



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0064988
(43) 공개일자 2023년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 25/18 (2006.01) G01K 17/20 (2006.01)
G06F 17/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 25/18 (2013.01)
G01K 17/20 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0150707
(22) 출원일자 2021년11월04일
심사청구일자 2021년11월04일

(71) 출원인
경북대학교 산학협력단
대구광역시 북구 대학로 80 (산격동, 경북대학교)
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
이현우
대구광역시 수성구 과동로 222, 101동 1006호(과
동, 수성못코오롱하늘채)
나옥호
대구광역시 동구 둔산로2길 19-4, 7동 201호(신평
동, 그린빌라)
김현태
경기도 수원시 팔달구 화산로 57, 145동 2103호(하서동, 꽃피버들마을 진흥아파트)
(74) 대리인
특허법인 무한

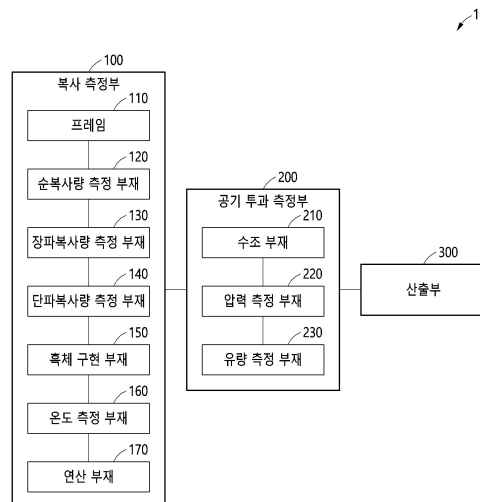
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템

(57) 요약

일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템은, 온실용 자재의 복사 특성을 측정하는 복사측정부; 상기 온실용 자재의 공기투과 특성을 측정하는 공기투과측정부; 및 상기 온실용 자재의 관류열전달계수를 산출하는 산출부;를 포함하고, 상기 온실용 자재는 보온재, 단열재 또는 차광재를 포함하고, 상기 산출부는 상기 복사측정부 및 상기 공기투과측정부의 측정값을 이용하여 상기 온실용 자재의 관류열전달계수를 산출할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06F 17/10 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1545019012
과제번호	717001073HD230
부처명	농림축산식품부
과제관리(전문)기관명	농림식품기술기획평가원
연구사업명	농림축산식품연구센터지원(R&D)
연구과제명	스마트 온실의 구조시스템 개발
기 여 율	0.8/1
과제수행기관명	경북대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345314050
과제번호	2019R1I1A3A01051739
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	신재생에너지 이용 온실 구조시스템의 최적 제어 및 에너지 관리를 위한 동적 시뮬레이션 모델 개발
기 여 율	0.2/1
과제수행기관명	경북대학교 산학협력단
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

온실용 자재의 복사 특성을 측정하는 복사측정부;

상기 온실용 자재의 공기투과 특성을 측정하는 공기투과측정부; 및

상기 온실용 자재의 관류열전달계수를 산출하는 산출부;

를 포함하고,

상기 온실용 자재는 보온재, 단열재 또는 차광재를 포함하고,

상기 산출부는 상기 복사측정부 및 상기 공기투과측정부의 측정값을 이용하여 상기 온실용 자재의 관류열전달계수를 산출하는, 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복사측정부는,

온실용 자재가 장착되도록 구성된 프레임;

상기 온실용 자재의 하부에 흑체 표면을 구현하는 흑체구현부재;

상기 온실용 자재의 상하부에서 순복사량을 측정하는 순복사량측정부재;

상기 온실용 자재의 상하부에서 장파복사량을 측정하는 장파복사량측정부재;

상기 온실용 자재의 상하부에서 단파복사량을 측정하는 단파복사량측정부재;

상기 온실용 자재의 상하부에서 온도를 측정하는 온도측정부재; 및

상기 순복사량측정부재, 상기 장파복사량측정부재, 상기 단파복사량측정부재 및 상기 온도측정부재에서 측정된 값을 바탕으로 상기 온실용 자재의 장파복사 및 단파복사 특성을 산출하는 연산부재;

를 포함하고,

상기 온실용 자재는 상기 프레임에 대하여 탈부착 가능하게 마련되는 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 공기투과측정부는,

각각 밸브의 개폐에 의해 공기 또는 물이 유입 또는 유출되는 복수 개의 파이프와 연결되고 내부에 소정의 물을 수용하는 수조부재;

상기 복수 개의 파이프 중 일단이 외부공기가 이동 가능한 개구가 형성되고 타단이 상기 수조부재와 연결된 파이프에 설치된 압력측정부재; 및

상기 복수 개의 파이프 중 상기 수조부재의 하부에 연결된 파이프에 설치된 유량측정부재;

를 포함하고,

상기 압력측정부재가 설치된 파이프의 상기 일단 내부에는 온실용 자재가 설치되고,

상기 수조부재의 물이 배출될 때 상기 수조부재로 유입되는 공기는 상기 온실용 자재를 통과하는, 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 순복사량측정부재에서는 상기 온실용 자재 상부에서의 순복사량 및 상기 온실용 자재 하부에서의 순복사량이 측정되고,

상기 장파복사량측정부재에서는 천공복사량 및 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사량이 측정되고,

상기 연산부재에서는 상기 천공복사량 및 상기 온실용 자재 상부에서의 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사량이 산출되고, 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사량 및 상기 온실용 자재 하부에서의 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사량이 더 산출되며,

상기 연산부재에서는 아래의 관계식에 의해 상기 온실용 자재의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 및 장파복사 흡수율이 산정되고,

$$Q_b = E_s + (\rho_L \times Q_a) + (Q_d \times \tau_L)$$

$$Q_c = E_s + (\tau_L \times Q_a) + (\rho_L \times Q_d)$$

$$Q_d = E_b + (\rho_b + \mu) \times E_s + (\rho_b - \mu) \times \rho_L \times Q_d + (\rho_b - \mu) \times (\tau_L \times Q_a)$$

$$\alpha_L = 1 - \rho_L - \tau_L$$

이때,

Q_a 는 천공복사량이고,

Q_b 는 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사량이고,

Q_c 는 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사량이고,

Q_d 는 상기 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사량이며,

E_s 는 상기 온실용 자재의 장파복사 방사량이고,

E_b 는 상기 흑체구현부재의 장파복사 방사량이며,

ρ_L 는 상기 온실용 자재의 장파복사 반사율이고,

ρ_b 는 상기 흑체구현부재의 장파복사 반사율이고,

τ_L 는 상기 온실용 자재의 장파복사 투과율이고,

α_L 는 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율이며,

μ 는 특수값인, 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 단파복사량측정부재에서는 상기 온실용 자재 상부에서의 전천일사량, 상기 온실용 자재 상부에서의 상향

단파복사량, 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사량 및 상기 흑체구현부재로부터의 단파복사량이 측정되고,

상기 연산부에서는 아래의 관계식에 의해 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율, 단파복사 투과율 및 단파복사 흡수율이 산정되고,

$$S_b = (\rho_s \times S_a) + (S_d \times \tau_s)$$

$$S_c = (\rho_s \times S_d) + (S_a \times \tau_s)$$

이때,

S_a 는 상기 전천일사량이고,

S_b 는 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사량이고,

S_c 는 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사량이고,

S_d 는 상기 흑체구현부재로부터의 단파복사량이며,

ρ_s 는 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율이고,

τ_s 는 상기 온실용 자재의 단파복사 투과율인, 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 압력측정부재에서는 상기 온실용 자재를 통과하는 공기압차가 측정되고,

상기 유량측정부재에서는 상기 수조부재로부터 배출되는 물의 유량이 측정되고,

상기 산출부에서는 아래의 관계식에 의해 상기 온실용 자재의 공기투과율이 산정되고,

$$\frac{dP}{dx} = \frac{\mu}{K} u$$

이때,

dP 는 상기 온실용 자재를 통과하는 공기압차이고,

x 는 상기 온실용 자재의 두께이고,

μ 는 공기의 동점성계수이고,

u 는 공기속도이고,

K 는 상기 온실용 자재의 공기투과율인, 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 산출부는 TRNSYS를 포함하는 시뮬레이션 프로그램으로 구성되는, 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템이 개시된다.

배경 기술

[0002] 온실이란 유리나 플라스틱 필름 등으로 피복하여 외부기상으로부터 격리된 재배공간을 만들고, 여러 가지 부대 설비를 이용해서 공간 내부의 미기상 조건이나 배지조건 등의 환경을 인위적으로 조절하여 작물은 생산하는 시설을 말한다. 실제 온실에는 외부 피복재와 내부의 보온커튼으로 피복된 경우가 대부분이다. 이는 온실로부터 외부로 손실되는 열을 최대한 줄이고, 원하는 온실의 온도 및 습도 등의 생육환경 조건들을 작물생육에 적절한 상태로 유지시키기 위함이다.

[0003] 이러한 온실로부터 외부로 손실되는 열은 크게 대류열, 복사열, 전도열로 구성된다.

[0004] 구체적으로 대류열은 고체 표면과 유체 간의 온도차에 의해 열이 이동하는 현상을 의미하고, 복사열은 고온의 물체가 열원을 방사하여 공간을 거친 후 다른 저온의 물체에 흡수되어 일어나는 열을 의미하며, 전도열은 고체에서 열에너지가 고온 쪽에서 저온 쪽으로 전달되는 현상을 의미한다.

[0005] 그러나 실질적으로 농업용으로 사용되는 온실의 경우 야간 천공복사냉각에 의한 열손실 비중이 크다.

[0006] 따라서, 온실의 보온력을 높이기 위해서는 온실의 에너지 변화를 정확하게 분석할 수 있는 기술이 요구된다. 온실의 에너지 변화를 정확하게 분석하기 위해서는 우선 온실의 에너지 변화에 가장 큰 영향을 미치는 온실용 자재에 대한 열특성을 정확하게 파악하여 입력자료로 활용할 필요가 있다.

[0007] 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지 기술이라고 할 수는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 공개특허공보 제10-2007-0070495호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 일 실시예에 따른 목적은 온실의 보온 성능을 정확히 분석하기 위해 온실용 자재(보온재, 단열재 또는 차광재)의 관류열전달계수를 측정하는 시스템을 제공하는 것이다.

[0010] 일 실시예에 따른 목적은 온실용 자재의 물리적 특성, 장파 및 단파복사 특성, 공기투과 특성을 측정하여 온실용 자재의 관류열전달계수를 산정하는 시스템을 제공하는 것이다.

[0011] 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

[0012] 상기 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템은, 온실용 자재의 복사 특성을 측정하는 복사측정부; 상기 온실용 자재의 공기투과 특성을 측정하는 공기투과측정부; 및 상기 온실용 자재의 관류열전달계수를 산출하는 산출부;를 포함하고, 상기 온실용 자재는 보온재, 단열재 또는 차광재를 포함하고, 상기 산출부는 상기 복사측정부 및 상기 공기투과측정부의 측정값을 이용하여 상기 온실용 자재의 관류열전달계수를 산출할 수 있다.

[0013] 일 측에 의하면, 상기 복사측정부는, 온실용 자재가 장착되도록 구성된 프레임; 상기 온실용 자재의 하부에 흑체 표면을 구현하는 흑체구현부재; 상기 온실용 자재의 상하부에서 순복사량을 측정하는 순복사량측정부재; 상기 온실용 자재의 상하부에서 장파복사량을 측정하는 장파복사량측정부재; 상기 온실용 자재의 상하부에서 단파복사량을 측정하는 단파복사량측정부재; 상기 온실용 자재의 상하부에서 온도를 측정하는 온도측정부재; 및 상기 순복사량측정부재, 상기 장파복사량측정부재, 상기 단파복사량측정부재 및 상기 온도측정부재에서 측정된 값

을 바탕으로 상기 온실용 자재의 장파복사 및 단파복사 특성을 산출하는 연산부재;를 포함하고, 상기 온실용 자재는 상기 프레임에 대하여 탈부착 가능하게 마련될 수 있다.

[0014] 일 측에 의하면, 상기 공기투과측정부재는, 각각 밸브의 개폐에 의해 공기 또는 물이 유입 또는 유출되는 복수 개의 파이프와 연결되고 내부에 소정의 물을 수용하는 수조부재; 상기 복수 개의 파이프 중 일단이 외부공기가 이동 가능한 개구가 형성되고 타단이 상기 수조부재와 연결된 파이프에 설치된 압력측정부재; 및 상기 복수 개의 파이프 중 상기 수조부재의 하부에 연결된 파이프에 설치된 유량측정부재;를 포함하고, 상기 압력측정부재가 설치된 파이프의 상기 일단 내부에는 온실용 자재가 설치되고, 상기 수조부재의 물이 배출될 때 상기 수조부재로 유입되는 공기는 상기 온실용 자재를 통과할 수 있다.

[0015] 일 측에 의하면, 상기 순복사량측정부재에서는 상기 온실용 자재 상부에서의 순복사량 및 상기 온실용 자재 하부에서의 순복사량이 측정되고, 상기 장파복사량측정부재에서는 천공복사량 및 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사량이 측정되고, 상기 연산부재에서는 상기 천공복사량 및 상기 온실용 자재 상부에서의 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사량이 산출되고, 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사량 및 상기 온실용 자재 하부에서의 순복사량의 차이로부터 상기 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사량이 더 산출되며, 상기 연산부재에서는 아래의 관계식에 의해 상기 온실용 자재의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 및 장파복사 흡수율이 산정되고,

$$[0016] \quad Q_b = E_s + (\rho_L \times Q_a) + (Q_d \times \tau_L)$$

$$[0017] \quad Q_c = E_s + (\tau_L \times Q_a) + (\rho_L \times Q_d)$$

$$[0018] \quad Q_d = E_b + (\rho_b + \mu) \times E_s + (\rho_b - \mu) \times \rho_L \times Q_d + (\rho_b - \mu) \times (\tau_L \times Q_a)$$

$$[0019] \quad \alpha_L = 1 - \rho_L - \tau_L$$

[0020] 이때, Q_a 는 천공복사량이고, Q_b 는 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 장파복사량이고, Q_c 는 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 장파복사량이고, Q_d 는 상기 온실용 자재 하부에서의 상향 장파복사량이며, E_s 는 상기 온실용 자재의 장파복사 방사량이고, E_b 는 상기 흑체구현부재의 장파복사 방사량이며, ρ_L 는 상기 온실용 자재의 장파복사 반사율이고, ρ_b 는 상기 흑체구현부재의 장파복사 반사율이고, τ_L 는 상기 온실용 자재의 장파복사 투과율이고, α_L 는 상기 온실용 자재의 장파복사 흡수율이며, μ 는 특수값이다.

[0021] 일 측에 의하면, 상기 단파복사량측정부재에서는 상기 온실용 자재 상부에서의 전천일사량, 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사량, 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사량 및 상기 흑체구현부재로부터의 단파복사량이 측정되고, 상기 연산부재에서는 아래의 관계식에 의해 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율, 단파복사 투과율 및 단파복사 흡수율이 산정되고,

$$[0022] \quad S_b = (\rho_s \times S_a) + (S_d \times \tau_s)$$

$$[0023] \quad S_c = (\rho_s \times S_d) + (S_a \times \tau_s)$$

[0024] 이때, S_a 는 상기 전천일사량이고, S_b 는 상기 온실용 자재 상부에서의 상향 단파복사량이고, S_c 는 상기 온실용 자재 하부에서의 하향 단파복사량이고, S_d 는 상기 흑체구현부재로부터의 단파복사량이며, ρ_s 는 상기 온실용 자재의 단파복사 반사율이고, τ_s 는 상기 온실용 자재의 단파복사 투과율이다.

[0025] 일 측에 의하면, 상기 압력측정부재에서는 상기 온실용 자재를 통과하는 공기압차가 측정되고, 상기 유량측정부재에서는 상기 수조부재로부터 배출되는 물의 유량이 측정되고, 상기 산출부에서는 아래의 관계식에 의해 상기 온실용 자재의 공기투과율이 산정되고,

$$[0026] \quad \frac{dP}{dx} = \frac{\mu}{K} u$$

[0027] 이때, dP 는 상기 온실용 자재를 통과하는 공기압차이고, x 는 상기 온실용 자재의 두께이고, μ 는 공기의 동점성계수이고, u 는 공기속도이고, K 는 상기 온실용 자재의 공기투과율이다.

[0028] 일 측에 의하면, 상기 산출부는 TRNSYS를 포함하는 시뮬레이션 프로그램으로 구성될 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템에 의하면, 온실용 자재(보온재, 단열재 또는 차광재)의 관류열전달계수를 측정하여 온실의 보온 성능을 정확히 분석할 수 있는 효과가 있다.
- [0030] 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템에 의하면, 온실용 자재의 물리적 특성, 장파 및 단파복사 특성, 공기투과 특성을 측정하여 온실용 자재의 관류열전달계수를 산정할 수 있는 효과가 있다.
- [0031] 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템을 개략적으로 도시한다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템의 공기투과측정부를 개략적으로 도시한다.
- 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 일 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 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

- [0033] 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.
- [0034] 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.
- [0035] 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.
- [0036] 도 1은 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템(10)을 개략적으로 도시하고, 도 2는 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템(10)의 공기투과측정부(200)를 개략적으로 도시한다.
- [0037] 도 1을 참조하여, 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템(10)은 복사측정부(100), 공기투과측정부(200) 및 산출부(300)를 포함할 수 있다.
- [0038] 복사측정부(100)는 온실용 자재(S)의 복사 특성을 측정할 수 있다.
- [0039] 공기투과측정부(200)는 온실용 자재(S)의 공기투과 특성을 측정할 수 있다.
- [0040] 산출부(300)는 온실용 자재(S)의 관류열전달계수를 산출할 수 있다. 구체적으로, 산출부(300)는 복사측정부(100) 및 공기투과측정부(200)의 측정값을 이용하여 온실용 자재의 관류열전달계수를 산출할 수 있다.
- [0042] 다시 도 1을 참조하여, 복사측정부(100)는 프레임(110), 흑체구현부재(150), 순복사량측정부재(120), 장파복사량측정부재(130), 단파복사량측정부재(140), 온도측정부재(160) 및 연산부재(170)를 포함할 수 있다.
- [0043] 상기 프레임(110)은 온실용 자재(S)가 장착되도록 구성될 수 있다. 이때, 온실용 자재(S)는 보온재, 단열재 또는 차광재를 포함할 수 있다. 또한, 온실용 자재(S)는 프레임(110)에 대하여 탈부착 가능하게 마련될 수 있다.
- [0044] 흑체구현부재(150)는 온실용 자재(S)의 하부에 흑체 표면을 구현할 수 있다. 흑체구현부재(150)는 예를 들어 흑색척으로 마련될 수 있다. 이때, 흑색척은 방사율 = 0.93, 투과율 = 0, 반사율 = 0.07의 복사 특성을 가질 수

있다.

- [0045] 순복사량측정부재(120)는 온실용 자재(S)의 상하부에서 순복사량을 측정할 수 있다. 예를 들어, 순복사량측정부재(120)는 복수 개의 순복사계로 마련될 수 있다.
- [0046] 장파복사량측정부재(130)는 온실용 자재(S)의 상하부에서 장파복사량을 측정할 수 있다. 예를 들어, 장파복사량측정부재(130)는 복수 개의 장파복사계로 마련될 수 있다.
- [0047] 단파복사량측정부재(140)는 온실용 자재(S)의 상하부에서 단파복사량을 측정할 수 있다. 예를 들어, 단파복사량측정부재(140)는 복수 개의 일사계로 마련될 수 있다.
- [0048] 온도측정부재(160)는 온실용 자재(S)의 상하부에서 온도를 측정할 수 있다.
- [0049] 연산부재(170)는 순복사량측정부재(120), 장파복사량측정부재(130), 단파복사량측정부재(140) 및 온도측정부재(160)에서 측정된 값을 바탕으로 온실용 자재(S)의 장파복사 및 단파복사 특성을 산출할 수 있다.
- [0051] 도 2를 참조하여, 공기투과측정부(200)는 수조부재(210), 압력측정부재(221) 및 유량측정부재(230)를 포함할 수 있다.
- [0052] 수조부재(210)는 각각 밸브의 개폐에 의해 공기 또는 물이 유입 또는 유출되는 복수 개의 파이프와 연결되고, 내부에 소정의 물을 수용할 수 있다.
- [0053] 압력측정부재(221)는 복수 개의 파이프 중 일단이 외부공기가 이동 가능한 개구가 형성되고 타단이 수조부재(210)와 연결된 파이프에 설치될 수 있다. 이때, 압력측정부재(221)가 설치된 파이프의 상기 일단 내부에는 온실용 자재(S)가 설치될 수 있다.
- [0054] 유량측정부재(230)는 복수 개의 파이프 중 수조부재(210)의 하부에 연결된 파이프에 설치될 수 있다.
- [0055] 전술한 구성을 포함하는 공기투과측정부(200)는 수조부재(210)의 물이 배출될 때 수조부재(210)로 유입되는 공기가 온실용 자재(S)를 통과하여 수조부재(210) 내부로 흡입될 수 있다.
- [0057] 구체적으로, 공기투과측정부(200)는 공기-물 흐름 흡입 메커니즘으로 작동하며 중력에 의해 유도된 공기가 온실용 자재(S)의 양쪽 표면에서 자연적인 흡입에 의해 압력 차이를 일으킬 수 있다. 이때, 수조부재(210)의 배수 메커니즘은 공기 투과성의 정확한 측정을 위해 폐쇄된 상태로 작동될 수 있다.
- [0058] 수조부재(210)는 공기흡입탱크(211) 및 수집탱크(2212)를 포함할 수 있다.
- [0059] 공기흡입탱크(211)에는 적어도 3개의 개구가 형성되며, 각각의 개구에는 공기 또는 물이 이동하는 파이프가 연결될 수 있다. 또한, 파이프에는 각각 밸브가 설치되어, 밸브에 의해 수조부재(210)가 밀봉될 수 있다.
- [0060] 공기흡입탱크(211)의 개구들 중 하나는 온실용 자재(S)를 통해 외부 공기와 연결되는 제1파이프(222)와 연결될 수 있다.
- [0061] 온실용 자재(S)는 제1파이프(222)에 있는 온실용 자재 홀더에 고정되어 대기에 노출되어 있고, 제1파이프(222)를 따라 공기흡입탱크(211)의 상부에 형성된 개구와 연결될 수 있다.
- [0062] 개구와 온실용 자재(S) 사이에는 제1밸브(Vc)가 설치되어서, 제1밸브(Vc)에 의해 공기흡입탱크(211) 내부로의 공기 유입이 제어될 수 있다.
- [0063] 또한, 온실용 자재(S) 전후의 공기압차를 측정하기 위하여, 제1파이프(222)의 일단에는 압력측정부재(221)가 설치될 수 있다. 이때, 압력측정부재(221)는 압력강하를 측정하는 차압 트랜스미터로 마련될 수 있으며, 측정값은 자동으로 기록될 수 있다.
- [0064] 다른 하나의 개구는 공기흡입탱크(211)의 상부에 형성될 수 있으며, 물이 유입되는 제2파이프(2111)와 연결될 수 있다. 마찬가지로 제2파이프(2111)에는 제2밸브(Va)가 설치되어 있어서, 제2밸브(Va)의 개폐에 의해 공기흡입탱크(211) 내 물의 유입이 제어될 수 있다.
- [0065] 나머지 개구는 물 배출을 위해 공기흡입탱크(211)의 바닥에 위치하며, 수집탱크(2212)와 연통된 제3파이프(2112)와 연결될 수 있다. 즉, 공기흡입탱크(211)를 빠져나간 물은 수집탱크(2212)로 배출될 수 있다.

- [0066] 또한, 제3파이프(2112)에는 유량측정부재(230)가 설치되어서, 공기흡입탱크(211)에서 배출되는 물의 유량을 측정할 수 있다. 이때, 유량측정부재(230)는 유량 센서로 마련될 수 있다. 또한, 제3파이프(2112)에는 제3밸브(Vd)가 설치되어 있어서, 공기흡입탱크(211)로부터의 물의 배출이 제어될 수 있다.
- [0067] 추가적으로, 수집탱크(2212)의 하부에는 물이 외부로 유출되는 파이프가 연결될 수 있으며, 이 파이프에는 제4밸브(Vb)가 설치되어 물의 유출을 제어할 수 있다.
- [0068] 도 2에 도시된 바와 같이 공기흡입탱크(211)는 제1밸브(Vc) 및 제3밸브(Vd)가 열릴 때 내부에 수용된 물을 배출하게 되고, 온실용 자재(S)의 기공을 통해 외부공기가 유입될 수 있다. 따라서 공기흡입탱크(211)로부터 배출되는 물의 양과 물의 유속은 온실용 자재(S)의 기공을 통해 공기흡입탱크(211)로 유입되는 공기량과 공기흐름 속도와 같다. 결국, 온실용 자재(S)의 기공을 통한 공기흐름 속도를 측정하는 대신 유량측정부재(230)를 통해 배출되는 물의 유량을 측정함으로써, 공기흐름 속도를 쉽게 정량화할 수 있다.
- [0070] 전술한 구성을 포함하는 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템은 복사측정부(100) 및 공기투과측정부(200) 등을 통해 온실용 자재(S)의 물리적 특성, 장파 및 단파복사 특성 및 공기투과 특성 등을 측정하고, 측정값을 이용하여 산출부(300)가 최종적으로 온실용 자재(S)의 관류열전달계수를 산정할 수 있다.
- [0072] 이하에서는 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템을 이용하여 온실용 자재(S)의 관류열전달계수를 산정하는 방법을 보다 상세하게 설명한다.
- [0073] 먼저 다양한 재질로 마련될 수 있는 온실용 자재(S)에 대한 열적 물리적 특성을 결정할 수 있다. 예를 들어, 전자식 디지털 캘리퍼스(TED PELLA, Inc. USA)를 사용하여 온실용 자재(S)의 두께(mm)를 측정한다. 또한, Quick Thermal-meter (QTM-500, Kyoto Electronics MFG. Co., Ltd, Japan)를 사용하여 열전도율 ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)을 측정한다(Rasheed et al., 2020). 이때, 온실용 자재(S)는 Belamans(1989)와 Rafiq(2019b) 등의 연구결과에 따라 대칭 또는 비대칭, 불투명 또는 투명, 알루미늄 스트립 또는 층으로 특성을 구분할 수 있다. 따라서 재료 구성의 물리적 특성을 균질과 비균질로 구분할 수 있다. 이러한 특성들은 LBNL 소프트웨어를 통해 DOE2 파일을 생성하여 TRNBuild에 입력될 수 있다.
- [0075] 다음으로, 상하면이 동일한 재질로 구성된 온실용 자재(S)의 복사 특성을 측정한다.
- [0076] 구체적으로, 순복사량측정부재(120)에서는 온실용 자재(S) 상부에서의 순복사량 및 상기 온실용 자재(S) 하부에서의 순복사량이 측정될 수 있다.
- [0077] 또한, 장파복사량측정부재(130)에서는 천공복사량 및 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 장파복사량이 측정될 수 있다.
- [0078] 전술한 바와 같이 측정된 값을 이용하여, 연산부재(170)에서는 천공복사량 및 상기 온실용 자재(S) 상부에서의 순복사량의 차이로부터 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 장파복사량이 산출되고, 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 장파복사량 및 온실용 자재(S) 하부에서의 순복사량의 차이로부터 온실용 자재(S) 하부에서의 상향 장파복사량이 더 산출될 수 있다.
- [0079] 구체적으로, 연산부재(170)에서는 아래의 관계식에 의해 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 장파복사량(Q_b , W/m^2)이 산정된다.
- [0080]
$$Q_b = E_s + (\rho_L \times Q_a) + (Q_d \times \tau_L)$$
- [0081] 이때, E_s 는 온실용 자재(S)의 장파복사 방사량 (W/m^2)이고, ρ_L 는 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율이고, Q_a 는 천공복사량(W/m^2)이고, τ_L 는 온실용 자재(S)의 장파복사 투과율이다.
- [0082] 또한 연산부재(170)에서는 아래의 관계식에 의해 온실용 자재(S) 하부, 즉 흑체구현부재(150) 상부에서의 하향 장파복사량(Q_c , W/m^2)이 산정된다.

[0083]
$$Q_c = E_s + (\tau_L \times Q_a) + (\rho_L \times Q_d)$$

[0084] 또한 연산부재(170)에서는 아래의 관계식에 의해 온실용 자재(S) 하부, 즉 흑체구현부재(150) 상부에서의 상향 장파복사량(Q_d , W/m^2)이 산정된다.

[0085]
$$Q_d = E_b + (\rho_b + \mu) \times E_s + (\rho_b - \mu) \times \rho_L \times Q_d + (\rho_b - \mu) \times (\tau_L \times Q_a)$$

[0086] 이때, ρ_b 는 흑체구현부재(150)의 장파복사 반사율이고, E_b 는 흑체구현부재(150)의 장파복사 방사량(W/m^2)이며 스테판볼츠만 법칙으로 산정된다. 추가적으로, μ (10^{-6})는 방정식 풀이 시 오차에 의해 계산이 수행되지 않는 현상을 방지하기 위한 특수값이다.

[0087] 연산부재(170)에서는 또한 아래의 관계식에 의해 흑체구현부재(150)의 장파복사 방사량이 산정된다.

[0088]
$$\alpha_L = 1 - \rho_L - \tau_L$$

[0089] 이때, α_L 는 온실용 자재(S)의 장파복사 흡수율이다.

[0090] 전술한 바와 같이, 복사측정부(100)의 연산부재(170)는 상기의 4가지 방정식을 이용하여 장파복사에 대한 해를 구할 수 있다. 즉, 연산부재(170)를 통해 온실용 자재(S)의 장파복사 반사율, 장파복사 투과율 및 장파복사 흡수율이 산정될 수 있다. 이때, 연산부재(170)는 MATLAB 소프트웨어를 사용하여 반복법으로 장파복사에 대한 해를 구할 수 있다.

[0092] 한편, 단파복사량측정부재(140)에서는 온실용 자재(S) 상부에서의 전천일사량, 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 단파복사량, 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 단파복사량 및 흑체구현부재(150)로부터의 단파복사량이 측정될 수 있다.

[0093] 전술한 바와 같이 측정된 값을 이용하여, 연산부재(170)에서는 아래의 관계식에 의해 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율, 단파복사 투과율 및 단파복사 흡수율이 산정될 수 있다.

[0094]
$$S_b = (\rho_s \times S_a) + (S_d \times \tau_s)$$

[0095]
$$S_c = (\rho_s \times S_d) + (S_a \times \tau_s)$$

[0096] 이때, S_b 는 온실용 자재(S) 상부에서의 상향 단파복사량이고, S_c 는 온실용 자재(S) 하부에서의 하향 단파복사량이며, ρ_s 는 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율이고, τ_s 는 온실용 자재(S)의 단파복사 투과율이다. 또한, S_a 는 상기 전천일사량이고, S_d 는 흑체구현부재(150)로부터 온실용 자재(S) 방향의 단파복사량이다.

[0097] 전술한 바와 같이, 복사측정부(100)의 연산부재(170)는 상기의 2가지 방정식을 이용하여 단파복사에 대한 해를 구할 수 있다. 즉, 연산부재(170)를 통해 온실용 자재(S)의 단파복사 반사율 및 단파복사 투과율이 산정될 수 있다. 이때, 연산부재(170)는 MATLAB 소프트웨어를 사용하여 반복법으로 단파복사에 대한 해를 구할 수 있다.

[0098] 온실용 자재(S)의 성능을 분석하기 위해, 전술한 바와 같이 연산부재(170)에서 산정된 단파복사 및 장파복사 특성, 즉 단파복사 측정값과 장파복사 측정값은 산출부(300)로 전달되어 온실용 자재(S)의 관류열전달계수를 산출하는데 사용된다. 이때, 온실용 자재(S)에 대한 성능을 보다 정확하게 분석하기 위해 온실용 자재(S)의 공기투과 특성을 함께 적용하여 관류열전달계수를 산출한다.

[0099] 구체적으로, 공기투과측정부(200)의 압력측정부재(221)에서는 온실용 자재의 압력 강하, 즉 온실용 자재(S)를 기준으로 발생하는 공기압차가 측정되고, 유량측정부재(230)에서는 수조부재(210)로부터 배출되는 물의 유량이 측정될 수 있다.

[0100] 산출부(300)에서는 아래의 관계식에 의해 온실용 자재(S)의 공기투과율이 산정될 수 있다.

[0101]
$$\frac{dP}{dx} = \frac{\mu}{K} u$$

[0102] 이때, dP 는 온실용 자재(S)를 통과하는 공기압차이고, x 는 온실용 자재(S)의 두께이고, μ 는 공기의 동점성계수

이고, u 는 공기속도이고, K 는 온실용 자재(S)의 공기투과율이다.

[0103] 산출부(300)는 TRNSYS와 같은 건물 에너지 시뮬레이션(BES) 프로그램으로 마련될 수 있다. TRNSYS를 이용하여, 에너지 소비에 영향을 미치는 모든 기상 인자들을 고려하여 건물의 열에너지 변화를 조사하기 위한 시뮬레이션 모델을 만들 수 있다. TRNSYS는 TYPE 56 빌딩 구성요소를 사용하여 핫박스 모델에 대한 모든 구성요소(기상 데이터 판독기) 사이의 연관성을 생성하는 시뮬레이션 스튜디오로 구성될 수 있다. TRNSYS는 시뮬레이션 스튜디오가 TRNBuild와 시너지 효과를 만들어 다양한 온실용 자재(S)의 기본적인 특성들을 파악할 수 있게 한다. 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템(10)은 온실용 자재(S)의 관류열전달계수(U 값)를 산정하기 위하여 TRNSYS를 사용하여 설계된 핫박스 모델을 이용할 수 있다. 핫박스의 3D 모델은 Google sketchUp™의 추가 기능인 Transys3d를 사용하여 개발한 다음 TRNBuild로 가져와서 온실용 자재(S)의 특성을 입력할 수 있다. 온실용 자재(S)의 특성은 Berkeley National Laboratory (LBNL) Window 7.4 소프트웨어를 이용하여 처리되고 DOE-2 파일로 알려진 데이터 파일이 생성되어 TRNBuild로 가져올 수 있다.

[0105] 전문한 바와 같이 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템은 온실용 자재(S)의 에너지절감 성질을 나타내는 관류열전달계수를 산정하는데 필요한 여러 가지 특성값들을 측정하고 측정값과 TRNSYS를 이용하여 설계된 핫박스 모델을 이용하여 관류열전달계수를 산정할 수 있다.

[0106] 또한, 실험용 핫박스를 제작하여 직접 온실용 자재(S)의 관류열전달계수를 측정하고, 이를 TRNSYS를 통해 산정된 관류열전달계수와 비교하여 TRNSYS를 사용하여 설계된 모델의 타당성을 검증하였다.

[0107] 구체적으로, 온실용 자재(S)의 관류열전달계수(U -값)를 측정하기 위하여 ASTM 기준 C 236-89 및 C 976에 따라 4개의 핫박스를 설계하고 제작하였다. 이 장치는 10cm 두께의 폴리스티렌 샌드위치패널과 외부지지를 위해 알루미늄 프레임으로 제작되었다. 2개의 핫박스의 크기는 800 X 800 X 800mm이고 다른 2개의 핫박스는 700 X 700 X 700mm이다. 벽두께는 100mm이다. 실험 중 균일한 열 분배를 위해 열원을 핫박스 중앙에 배치하였다. 핫박스의 상부에 온실용 자재(S)를 설치할 수 있는 개구부가 있다. 핫박스는 700mm와 600mm 높이에서 나누어져 있어 그 사이에 온실용 자재(S)를 설치하여 테스트할 수 있다. 폴리스티렌을 온실용 자재(S) 샘플 위에 놓고 알루미늄 프레임으로 조여서 핫박스 내부의 공기가 누출되지 않도록 하였다. 핫 박스의 윗면과 온실용 자재(S) 샘플 사이에 공기가 누출되지 않도록 압력을 가하기 위해 폴리스티렌의 윗면과 폴리스티렌 커버의 아랫면에 스폰지를 설치하였다. 전기히터를 사용하여 핫박스 내부온도는 40℃로 유지되도록 하였다. 전기히터의 소비전력을 전력계로 측정하였다. 필요한 열을 공급하고 열이 고르게 분포되도록 핫박스 내부 중앙에 열원을 배치하였다. Hotbox 구성요소는 Table 1-3과 같다. 외부에 두 개의 HOBO TMCx-HD 센서를 태양복사 차폐기(RS3-B) 내부에 설치하여 외기온을 측정하도록 하였고, 4채널 아날로그 데이터 로거를 사용하여 10분 간격으로 측정값을 기록하였다. 내부온도는 2개의 HOBO MX2301A 센서를 사용하여 측정하였다. 내부 및 외부 표면 온도는 HOBO UX120-06M 데이터 로거에 연결된 4개의 열전대를 사용하여 측정하였으며, 측정값은 10분 간격으로 저장되도록 하였다. 전기히터가 소비하는 전력은 전력계로 측정하였으며, 제어장치를 사용하여 내부온도를 제어하였다. 실험은 야간에 수행되었고 21:00 ~ 05:00 사이에 측정하였다.

[0108] 실험장치가 단열되어 있고 피복재 및 보온재를 통한 열전달이 안정되어 있다면 열흐름은 열평형이론을 따르게 되며 피복재의 관류열전달계수는 아래의 식을 사용하여 계산할 수 있다.

$$U = \frac{Q}{A(T_i - T_o)} \quad [0109]$$

[0110] 이때, U 는 관류열전달계수(Wm⁻²K⁻¹)이고, Q 는 핫박스 내부의 가열을 위해 공급된 열량(W)이고, A 는 피복재의 면적(m²)이고, T_i 는 핫박스의 내부온도(℃)이고, T_o 는 외부온도(℃)이다.

[0111] 핫박스가 완전한 단열체가 아니기 때문에 벽체를 통한 열손실을 고려하여 아래의 식과 같이 피복재를 통한 열손실량을 계산할 수 있으며, 틈새환기에 의한 열손실은 무시될 수 있다.

$$Q = Q_r - Q_w \quad [0112]$$

[0113] 이때, Q_r 은 가열장치에 의해 공급된 열량(W)이고, Q_w 는 벽체를 통해 손실된 열량(W)이다.

[0114] 실제 피복재를 통한 관류열전달계수는 아래의 식을 사용하여 계산할 수 있다.

$$U = \frac{Q_r - Q_w}{A(T_i - T_o)} \quad [0115]$$

[0116] 벽체를 통한 열손실량은 아래의 식을 사용하여 계산할 수 있다.

$$Q_w = \frac{\lambda S_w(T_p - T_x)}{L_w} \quad [0117]$$

[0118] 이때, S_w 는 핫박스의 벽체 및 바닥 표면적(m^2)이고, λ 는 단열재의 열전도도($Wm^{-2}K^{-1}$)이고, T_p 는 벽체의 내부표면온도($^{\circ}C$)이고, T_x 는 벽체의 외부표면온도($^{\circ}C$)이고, L_w 는 벽체 두께(m)이다.

[0120] 표 1은 다양한 종류의 온실용 자재(S)의 관류열전달계수를 나타낸다.

표 1

SN	Sample (trade name)	Computed U-value ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)		Experimental U-value ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
		Without airflow	With airflow	
1	White polyester 300/600	5.5	8.0	8.2
2	Luxous	3.8	9.0	9.5
3	PH-55 (open)	4.4	72.1	38.9
4	PH-super	5.2	11.5	10.8
5	PH-66 (al)	4.6	9.8	9.1
6	M1	4.3	4.4	3.9
7	M2	5.4	6.2	5.8
8	M3	4.4	4.4	4.6
9	Clima45(0)	4.5	8.9	8.7
10	New-lux	4.0	9.6	9.8

[0121]

[0122] 표 1을 참조하여, 공기투과도가 0인 M3 온실용 자재(S)의 공기 흐름이 없을 때의 시뮬레이션 결과와 실험값은 각각 $4.4 W \cdot m^{-2} K^{-1}$ 와 $4.6 W \cdot m^{-2} K^{-1}$ 이며 오차는 4.3 %로 나타났다. 반면, White Polyester 300/600의 계산된 U-값을 측정값과 비교하면 공기흐름을 고려하지 않았을 때와 고려했을 때의 오차가 각각 32.4 % 및 2.4 %로 나타났다. 따라서 U-값을 계산할 때에는 반드시 온실용 자재(S)의 공기투과도를 고려하여 산정하여야 더 정확한 관류열전달계수를 측정할 수 있다. 공기의 흐름을 고려하지 않고 계산한 U-값과 핫박스 실험을 통해 얻어진 U-값 사이에 M1, M2, M3를 제외하고는 큰 차이가 있는 것을 알 수 있다. 이들 재료는 투과도가 아주 낮기 때문에 투과도에 따른 U값의 변화는 거의 나타나지 않았다. PH-55는 공극이 약 45 %를 차지하고 있어 공기흐름에 거의 저항이 없다고 볼 수 있다. PH-55의 공기흐름이 있는 경우의 값과 핫박스 실험값은 각각 72.1과 $38.9 W \cdot m^{-2} K^{-1}$ 로 나타났으며, 이러한 차이는 높은 공극을 가진 온실용 자재(S)에 대해서는 열손실량을 정확하게 계산하는 것이 불가능함을 보여준다. 공기흐름이 없는 경우에 대한 최대 및 최소값은 White polyester 300/600와 Luxous에 대해서 각각 5.5와 $3.8 W \cdot m^{-2} K^{-1}$ 로 나타났고, 공기흐름이 있는 경우에 대해서는 PH-55과 M1에 대하여 각각 72.1과 $4.4 W \cdot m^{-2} K^{-1}$ 로 나타났다. 핫박스 실험에서는 PH-55과 M1에 대하여 각각 38.9과 $3.9 W \cdot m^{-2} K^{-1}$ 로 나타났다. M1, M2, M3에 대해 공기의 흐름이 있는 조건과 없는 조건에서 계산한 U-값과 핫박스 실험을 통해 얻어진 U-값이 거의 일치하는 것으로 나타났으며, 이는 공기투과도가 아주 낮고 보온성이 높기 때문이다.

[0124] 결국, 전술한 일 실시예에 따른 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템(10)은 온실용 자재(S)의 관류열전달계수 산정 시 공기투과율을 고려하여 온실용 자재(S)의 관류열전달계수를 계산할 수 있다, 이에 따라, 온실용 자재(S)가 설치된 온실의 에너지 시뮬레이션을 용이하게 할 수 있으며, 에너지 절감을 위한 에너지 분석을 보다

정확하게 수행할 수 있다.

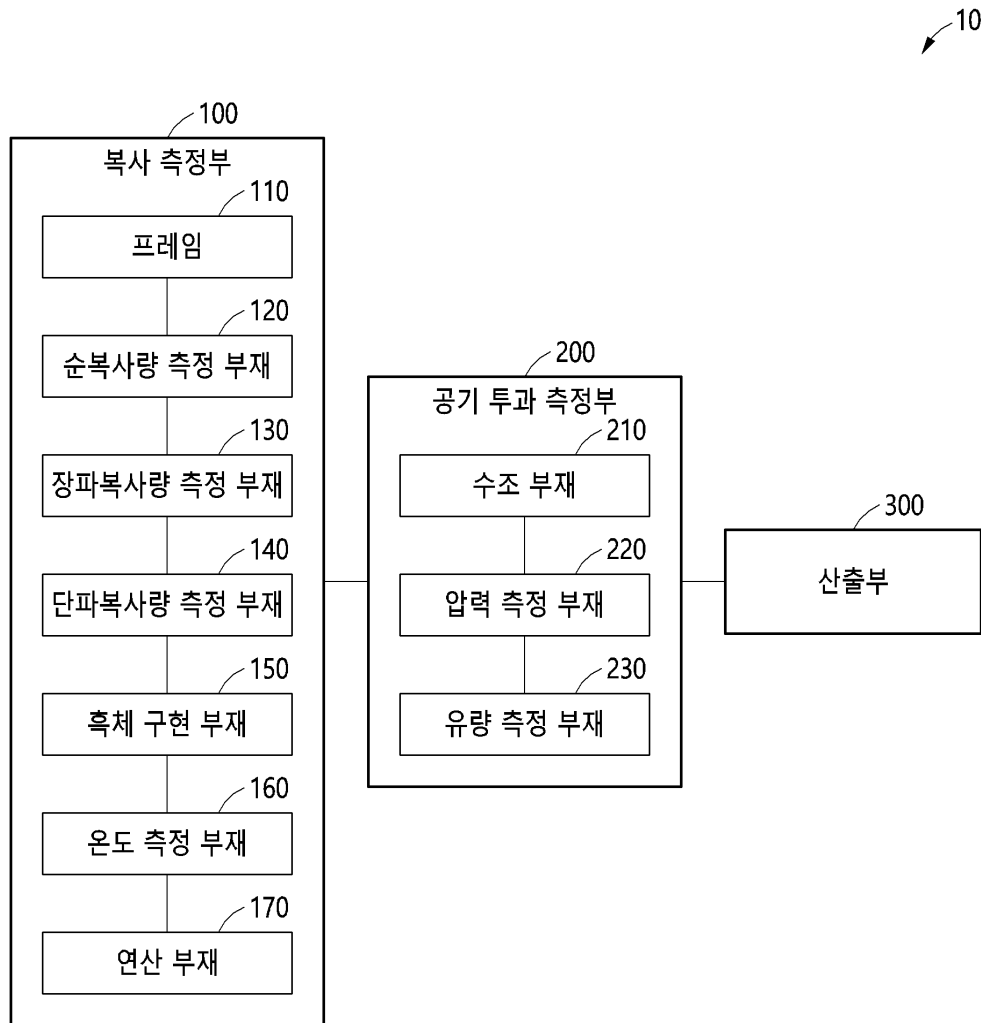
- [0126] 이상과 같이 본 발명의 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 구조, 장치 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 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

- [0127] 10: 온실용 자재의 관류열전달계수 측정 시스템
 100: 복사측정부
 110: 프레임
 120: 순복사량측정부재
 130: 장파복사량측정부재
 140: 단파복사량측정부재
 150: 흑체구현부재
 160: 온도측정부재
 170: 연산부재
 200: 공기투과측정부
 210: 수조부재
 221: 압력측정부재
 230: 유량측정부재
 300: 산출부

도면

도면1



도면2

