 단파복사 투과율이고,
- [0212]  $\alpha_s$ 는 온실용 자재(S)의 단파복사 흡수율이다.
- [0213] 이와 같이 제6 관계식은 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율, 단파복사 투과율 및 단파복사 흡수율에 대한 관계식으로서, 온실용 자재(S)의 단파복사 흡수율이 산출될 수 있다.
- [0214] 전술된 제4 관계식 내지 제6 관계식을 이용하여 미지수  $\alpha_s$ (온실용 자재(S)의 단파복사 방사율),  $\rho_s$ (온실용 자재(S)의 단파복사 반사율) 및  $\tau_s$ (온실용 자재(S)의 단파복사 투과율)를 산출할 수 있다.
- [0216] 온실용 자재(S)의 장파 및 단파복사 특성이 모두 산출된 다음, 연산부(800)에서는 제7 관계식 내지 제9 관계식을 순차적으로 이용하여 온실용 자재(S)의 대류열전달 특성이 산출될 수 있다.
- [0217] 제7 관계식은 다음과 같다.
- [0218]  $A = \alpha_L (Q_a + Q_d) + \alpha_s (S_a + S_d)$
- [0219] 이때,
- [0220]  $Q_a$ 는 천공복사에너지고,
- [0221]  $Q_d$ 는 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사에너지고,
- [0222]  $S_a$ 는 전천일사에너지고,
- [0223]  $S_d$ 는 흑체 구현부(600)로부터의 단파복사 반사에너지이며,
- [0224]  $\alpha_L$ 은 온실용 자재(S)의 장파복사 흡수율이고,
- [0225]  $\alpha_s$ 는 온실용 자재(S)의 단파복사 흡수율이며,
- [0226] A는 상기 온실용 자재(S)에 기설정시간(예를 들어, 24시간) 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지다.
- [0227] 이때, 온실용 자재(S)의 장파복사 흡수율은 온실용 자재(S)의 장파복사 방사율과 동일한 값이다.
- [0228] 이와 같이 제7 관계식은 온실용 자재(S)의 천공복사에너지, 온실용 자재(S)의 하부에서의 상향 장파복사에너지, 온실용 자재(S)의 장파복사 흡수율, 전천일사에너지, 단파복사 반사에너지 및 온실용 자재(S)의 단파복사 흡수율에 대한 관계식으로서, 온실용 자재(S)에 기설정시간(예를 들어, 24시간) 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지가 산출될 수 있다.
- [0229] 제8 관계식은 다음과 같다.
- [0230]  $A - 2(\varepsilon_L \sigma T^4) - 2C_{m-a} = 0$
- [0231] 이때,
- [0232] A는 상기 온실용 자재(S)에 기설정시간(예를 들어, 24시간) 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지고,
- [0233]  $\varepsilon_L$ 는 온실용 자재(S)의 장파복사 방사율이고,
- [0234]  $\sigma$ 는 스테판볼츠만 상수이고,
- [0235] T는 온실용 자재(S)의 표면 온도이며,
- [0236]  $C_{m-a}$ 는 온실용 자재(S)로부터 공기로 전달되는 대류열전달량이다.

- [0237] 이와 같이 제8 관계식은 온실용 자재(S)에 기설정시간(예를 들어, 24시간) 동안 흡수된 장파 및 단파복사에너지, 온실용 자재(S)의 장파복사 흡수율 및 온실용 자재(S)의 표면 온도에 대한 관계식으로서, 온실용 자재(S)에서 공기로 전달되는 대류열전달량이 산출될 수 있다.
- [0238] 제9 관계식은 다음과 같다.
- [0239] 
$$h_{m-a} = C_{m-a} / (T_m - T_a)$$
- [0240] 이때,
- [0241]  $C_{m-a}$ 는 온실용 자재(S)로부터 공기로 전달되는 대류열전달량이고,
- [0242]  $T_m$ 은 온실용 자재(S)의 표면 온도이고,
- [0243]  $T_a$ 는 온실용 자재(S)의 주변 온도이며,
- [0244]  $h_{m-a}$ 는 온실용 자재(S)의 대류열전달계수이다.
- [0245] 이와 같이 제9 관계식은 대류열전달량, 온실용 자재(S)의 표면 온도 및 온실용 자재(S)의 주변 온도에 대한 관계식으로서, 온실용 자재(S)의 대류열전달계수가 산출될 수 있다.
- [0246] 전술된 제7 관계식 내지 제9 관계식을 이용하여 A(흡수된 장파 및 단파복사에너지) 및  $C_{m-a}$ (대류열전달량)이 차례대로 산출되고, 최종적으로  $h_{m-a}$ (대류열전달계수)를 산출할 수 있다.
- [0248] 전술된 바와 같이 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템(10)은 온실용 자재(보온재, 단열재 또는 차광재)의 대류열전달 특성(예를 들어, 대류열전달계수)을 측정하여, 온실용 자재의 보온 성능을 정량적으로 제시할 수 있으며, 온실용 자재의 상하부에 순복사량 센서, 장파복사량 센서 및 단파복사량 센서를 설치하여 온실용 자재의 대류열전달 특성을 실내 또는 실외에서 용이하게 측정할 수 있다. 또한, 일 실시예에 따른 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템(10)은 국내에 보급되어 있는 모든 온실용 자재에 대한 대류열전달 특성을 측정하여 온실용 자재의 종류에 따른 보온 성능을 분석 또는 비교할 수 있고, 프레임에 온실용 자재가 탈부착 가능하게 마련되어 다양한 온실용 자재의 조합에 따른 대류열전달 특성을 용이하게 측정할 수 있다.
- [0250] 이상과 같이 본 발명의 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 구조, 장치 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

### 부호의 설명

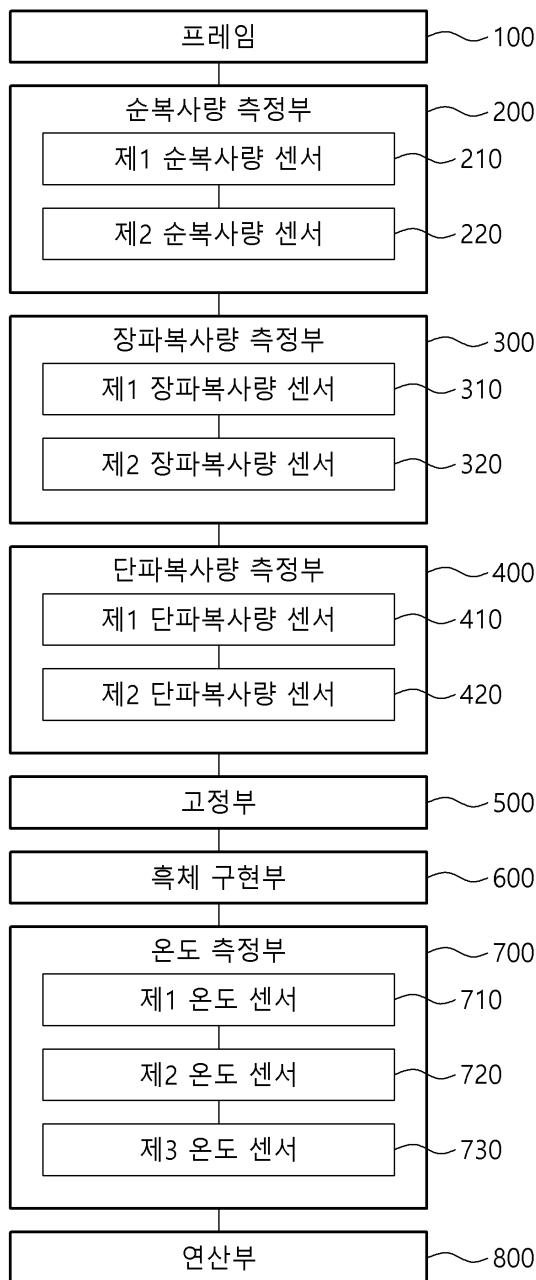
- [0251] 10: 온실용 자재의 열 특성 측정 시스템  
 100: 프레임  
 200: 순복사량 측정부  
 210: 제1 순복사량 센서  
 220: 제2 순복사량 센서  
 300: 장파복사량 측정부  
 310: 제1 장파복사량 센서

320: 제2 장파복사량 센서  
400: 단파복사량 측정부  
410: 제1 단파복사량 센서  
420: 제2 단파복사량 센서  
500: 고정부  
600: 흑체 구현부  
700: 온도 측정부  
710: 제1 온도 센서  
720: 제2 온도 센서  
730: 제3 온도 센서  
800: 연산부

도면

도면1

10



도면2

