



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0109806  
(43) 공개일자 2018년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 27/02 (2006.01) G01R 27/26 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 27/026 (2013.01)  
G01R 27/2605 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0115935(분할)  
(22) 출원일자 2018년09월28일  
심사청구일자 2018년09월28일  
(62) 원출원 특허 10-2016-0129006  
원출원일자 2016년10월06일  
심사청구일자 2016년10월06일

(71) 출원인  
경희대학교 산학협력단  
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)  
전자부품연구원  
경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)  
(72) 발명자  
김선국  
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 전자정보대516호(서천동)  
이민구  
서울특별시 송파구 오금로54길 10, 101동 608호(거여동, 현대아파트)  
(74) 대리인  
김연권

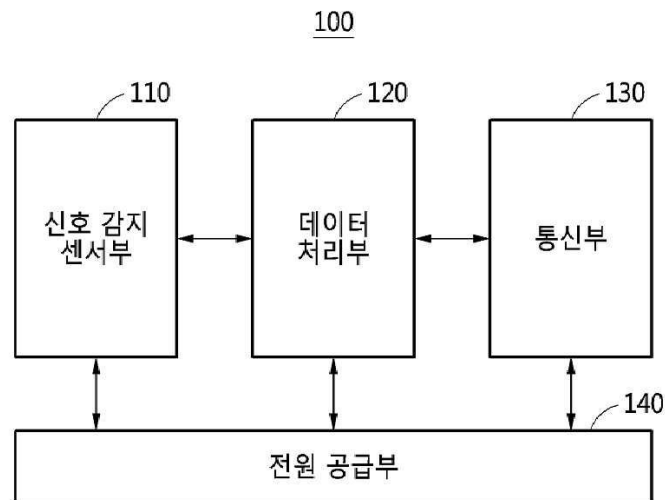
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치 및 그 방법과 이를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템

### (57) 요약

본 발명은 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치 및 그 동작 방법과, 이를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템에 관한 것으로, 다중채널 정전용량 타입의 유전율 변화 감지 센서를 이용하여 식물체의 유전율 변화에 따른 신호로부터 평균 면 정전용량을 획득하여 실시간으로 식물체 내부의 수분량, 건조상태 및 가뭄 스트레스를 모니터링할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**G01R 27/2617** (2013.01)

(72) 발명자

**이찬희**

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732,  
생명과학대251호(서천동)

**이성호**

서울특별시 서초구 잠원로 166-17, 2동 904호(잠원  
동, 강변아파트)

**임혜린**

경기도 시흥시 검바위2로 11-4, 107호(은행동, 신  
성아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014M3A9D7070732  
부처명 과학기술정보통신부  
연구관리전문기관 한국연구재단  
연구사업명 헬스케어원천기술개발  
연구과제명 생체신호 진단용 인공피부센서 개발  
기 여 율 1/3  
주관기관 경희대학교 산학협력단  
연구기간 2014.12.11 ~ 2017.12.10

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015R1A5A1037548  
부처명 과학기술정보통신부  
연구관리전문기관 한국연구재단  
연구사업명 선도연구센터지원사업  
연구과제명 건설구조물 내구성 혁신 연구센터  
기 여 율 1/3  
주관기관 한양대학교 ERICA 산학협력단  
연구기간 2015.08.01 ~ 2019.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 -  
부처명 연구성과실용화진흥원  
연구관리전문기관 한국연구재단  
연구사업명 연구성과사업화지원사업 기술업그레이드 R&D사업  
연구과제명 대면적 2차원 나노판상 성장을 통한 차세대  
기 여 율 1/3  
주관기관 경희대학교 산학협력단  
연구기간 2014.12.01 ~ 2015.11.30

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하는 유전율 변화 감지 장치 및 상기 식물체의 수분 함량 상태를 모니터링하는 외부 단말기를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템에 있어서,

상기 유전율 변화 감지 장치는

상기 식물체 표면에 부착된 복수의 유전율 변화 감지 센서들 - 여기서, 상기 유전율 변화 감지 센서는 식물체의 수분량에 따른 유전율의 변화를 측정하기 위해 전극 패턴으로 형성된 다중채널을 포함함 - 을 포함하여 기관 상에 형성되며, 상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각이 부착된 위치에서 상기 식물체의 유전율의 변화에 따른 신호를 감지하는 신호 감지 센서부;

상기 감지된 신호로부터 상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각에 따른 상기 다중채널 사이의 정전용량 차이를 획득하여 상기 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하는 데이터 처리부; 및

상기 산출된 평균 면 정전용량 값을 전송하는 통신부

를 포함하고,

상기 외부 단말기는

기설정된 수분량 범위에 기초하여 상기 평균 면 정전용량 값에 따른 상기 식물체의 수분 함량 상태를 실시간으로 모니터링하고, 상기 모니터링 결과에 기초하여 경고 메시지, 알람, 음성, 불빛 및 진동 중 적어도 어느 하나를 포함하는 알람 신호를 출력하며,

상기 데이터 처리부는

상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 기설정된 시간 내에 기설정된 기준의 정전용량 차이 값을 초과하는 유전율 변화 감지 센서를 제외하여 상기 평균 면 정전용량 값을 산출하고,

상기 기설정된 기준은

상기 식물체 표면의 상태 변화, 날씨 변화 및 계절 변화를 포함하는 외부 상황에 따른 수분량의 변화를 감지하기 위하여 사전에 설정되는 값인 것을 특징으로 하는 식물 가뭄 모니터링 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각은

포토리소그래피(photolithography) 공정으로 패터닝된 상기 다중채널을 상기 기관에 전사시켜 형성되며,

상기 다중채널은

폴리이미드 용액(Polyimide solution)으로 형성된 필름(film) 상에 금(Au) 박막으로 형성되는 식물 가뭄 모니터링 시스템.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각은

미앤더(meander) 패턴의 상기 전극 패턴으로 형성된 상기 다중채널을 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 데이터 처리부는

상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각에 따른 상기 다중채널 사이의 정전용량 차이에 기초하여 상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 가장 높은 수분량 또는 가장 낮은 수분량을 나타내는 유전율 변화 감지 센서를 제외하고, 나머지 유전율 변화 감지 센서로부터 측정된 정전용량 차이로부터 상기 평균 면 정전용량 값을 산출하는 식물 가뭄 모니터링 시스템.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 기관은

폴리이미드 필름(polyimide film) 및 폴리에틸렌-테레프탈레이트 필름(Poly-Ethylene-Terephthalate Film, PET film) 중 적어도 어느 하나의 플렉서블 기관인 것을 특징으로 하는 식물 가뭄 모니터링 시스템.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 외부 단말기는

사용 권한이 부여된 사용자 단말기 또는 관리자 단말기에 설치된 어플리케이션을 통해 제어되는 식물 가뭄 모니터링 시스템.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 외부 단말기는

상기 평균 면 정전용량 값 정보를 수치, 값, 퍼센트, 영상, 그림, 그래프, 메시지 및 음성 중 적어도 어느 하나로 출력하는 식물 가뭄 모니터링 시스템.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 외부 단말기는

상기 유전율 변화 감지 장치의 On/Off 동작, 신호 감지 주기 변경, 상기 평균 면 정전용량 값 산출 주기 변경, 및 통신 주기 변경 중 적어도 어느 하나의 제어 커맨드를 생성하여 상기 유전율 변화 감지 장치에 제공하는 식물 가뭄 모니터링 시스템.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 외부 단말기는

사용자 단말기 및 외부 서버를 포함하고,

상기 외부 서버는

상기 유전율 변화 감지 장치 또는 상기 사용자 단말기로부터 수신된 상기 식물체에 대한 수분량 정보를 종합 관리하고, 상기 평균 면 정전용량 값의 변화 추이를 분석하여 상기 사용자 단말기로 상기 분석 결과를 제공하는 식물 가뭄 모니터링 시스템.

#### 청구항 10

식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하는 유전율 변화 감지 장치 및 상기 식물체의 수분 함량 상태를 모니터링하는 외부 단말기를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템의 동작 방법에 있어서,

상기 유전율 변화 감지 장치의 신호 감지 센서부에서 상기 식물체 표면에 부착된 복수의 유전율 변화 감지 센서들 - 여기서, 상기 유전율 변화 감지 센서는 식물체의 수분량에 따른 유전율의 변화를 측정하기 위해 전극 패턴으로 형성된 다중채널을 포함함 - 을 포함하여 기관 상에 형성되며, 상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각이 부착된 위치에서 상기 식물체의 유전율의 변화에 따른 신호를 감지하는 단계;

상기 유전율 변화 감지 장치의 데이터 처리부에서 상기 감지된 신호로부터 상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각에 따른 상기 다중채널 사이의 정전용량 차이를 획득하여 상기 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하는 단계;

상기 유전율 변화 감지 장치의 통신부에서 상기 산출된 평균 면 정전용량 값을 전송하는 단계 및

상기 외부 단말기에서 기설정된 수분량 범위에 기초하여 상기 평균 면 정전용량 값에 따른 상기 식물체의 수분함량 상태를 실시간으로 모니터링하고, 상기 모니터링 결과에 기초하여 경고 메시지, 알람, 음성, 불빛 및 진동 중 적어도 어느 하나를 포함하는 알림 신호를 출력하는 단계

를 포함하고,

상기 평균 면 정전용량 값을 산출하는 단계는

상기 데이터 처리부에서 상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 기설정된 시간 내에 기설정된 기준의 정전용량 차이 값을 초과하는 유전율 변화 감지 센서를 제외하여 상기 평균 면 정전용량 값을 산출하고,

상기 기설정된 기준은

상기 식물체 표면의 상태 변화, 날씨 변화 및 계절 변화를 포함하는 외부 상황에 따른 수분량의 변화를 감지하기 위하여 사전에 설정되는 값인 것을 특징으로 하는 식물 가뭄 모니터링 시스템의 동작 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 발명은 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치 및 그 방법과 이를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 식물체 표면에 부착되는 복수의 유전율 변화 감지 센서들을 포함한 유전율 변화 감지 장치로부터 평균 면 정전용량 값을 측정하여 실시간으로 식물체의 수분량을 모니터링하는 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치 및 그 방법과 이를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 농업에서 물은 필수불가결한 자원이며, 농업에서 이용되어지는 물을 농업용수라 부른다.

[0003] 최근에는 기후 온난화 그리고 강수량과 폭풍 등의 기상 이변이 발생하면서 세계 총 식량 생산량이 떨어지는 가운데 식량의 수요는 계속 증가하고 있는 추세이다. 이러한, 식량 수요의 증가는 식량 공급의 증가로 이어지고, 결과적으로 많은 농업용수가 필요한 실정이다.

[0004] 그러나, 현재 전 세계적으로 거의 모든 지역에서 물이 부족하다. 이를 해결하기 위하여 수자원관리는 세계적인 추세이며 우리나라 또한 이를 도입하려 한다.

[0005] 수자원 관리를 위해서는 농촌용수 및 수리시설에 대한 새로운 패러다임을 제시해야 한다.

[0006] 체계적인 농업용수 관리를 위해서는 어느 지점에서 급수해야 최소한으로 급수가 가능한 지 알 수 있어야 하며, 이를 위해서는 식물체가 느끼는 가뭄 스트레스를 실시간 모니터링하는 것을 통해 가능해질 것이다.

[0007] 종래의 식물의 가뭄 스트레스를 모니터링하기 위한 기술은 식물체 표면에 센서를 직접적으로 접촉하는 방식이 아닌, 외부적인 요인의 토양 또는 내부 공기 내 수분 함유량을 판단하여 식물의 가뭄 스트레스를 간접적으로 가늠하는 기술에 불과하였으므로, 이를 통해서도 최적의 가뭄 모니터링이 불가능하였다.

[0008] 또한, 종래의 식물체의 표면에 부착하는 화초용 습도 센서(한국등록특허 제10-0934369호)는 실과 도전체의 세사를 조합한 식물이거나 종이 패드에 그물형태의 도전체 세사를 결합하여 투수성, 전도성 및 유연성을 가지는 2개의 전극패드와, 전극패드 사이에 위치하고 수분의 흡수성을 가지는 흡수층 및 2개의 전극 패드 사이의 정전용량

의 변화를 통해 습도를 감지하는 감지부를 포함한다.

[0009] 상기 종래 기술은 전극패드를 제작할 때 여러 겹의 전도성 세사와 투수성이 가능한 패드, 또는 모직 혹은 종이  
를 기관으로 사용한다.

[0010] 이러한 구조는 무겁고 크기 때문에 식물체에 중량을 가하게 되어 식물체가 스트레스를 받고, 전도성 세사가 그  
물 모양으로 엉켜져 있어 정전용량 조성 시 균일한 장이 생성되기 어려운 문제점이 존재하였다. 또한, 식물체  
의 평균적인 경향성을 획득하는 데는 한계가 존재하였다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 제10-2015-0110570호(2015.10.02), "표면의 특성을 모니터링하기 위한 애플리케  
이션"

(특허문헌 0002) 한국 등록특허 제10-0934369호(2009.12.21), "화초용 습도 센서 및 그 관리 시스템"

(특허문헌 0003) 한국 공개특허 제10-2016-0071302호(2016.06.21), "TWWS 기반의 식물공장 모니터링 제어 시스  
템 및 방법"

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0012] 본 발명의 목적은 다중채널 정전용량 타입의 유전율 변화 감지 센서로부터 식물체의 유전율 변화에 따른 평균  
면 정전용량을 획득하여 식물체 내부의 건조상태를 측정하고, 그에 따른 수분량을 산출할 수 있는 다중채널 정  
전용량형 유전율 변화 감지 장치 및 그 동작 방법과, 이를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템을 제공하기 위  
한 것이다.

[0013] 또 다른 본 발명의 목적은 가볍고 투명한 유연 전자소자의 유전율 변화 감지 센서를 식물체 표면에 부착하므로,  
식물의 광합성에 영향을 끼치지 않아 성장에 방해 요인으로 작용하지 않는 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감  
지 장치 및 그 동작 방법과, 이를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템을 제공하기 위한 것이다.

[0014] 또 다른 본 발명의 목적은 사용자에게 실시간으로 식물체 표면의 평균 면 정전용량 값을 제공하고, 사용자는 식  
물체의 수분 함량 상태를 확인하여 식물의 수분량 및 가뭄 스트레스 정도를 실시간으로 모니터링할 수 있는 다  
중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치 및 그 동작 방법과, 이를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템을 제  
공하기 위한 것이다.

[0015] 또 다른 본 발명의 목적은 복수의 유전율 변화 감지 센서들을 포함하는 신호 감지 센서부로부터 식물체의 유전  
율의 변화에 따른 신호를 감지하여 유전율 변화 감지 센서 각각의 서로 다른 신호 값에 대한 오차를 줄일 수 있  
는 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치 및 그 동작 방법과, 이를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템  
을 제공하기 위한 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 일실시예에 따른 식물 가뭄 모니터링 시스템은 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하는  
유전율 변화 감지 장치 및 식물체의 수분 함량 상태를 모니터링하는 외부 단말기를 포함할 수 있다.

[0017] 구체적으로, 유전율 변화 감지 장치는 식물체 표면에 부착된 복수의 유전율 변화 감지 센서들 - 여기서, 유전율  
변화 감지 센서는 식물체의 수분량에 따른 유전율의 변화를 측정하기 위해 전극 패턴으로 형성된 다중채널을 포  
함함 - 을 포함하여 기관 상에 형성되며, 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각이 부착된 위치에서 식물체의 유  
전율의 변화에 따른 신호를 감지하는 신호 감지 센서부와, 감지된 신호로부터 복수의 유전율 변화 감지 센서들  
각각에 따른 다중채널 사이의 정전용량 차이를 획득하여 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하는  
데이터 처리부 및 산출된 평균 면 정전용량 값을 전송하는 통신부를 포함하고, 외부 단말기는 기설정된 수분량  
범위에 기초하여 평균 면 정전용량 값에 따른 식물체의 수분 함량 상태를 실시간으로 모니터링하고, 모니터링  
결과에 기초하여 경고 메시지, 알람, 음성, 불빛 및 진동 중 적어도 어느 하나를 포함하는 알림 신호를 출력할

수 있다.

- [0018] 또한, 데이터 처리부는 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 기설정된 시간 내에 기설정된 기준의 정전용량 차이 값을 초과하는 유전율 변화 감지 센서를 제외하여 평균 면 정전용량 값을 산출하고, 기설정된 기준은 식물체 표면의 상태 변화, 날씨 변화 및 계절 변화를 포함하는 외부 상황에 따른 수분량의 변화를 감지하기 위하여 사전에 설정되는 값인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0019] 일측에 따르면, 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각은 포토리소그래피(photolithography) 공정으로 패터닝된 다중채널을 기판에 전사시켜 형성되며, 다중채널은 폴리이미드 용액(Polyimide solution)으로 형성된 필름(film) 상에 금(Au) 박막으로 형성될 수 있다.
- [0020] 일측에 따르면, 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각은 미앤더(meander) 패턴의 전극 패턴으로 형성된 다중채널을 포함할 수 있다.
- [0021] 일측에 따르면, 데이터 처리부는 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각에 따른 다중채널 사이의 정전용량 차이에 기초하여 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 가장 높은 수분량 또는 가장 낮은 수분량을 나타내는 유전율 변화 감지 센서를 제외하고, 나머지 유전율 변화 감지 센서로부터 측정된 정전용량 차이로부터 평균 면 정전용량 값을 산출할 수 있다.
- [0022] 일측에 따르면, 기판은 폴리이미드 필름(polyimide film) 및 폴리에틸렌-테레프탈레이트 필름(Poly-Ethylene-Terephthalate Film, PET film) 중 적어도 어느 하나의 플렉서블 기판일 수 있다.
- [0023] 일측에 따르면, 외부 단말기는 사용 권한이 부여된 사용자 단말기 또는 관리자 단말기에 설치된 어플리케이션을 통해 제어될 수 있다.
- [0024] 일측에 따르면, 외부 단말기는 평균 면 정전용량 값 정보를 수치, 값, 퍼센트, 영상, 그림, 그래프, 메시지 및 음성 중 적어도 어느 하나로 출력할 수 있다.
- [0025] 일측에 따르면, 외부 단말기는 유전율 변화 감지 장치의 On/Off 동작, 신호 감지 주기 변경, 평균 면 정전용량 값 산출 주기 변경, 및 통신 주기 변경 중 적어도 어느 하나의 제어 커맨드를 생성하여 유전율 변화 감지 장치에 제공할 수 있다.
- [0026] 일측에 따르면, 외부 단말기는 사용자 단말기 및 외부 서버를 포함하고, 외부 서버는 유전율 변화 감지 장치 또는 사용자 단말기로부터 수신된 식물체에 대한 수분량 정보를 종합 관리하고, 평균 면 정전용량 값의 변화 추이를 분석하여 사용자 단말기로 분석 결과를 제공할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일실시예에 따른 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하는 유전율 변화 감지 장치 및 식물체의 수분 함량 상태를 모니터링하는 외부 단말기를 포함하는 식물 가뭄 모니터링 시스템의 동작 방법은 유전율 변화 감지 장치의 신호 감지 센서부에서 식물체 표면에 부착된 복수의 유전율 변화 감지 센서들 - 여기서, 유전율 변화 감지 센서는 식물체의 수분량에 따른 유전율의 변화를 측정하기 위해 전극 패턴으로 형성된 다중채널을 포함함 - 을 포함하여 기판 상에 형성되며, 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각이 부착된 위치에서 식물체의 유전율의 변화에 따른 신호를 감지하는 단계와, 유전율 변화 감지 장치의 데이터 처리부에서 감지된 신호로부터 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각에 따른 다중채널 사이의 정전용량 차이를 획득하여 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하는 단계와, 유전율 변화 감지 장치의 통신부에서 산출된 평균 면 정전용량 값을 전송하는 단계 및 외부 단말기에서 기설정된 수분량 범위에 기초하여 평균 면 정전용량 값에 따른 식물체의 수분 함량 상태를 실시간으로 모니터링하고, 모니터링 결과에 기초하여 경고 메시지, 알람, 음성, 불빛 및 진동 중 적어도 어느 하나를 포함하는 알림 신호를 출력하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 또한, 평균 면 정전용량 값을 산출하는 단계는 데이터 처리부에서 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 기설정된 시간 내에 기설정된 기준의 정전용량 차이 값을 초과하는 유전율 변화 감지 센서를 제외하여 평균 면 정전용량 값을 산출하고, 기설정된 기준은 식물체 표면의 상태 변화, 날씨 변화 및 계절 변화를 포함하는 외부 상황에 따른 수분량의 변화를 감지하기 위하여 사전에 설정되는 값일 수 있다.

### 발명의 효과

- [0029] 본 발명의 실시예에 따르면, 다중채널 정전용량 타입의 유전율 변화 감지 센서로부터 식물체의 유전율 변화에 따른 평균 면 정전용량을 획득하여 식물체 내부의 건조상태를 측정하고, 그에 따른 수분량을 산출할 수 있다.
- [0030] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 가볍고 투명한 유연 전자소자의 센서를 식물체 표면에 부착하므로 식물의 광

합성에 영향을 끼치지 않아 성장에 방해 요인으로 작용하지 않으며, 식물체 표면의 접촉 면적에 대한 정확한 수분량을 측정할 수 있다.

[0031] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 사용자에게 실시간으로 식물체 표면의 평균 면 정전용량 값을 제공하고, 사용자는 식물체의 수분 함량 상태를 확인하여 식물의 수분량 및 가뭄 스트레스 정도를 실시간으로 모니터링할 수 있다.

[0032] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 복수의 유전율 변화 감지 센서들을 포함하는 신호 감지 센서부로부터 식물체의 유전율의 변화에 따른 신호를 감지하여 유전율 변화 감지 센서 각각의 서로 다른 신호 값에 대한 오차를 줄일 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치의 구성을 설명하기 위해 도시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치의 적용 예를 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치의 다른 적용 예를 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널을 포함하는 유전율 변화 감지 센서의 예를 설명하기 위해 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널을 포함하는 복수의 유전율 변화 감지 센서들로 구성된 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치의 적용 예를 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 식물 가뭄 모니터링 시스템의 구성을 도시한 것이다.

도 7a 및 도 7b는 식물을 모니터링하는 예를 도시한 것이다.

도 8a 및 도 8b는 시간에 따른 평균 면 정전용량 값을 분석하여 식물의 가뭄 스트레스를 판단하는 예를 도시한 것이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치의 동작 방법의 흐름도를 도시한 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0035] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0036] 본 명세서에서 사용되는 “실시예”, “예”, “측면”, “예시” 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.

[0037] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다' 라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

[0038] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

[0039] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

- [0040] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0041] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0043] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치의 구성을 설명하기 위해 도시한 블록도이다.
- [0044] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치는 다중채널 정전용량 타입의 유전율 변화 감지 센서를 이용하여 식물체의 유전율 변화에 따른 신호를 감지하고, 감지된 신호로부터 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하여 전송한다.
- [0045] 이를 위해, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(100)는 신호 감지 센서부(110), 데이터 처리부(120) 및 통신부(130)를 포함한다.
- [0046] 신호 감지 센서부(110)는 식물체 표면에 부착된 복수의 유전율 변화 감지 센서들을 포함하여 기관 상에 형성되며, 식물체의 유전율의 변화에 따른 신호를 감지한다. 여기서, 식물체의 유전율 변화는 식물체가 수분을 내뿜는 과정에서 나타내는 유전율의 변화일 수 있고, 식물체가 가뭄에 의해 스트레스를 받아 나타내는 유전율의 변화일 수 있다.
- [0047] 신호 감지 센서부(110)의 유전율 변화 감지 센서는 식물체의 수분량에 따른 유전율의 변화를 측정하기 위해 전극 패턴으로 형성된 다중채널을 포함한다.
- [0048] 상기 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각은 포토리소그래피(photolithography) 공정으로 패터닝된 다중채널을 기관에 전사시켜 형성되며, 다중채널은 폴리이미드 용액(polyimide solution)으로 형성된 필름(film) 상에 금(Au) 박막으로 형성될 수 있다.
- [0049] 예를 들면, 다중채널은 접착층(Adhesion layer) 상에 형성된 티타늄(Ti) 상에 금(Au)이 올려져 형성될 수 있다.
- [0050] 실시예에 따라서, 신호 감지 센서부(110)는 기관에 형성된 IC회로와 연결되어 패치형 구조로 형성될 수 있다.
- [0051] IC 회로는 집적화 기술을 구사함으로써, 신호의 필터, 증폭, 디지털화 및 처리 기능을 처리할 수 있으며, 실시예에 따라서 IC 회로는 기관 내에서 신호를 처리하는 집적화 및 다기능화 IC센서(integrated circuit sensor)일 수 있다.
- [0052] 상기 기관은 폴리이미드 필름(polyimide film) 및 폴리에틸렌-테레프탈레이트 필름(Poly-Ethylene-Terephthalate Film, PET film) 중 적어도 어느 하나의 플렉서블 기관일 수 있다.
- [0053] 실시예에 따라서, 기관은 페이퍼, 폴리머, 직물(woven fabric) 및 절연된 금속 포일 중 적어도 어느 하나의 재질로 형성될 수 있으며, 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에테르이미드(polyether imide), 폴리에테르술폰(polyethersulfone), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate) 및 폴리에틸렌 나프탈레이트(polyethylene naphthalate) 중 적어도 어느 하나의 물질로 이루어질 수도 있다.
- [0054] 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(100)의 신호 감지 센서부(110)는 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각이 배치된 위치에서의 식물체 표면의 여러 지점에 대한 신호를 감지하여 데이터 처리부(120)로 제공할 수 있다.
- [0055] 예를 들면, 신호 감지 센서부(110)는 패치 형태로 구현되어 식물체 표면의 접촉면에 대한 정확한 수분량을 측정할 수 있다.
- [0056] 보다 구체적으로 신호 감지 센서부(110)는 식물체 표면에 밀착 접촉되기 위하여 패치 형태로 구현될 수 있으며,

신호 감지 센서부(110)의 형상은 식물체 표면의 면적 또는 식물체의 특성에 따라 형성될 수 있고, 적어도 하나의 식물체 표면에 부착될 수 있다. 즉, 신호 감지 센서부(110)는 복수의 유전율 변화 감지 센서들을 이용하여 식물체 표면의 보다 넓은 면적에 대한 복수의 지점에서의 평균 면 정전용량 값을 산출할 수 있다.

- [0057] 데이터 처리부(120)는 감지된 신호로부터 유전율 변화 감지 센서 각각에 따른 다중채널 사이의 정전용량 차이를 획득하여 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출한다.
- [0058] 예를 들어, 데이터 처리부(120)는 신호 감지 센서부(110)로부터 식물체의 수분량에 따른 유전율의 변화에 의한 신호를 수신하고, 신호로부터 유전율의 변화에 따른 정전용량의 차이를 측정할 수 있다. 이에 따라서, 데이터 처리부(120)는 정전용량의 차이로부터 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출할 수 있다.
- [0059] 일 실시예에 따라서, 데이터 처리부(120)는 감지된 신호로부터 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 특정 유전율 변화 감지 센서를 제외하여 복수의 유전율 변화 감지 센서들로부터 평균 면 정전용량 값을 산출할 수 있다.
- [0060] 예를 들면, 식물체 표면이 넓은 면적을 가지거나 또는 식물체 표면의 특성 상 그 일부에서 수분량의 차이가 크게 발생하는 경우, 데이터 처리부(120)는 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각으로부터 서로 다른 신호를 수신할 수 있다.
- [0061] 이에 따라서, 데이터 처리부(12)는 서로 다른 신호에 따른 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각의 다중채널 사이의 정전용량 차이를 획득하여 평균 면 정전용량 값을 산출하고, 산출된 평균 면 정전용량 값을 기준으로 특정 유전율 변화 감지 센서를 추출하여 제외함으로써, 식물체 표면에서의 보다 정확한 수분량에 따른 식물체의 가뭄 스트레스에 대한 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0062] 실시예에 따라서, 데이터 처리부(120)는 유전율 변화 감지 센서 각각에 따른 다중채널 사이의 정전용량 차이에 기초하여 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 가장 높은 수분량 또는 가장 낮은 수분량을 나타내는 유전율 변화 감지 센서를 제외하고, 나머지 유전율 변화 감지 센서로부터 측정된 정전용량 차이로부터 평균 면 정전용량 값을 산출할 수 있다.
- [0063] 예를 들어, 데이터 처리부(120)는 평균 면 정전용량 값을 기준으로 감지된 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각의 다중채널 사이의 정전용량 차이 값을 비교하여 가장 큰 차이를 가지는 유전율 변화 감지 센서를 검출할 수 있다. 즉, 평균 면 정전용량 값과 가장 큰 차이를 가지는 정전용량 값은 감지된 신호들 중 가장 높은 수분량 또는 가장 낮은 수분량에 해당할 수 있으므로, 데이터 처리부(120)는 해당 유전율 변화 감지 센서를 제외하여 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출할 수 있다.
- [0064] 또 다른 예로, 데이터 처리부(120)는 복수의 유전율 변화 감지 센서들 각각의 다중채널 사이의 정전용량 차이 값을 상호 비교할 수 있으며, 가장 큰 차이 값을 나타내는 유전율 변화 감지 센서를 제외하여 평균 면 정전용량 값을 산출할 수도 있다.
- [0065] 다른 실시예에 따라서, 데이터 처리부(120)는 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 기설정된 기준을 초과하는 급격한 유전율의 변화에 따른 신호를 감지하는 유전율 변화 감지 센서를 제외하여 평균 면 정전용량 값을 산출할 수 있다.
- [0066] 예를 들어, 복수의 유전율 변화 감지 센서들은 식물체 표면의 상태 변화, 날씨 변화 및 계절 변화에 따라 수시로 미세한 수분 변화를 감지할 수 있기 때문에 급격한 수분량(습도) 변화에 해당하는 기준을 미리 설정할 수 있다.
- [0067] 즉, 복수의 유전율 변화 감지 센서들은 식물체 표면의 유전율의 변화에 따른 신호 변동 이외의 외부 상황에 따른 수분량 변화를 감지할 수 있으므로, 데이터 처리부(120)는 기설정된 짧은 시간 내의 급격한 정전용량 차이 값을 나타내는 유전율 변화 감지 센서를 제외하여 평균 면 정전용량 값을 산출할 수 있다.
- [0068] 통신부(130)는 산출된 평균 면 정전용량 값을 외부로 전송한다. 예를 들면, 통신부(130)는 무선 전송 집적 회로(Wireless data transport device) 또는 무선 전송 장치일 수 있다.
- [0069] 또한, 통신부(130)는 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(100)와 외부 단말기(미도시) 사이에 정보가 교환될 수 있도록 임의의 유선 및/또는 무선 통신 인터페이스를 구현하도록 구성될 수 있다.
- [0070] 실시예에 따라서, 통신부(130)는 서로 다른 전송대역폭으로 평균 면 정전용량 값을 송수신할 수 있으며, 커버리지(coverage)에 따라 지그비, 블루투스, 지웨이브, Wi-Fi, Wi-Max, IEEE 802.11 및 공유 무선 액세스 프로토콜(SWAP) 중 적어도 어느 하나의 무선 방식이 적용될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

- [0071] 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(100)는 전원 공급부(140)를 더 포함할 수 있다.
- [0072] 전원공급부(140)는 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(100)에 포함된 신호 감지 센서부(110), 데이터 처리부(120) 및 통신부(130) 중 적어도 어느 하나의 구동 전원을 공급할 수 있다.
- [0073] 예를 들면, 전원공급부(140)는 초소형 충/방전 배터리 또는 초소형 슈퍼커패시터(super-capacitor)를 사용하는 액티브(Active) 소자로 구성될 수 있다.
- [0074] 실시예에 따라서, 전원공급부(140)는 코인 전지와 같은 1차 전지나 리튬-폴리머 배터리와 같은 2차 전지일 수 있다. 또한, 전원공급부(140)가 2차 전지일 경우 외부 전원에 의해 충전될 수 있고, 코인 전지와 같은 1차 전지일 경우 교환될 수 있다.
- [0076] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치의 적용 예를 도시한 것이다.
- [0077] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(240)는 식물체 표면(20)에 직접적으로 접촉되는 소자(220)를 포함하며, 소자(220)는 투명하고, 유연하며 절연성을 지닌 폴리이미드(PI, Polyimide) 필름으로 형성되나, 이에 국한되지 않고 절연성을 지닌 고분자 중합체(polymer)로도 사용이 가능하다.
- [0078] 또한, 전극(210)은 소자(220) 하단에 투명한 산화인듐(ITO(In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 211)으로 구성되며, 식물체 표면(20)과 접촉하게 된다. 실시예에 따라서, 전극(210)은 이그조 패널(Indium Gallium Zinc Oxide panel, IGZO)을 포함한 투명 비결정 산화물 반도체로도 사용이 가능하다.
- [0079] 실시예에 따라서, 전극(210)은 공기 중에 안정적인 금속인 금(Au), 백금(Pt), 티타늄(Ti), 크롬(Cr) 및 알루미늄(Al) 중 적어도 어느 하나로 구성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0080] 또한, 소자(220) 상단에는 무선 전송 집적 회로(또는 통신부, 230)를 접속시켜 사용자에게 실시간으로 식물체 표면에서의 수분량 정보를 전송할 수 있다. 이에 따라서, 사용자는 식물체 표면에 대한 수분량 정보를 수신하여 실시간 모니터링을 통해 식물체의 수분 함량 상태를 확인할 수 있으며, 수분의 공급 여부, 필요 수분량 및 수분의 필요성 여부를 체크할 수 있다.
- [0082] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치의 다른 적용 예를 도시한 것이다.
- [0083] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(300)는 식물체의 잎 뒷면(310)에 조성된 기공(311)의 상태 및 위치에 기초하여 기관(320) 상에 막대 형의 무선 전송 장치(또는 통신부, 330)를 형성할 수 있다.
- [0084] 예를 들면, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(300)는 적용되는 환경에 따라서 식물체 근처에 막대 형의 무선 전송 장치(330)를 포함하고, 전극을 연결하여 구성될 수 있다. 보다 상세하게는, 담쟁이, 포도나무 등의 덩굴 식물의 경우 식물 줄기가 지지할 지지대가 필요하므로, 이러한 경우에는 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(300)는 막대 형의 무선 전송 장치(330)를 포함할 수 있다.
- [0085] 즉, 전술한 바와 같이 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(240, 300)는 식물 잎 표면에 직접 부착되어 식물이 가뭄 스트레스에 의해 반응하는 특정한 형태의 유전율 변화 신호를 감지하고, 그에 따른 경향성을 분석하여 해당 식물의 가뭄 스트레스에 대한 대안을 제공할 수 있다.
- [0086] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(240, 300)는 식물체의 특성 및 적용되는 실시예에 따라서 투명하여 유연한 소자를 사용하므로, 식물의 광합성을 저해하지 않고, 식물의 성장을 방해하지 않는 상태에서 식물의 가뭄 스트레스를 모니터링할 수 있다.
- [0088] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널을 포함하는 유전율 변화 감지 센서의 예를 설명하기 위해 도시한

것이다.

- [0089] 보다 상세하게는, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치는 식물체 표면에 부착되어 식물체의 유전율의 변화에 따른 신호를 감지하는 유전율 변화 감지 센서를 포함한다. 상기 유전율 변화 감지 센서는 식물체의 수분량에 따른 유전율의 변화를 측정하기 위해 전극 패턴으로 형성된 다중채널을 포함하여 형성된다.
- [0090] 도 4를 참조하면, 유전율 변화 감지 센서는 다중채널(401)로 형성된다.
- [0091] 유전율 변화 감지 센서는 포토리소그래피(photolithography) 공정으로 패터닝된 다중채널(401)을 기판에 전사시켜 형성되며, 다중채널(401)은 폴리이미드 용액(polyimide solution)으로 형성된 필름(film) 상에 금(Au) 박막으로 형성될 수 있다.
- [0092] 도 4a를 참조하면, 다중채널(401)은 비교적 넓은 면적을 커버하도록 구불구불한 형태인 미앤더(meander) 패턴의 전극 패턴으로 형성될 수 있다.
- [0093] 실시예에 따라서, 다중채널은 나선형, 직사각형 형태의 루프를 갖는 미앤더 패턴, 한 쌍의 서로 맞물린 미앤더 패턴, 내부의 나선이 외부의 나선 내에 형성된 한 쌍의 독립된 동심원 형태의 패턴, 한 쌍의 서로 맞물린 원형 패턴, 큰 루프 내에 형성된 작은 직사각형 루프를 갖는 미앤더 패턴, 큰 루프 내에 형성된 작은 원형 또는 타원형의 루프를 갖는 미앤더 패턴 및 공통 중심축을 갖는 일렬의 나선 형태의 패턴 중 적어도 어느 하나의 패턴으로 형성될 수 있으며, 전술한 형태의 패턴들이 직렬 또는 병렬의 매트릭스 형태로 배열될 수 있으므로, 패턴의 형태에 한정되는 것은 아니다.
- [0094] 또한 도 4b 및 도 4c를 참조하면, 다중채널(401)은 식물체의 특성, 식물체의 적용 면적 및 적용되는 실시예에 따라서 다양한 전극 패턴의 형상으로 형성될 수 있다.
- [0095] 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치에 포함된 복수의 유전율 변화 감지 센서들은 플렉서블 기판 상에 형성된 다중채널(401)로 형성되며, 식물체에 접촉할 때 전극과 잎 사이 공간에 접촉체를 도포하지 않고, 공간 부분을 제외한 부분에 감싸듯이 접촉되는 것을 특징으로 한다.
- [0096] 여기서, 상기 플렉서블 기판은 캡톤 필름(Capton film), 폴리이미드 필름(PI film) 및 폴리에틸렌 테레프타레이트 필름(polyethylene terephthalate, PET film) 중 적어도 어느 하나로 형성될 수 있다.
- [0098] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널을 포함하는 복수의 유전율 변화 감지 센서들로 구성된 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치의 적용 예를 도시한 것이다.
- [0099] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(500)는 기판(511) 상에 형성되어 식물체 표면에 부착된 복수의 유전율 변화 감지 센서들(512)을 포함하고, 복수의 유전율 변화 감지 센서들(512)로부터 감지된 신호로부터 식물체 표면(501)에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하여 전송하는 처리 모듈(510)을 포함한다.
- [0100] 복수의 유전율 변화 감지 센서들(512)은 식물체의 수분량에 따른 유전율의 변화를 측정하기 위해 전극 패턴으로 형성된 다중채널을 포함하며, 부착되는 식물체 표면(501)의 면적에 기초하여 서로 다른 형태(512a, 512b, 512c)로 형성될 수 있다.
- [0101] 또한, 복수의 유전율 변화 감지 센서들(512)은 식물체 표면(501)에 부착 가능한 플렉서블 기판(511) 상에 형성될 수 있다.
- [0102] 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(500)의 처리 모듈(510)은 복수의 유전율 변화 감지 센서들(512)로부터 감지된 신호에 기초하여 다중채널 사이의 정전용량 차이를 획득하고, 식물체 표면(501)에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출하는 데이터 처리부(미도시)를 포함할 수 있다.
- [0103] 또한, 처리 모듈(510)은 산출된 평균 면 정전용량 값을 외부로 전송하는 통신부(미도시) 및 구동 전원을 공급하는 전원공급부(미도시)를 더 포함할 수도 있다.
- [0104] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(500)는 식물 앞에 부담을 주지 않을 만큼의 매우 얇고, 가볍고, 유연한 기판(511) 상에 제작된 투명한 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 센서(512)를 포함할 수 있다.

- [0105] 이에 따라서, 본 발명의 일실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(500)는 식물 체내에 존재하는 수분량을 유전율의 변화에 의한 정전용량의 변화로 계산하는 방식을 이용하여 평균적인 정전용량 값의 변화 추이를 통해 식물이 받는 가뭄 스트레스의 반응을 전기적인 신호로 산출해내어 얼마만큼의 수분을 공급해야 하는지를 정확하게 알려줄 수 있다.
- [0107] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 식물 가뭄 모니터링 시스템의 구성을 도시한 것이다.
- [0108] 도 6을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 식물 가뭄 모니터링 시스템은 유전율 변화 감지 장치로부터 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 수신하여 식물체의 수분 함량 상태를 모니터링한다.
- [0109] 이를 위해, 본 발명의 실시예에 따른 식물 가뭄 모니터링 시스템은 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(610) 및 외부 단말기(620)를 포함한다.
- [0110] 본 발명의 실시예에 따른 식물 가뭄 모니터링 시스템의 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(610)는 네트워크를 통해서 사용자 단말기(또는 관리자 단말기, 620a) 및 외부 서버(620b)와 데이터 또는 제어 커맨드를 송수신할 수 있다.
- [0111] 예를 들면, 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(610)는 산출된 평균 면 정전용량 값을 실시간으로 사용자 단말기(620a) 또는 외부 서버(620b)에 전송할 수 있고, 사용자 단말기(620a) 또는 외부 서버(620b)는 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 저장, 분석 및 처리하여 식물이 필요로 하는 수분량과, 수분량에 따른 식물체의 가뭄 스트레스의 정도를 실시간으로 모니터링할 수 있다.
- [0112] 실시예에 따라서, 상기 평균 면 정전용량 값은 외부의 데이터베이스에 저장되어 사용자 단말기(620a) 또는 외부 서버(620b)의 요청 시에 제공될 수도 있다.
- [0113] 다시 도 6을 참조하면, 사용자 단말기(620a)는 본 발명의 실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(610)로부터 실시간으로 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값 정보를 수신할 수 있으며, 이에 따른 식물체의 수분 함량 상태 및 가뭄 스트레스의 정도를 실시간으로 모니터링할 수 있다.
- [0114] 예를 들면, 사용자 단말기(620a)는 기설정된 수분량 범위를 기준으로 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(610)로부터 수신된 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값 정보를 비교하여 수치, 값, 퍼센트, 영상, 그림, 그래프, 메시지 및 음성 중 적어도 어느 하나로 출력할 수 있으며, 실시예에 따라서는 경고메시지, 알람, 음성, 불빛 및 진동 중 적어도 어느 하나를 포함하는 알림 신호를 제공할 수도 있다.
- [0115] 실시예에 따라서, 사용자 단말기(620a)는 사용자로부터 입력된 제어 커맨드(command)에 기초하여 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(610)를 제어할 수 있다.
- [0116] 예를 들면, 사용자 단말기(620a)는 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(610)로부터 수신된 평균 면 정전용량 값에 따른 식물체의 수분 함량 상태를 모니터링하고, 그에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(610)의 동작(On/Off), 신호 감지 주기 변경, 평균 면 정전용량 값 산출 주기 변경, 및 통신 주기 변경 중 적어도 어느 하나를 포함하는 제어 커맨드를 생성하여 전송할 수 있다.
- [0117] 실시예에 따라서, 사용자 단말기(620a)는 사용자 또는 관리자가 소지하는 단말기, 스마트폰, 태블릿 PC 및 PC 중 적어도 어느 하나일 수 있으며, 단말기의 종류는 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0118] 또한, 사용자 단말기(620a) 및 외부 서버(620b)를 포함하는 외부 단말기(620)는 데이터 송수신, 제어 커맨드 생성 및 디스플레이를 위한 어플리케이션(Application) 프로세서를 포함할 수 있다.
- [0119] 다시 도 6을 참조하면, 외부 서버(620b)는 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치(610) 또는 사용자 단말기(610a)로부터 수신된 식물체에 대한 수분량 정보를 종합 관리하고, 평균 면 정전용량 값의 변화 추이를 분석하여 사용자 단말기(610a)로 분석 결과를 제공할 수 있다.
- [0120] 또한, 외부 서버(620b)는 식물을 관리하는 전문가 또는 관리자에게 식물체의 수분 함량 상태 정보를 제공할 수 있고, 사용자 단말기(620a)로 식물의 관리 및 예방에 대한 실시간 서비스를 제공할 수도 있다.
- [0121] 다만, 외부 서버(620b)는 전술한 서비스 외에 보다 다양한 식물의 수분량 및 가뭄 스트레스를 관리하기 위한 서비스를 더 제공할 수 있으며, 그에 따른 데이터베이스를 구축하거나 또 다른 외부 서버와의 통신이 이루어질 수 있으므로, 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0123] 도 7a 및 도 7b는 식물을 모니터링하는 예를 도시한 것이다.
- [0124] 도 7a를 참조하면, 사용자는 소지하고 있는 단말기에 설치된 어플리케이션을 통해 푸시(push)되는 정보로부터 식물체의 수분 함량 상태를 모니터링할 수 있다.
- [0125] 예를 들면, 사용자 단말기는 네트워크를 통해 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치로부터 수신되는 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값에 기초하여 식물 체내의 수분량을 모니터링할 수 있다.
- [0126] 또한 도 7b를 참조하면, 사용자는 소지하고 있는 단말기를 통해 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치로부터 급수 요청에 따른 메시지를 수신할 수 있다.
- [0127] 예를 들면, 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치는 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값이 기설정된 기준 범위를 벗어나는 경우, 사용자 단말기로 긴급 급수를 요청할 수 있다.
- [0128] 실시예에 따라서, 긴급 급수 요청은 도 7b에 도시된 바와 같이 메시지로 전송될 수 있으나, 알람, 진동 및 불빛 중 적어도 어느 하나의 출력 신호를 통해 사용자에게 제공될 수도 있다.
- [0129] 도 7a 및 도 7b에 도시된 사용자 단말기는 다양한 응용 기능을 담당하는 어플리케이션이 설치되어 있을 수 있고, 단말기에 설치된 어플리케이션을 이용하여 외부 서버 또는 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치와 통신할 수 있다. 그러므로, 사용자 단말기 또는 관리자 단말기는 단말기에 설치된 어플리케이션을 일컫을 수 있다.
- [0130] 또한, 도 7a 및 도 7b에 도시된 식물을 모니터링하는 예는 사용자의 기설정에 기초하여 이루어질 수 있으나, 식물체의 수분 함량 상태를 실시간으로 사용자에게 제공하기 위해 보다 다양한 예가 적용될 수 있으므로 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0132] 도 8a 및 도 8b는 시간에 따른 평균 면 정전용량 값을 분석하여 식물의 가뭄 스트레스를 판단하는 예를 도시한 것이다.
- [0133] 보다 상세하게는, 도 8a는 식물의 수분 함량 상태를 모니터링하지 않은 종래 기술을 이용하여 식물의 가뭄 스트레스를 분석한 결과를 도시한 것이고, 도 8b는 본 발명의 실시예에 따른 식물 가뭄 모니터링 시스템을 이용하여 식물의 가뭄 스트레스를 분석한 결과를 도시한 것이다.
- [0134] 도 8a를 참조하면, 급수는 1일(day), 5일 및 8일에 이루어졌으며, 급수에 의해 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값(Capacitance)이 증가한 것을 알 수 있다. 다만, 급수를 하지 않은 2일 내지 5일 급수 전, 및 6일 내지 8일 급수 전에는 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값이 지속적으로 감소하여 식물의 가뭄 스트레스가 발생한 것을 알 수 있다.
- [0135] 식물이 받는 가뭄 스트레스는 계절, 날씨, 시간(hour) 및 외부 요인 중 어느 하나에 의해 변동될 수 있다. 다만, 도 8a와 같은 종래 기술은 이러한 외부 요인에 대해 실시간으로 대응하지 못하므로 식물이 받는 가뭄 스트레스가 높은 것을 알 수 있다.
- [0136] 도 8b를 참조하면, 급수는 1일, 5일 및 8일에 이루어졌으며, 본 발명의 실시예에 따른 식물 가뭄 모니터링 시스템은 급수 이후에도 실시간으로 식물체 표면의 평균 면 정전용량 값의 변화를 체크하여 수분량을 모니터링하고, 그에 따른 식물 가뭄 스트레스 시기를 판단하여 가뭄 스트레스가 발생하기 전에 급수가 이루어진 것을 알 수 있다.
- [0137] 도 8a 및 도 8b를 비교한 결과, 도 8a는 식물체의 유전율의 변화에 따른 평균 면 정전용량의 최소값이 2(pF) 이하를 나타내나, 도 8b는 최소값이 3(pF)을 나타낸다. 즉, 본 발명의 실시예에 따른 식물 가뭄 모니터링 시스템은 실시간으로 식물의 수분 함량 상태를 모니터링하고 가뭄 스트레스가 발생하기 전에 사용자 또는 관리자에게 급수를 요청함으로써, 식물의 가뭄 스트레스가 현저히 줄어든 것을 알 수 있다.
- [0138] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따른 식물 가뭄 모니터링 시스템은 실시간으로 식물체 표면의 평균 면 정전용량 값의 분석하여 식물의 수분량 및 가뭄 스트레스 정도를 모니터링함으로써, 급수가 필요한 지점에서 사용자(또는 관리자)에게 급수를 요청하여 효율적으로 농업용수를 관리할 수 있다.

- [0140] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치의 동작 방법의 흐름도를 도시한 것이다.
- [0141] 도 9를 참조하면, 단계 910에서, 식물체 표면에 부착된 복수의 유전율 변화 감지 센서들로부터 식물체의 유전율의 변화에 따른 신호를 감지한다. 상기 유전율 변화 감지 센서는 식물체의 수분량에 따른 유전율의 변화를 측정하기 위해 전극 패턴으로 형성된 다중채널을 포함한다.
- [0142] 단계 920에서 감지된 신호로부터 유전율 변화 감지 센서 각각에 따른 다중채널 사이의 정전용량 차이를 획득하고, 단계 930에서 획득된 정전용량 차이에 기초하여 식물체 표면에 대한 평균 면 정전용량 값을 산출한다.
- [0143] 실시예에 따라서, 단계 930은 다중채널 사이의 정전용량 차이에 기초하여 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 가장 높은 수분량 또는 가장 낮은 수분량을 나타내는 유전율 변화 감지 센서를 제외하고, 나머지 유전율 변화 감지 센서로부터 측정된 정전용량 차이에 기초하여 평균 면 정전용량 값을 산출하는 단계일 수 있다.
- [0144] 다른 실시예에 따라서, 단계 930은 복수의 유전율 변화 감지 센서들 중 기설정된 기준을 초과하는 급격한 수분량 변화를 감지하는 유전율 변화 감지 센서를 제외하여 평균 면 정전용량 값을 산출하는 단계일 수 있다.
- [0145] 단계 940에서 산출된 평균 면 정전용량 값을 전송한다.
- [0147] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0148]
- [0149] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0150]
- [0151] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

## 부호의 설명

- [0153] 20, 501: 식물체 표면
- 210: 전극
- 211: 산화인듐(ITO)
- 220: 소자
- 230: 무선 전송 직접 회로(또는 통신부)

240, 300, 500, 610: 다중채널 정전용량형 유전율 변화 감지 장치

310: 앞 뒷면

311: 기공

320, 511: 기판

330: 무선 전송 장치(또는 통신부)

401: 다중채널

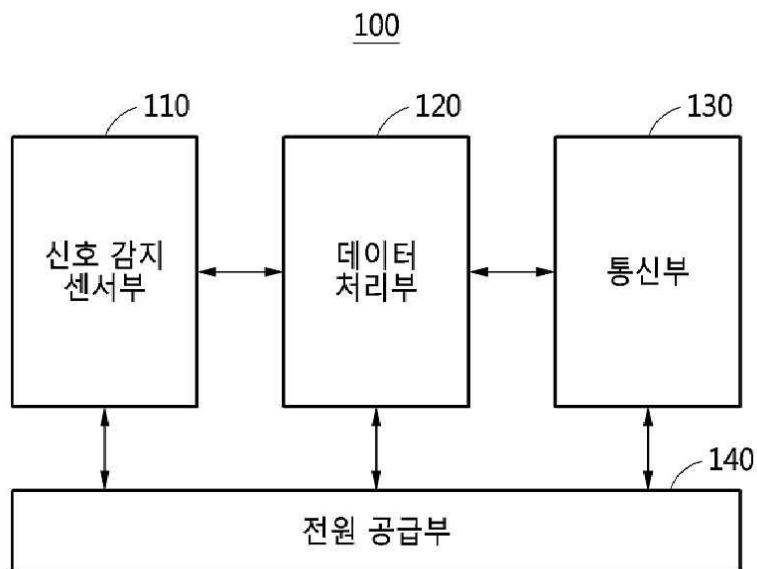
510: 처리 모듈

512: 유전율 변화 감지 센서

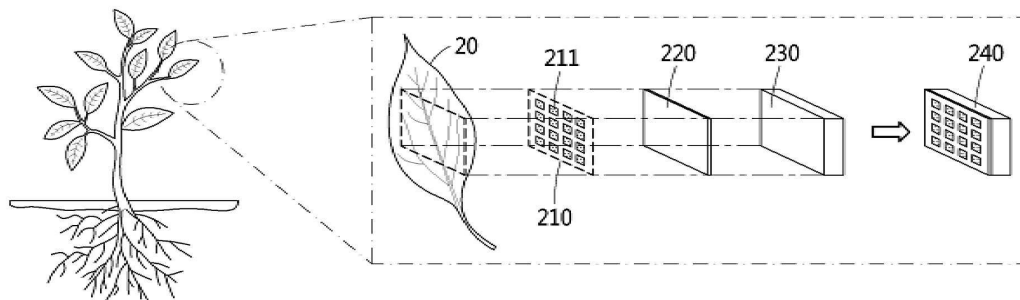
620: 외부 단말기

## 도면

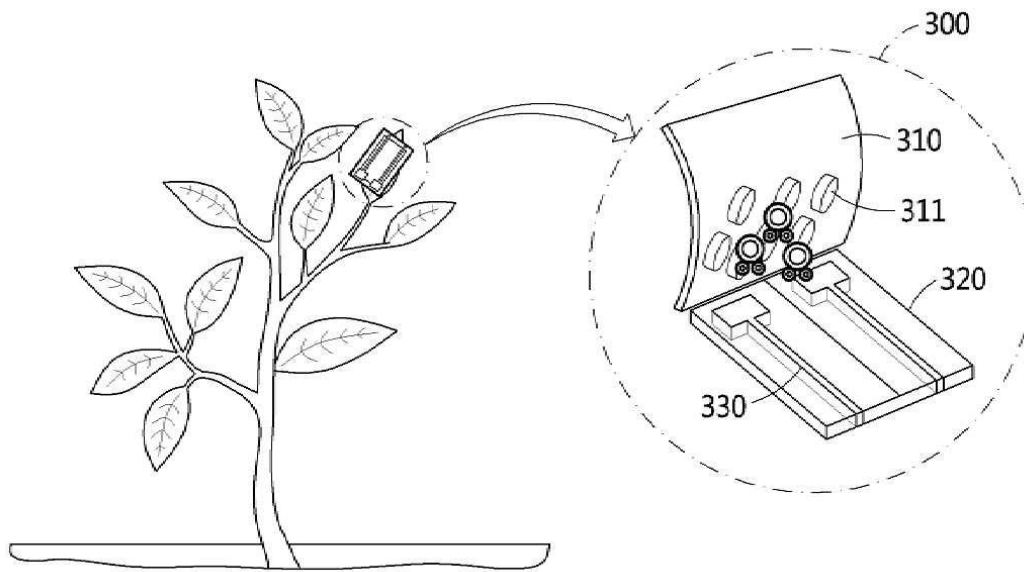
### 도면1



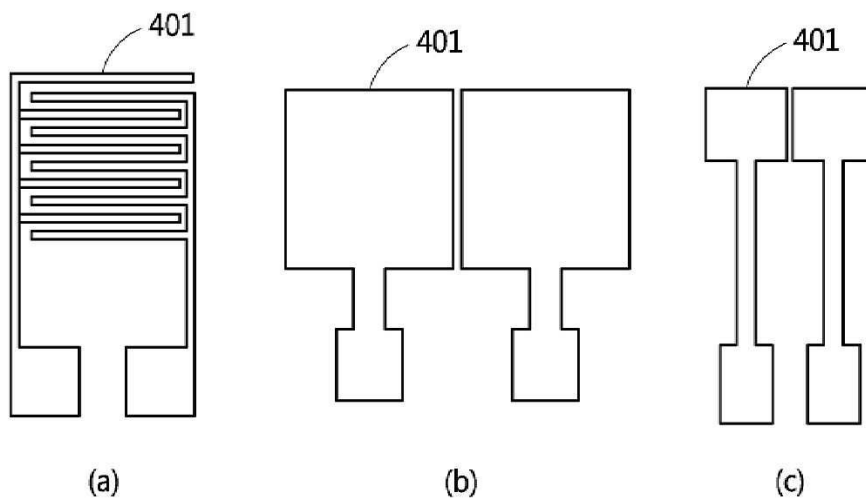
### 도면2



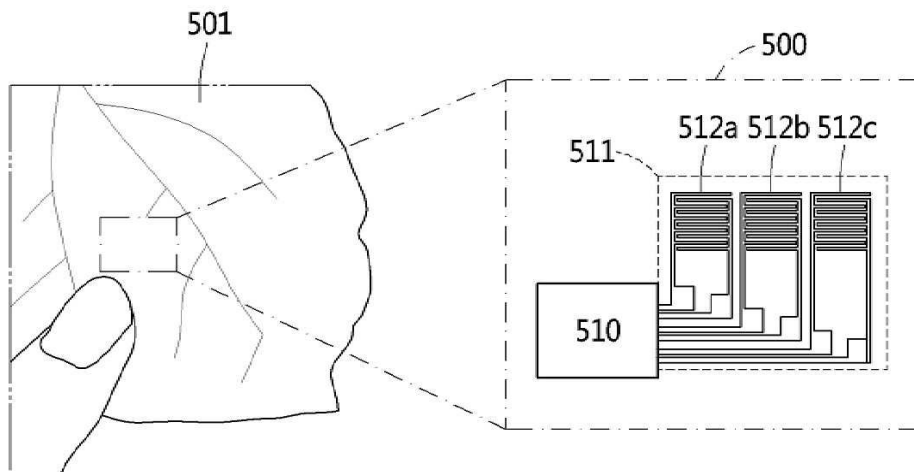
도면3



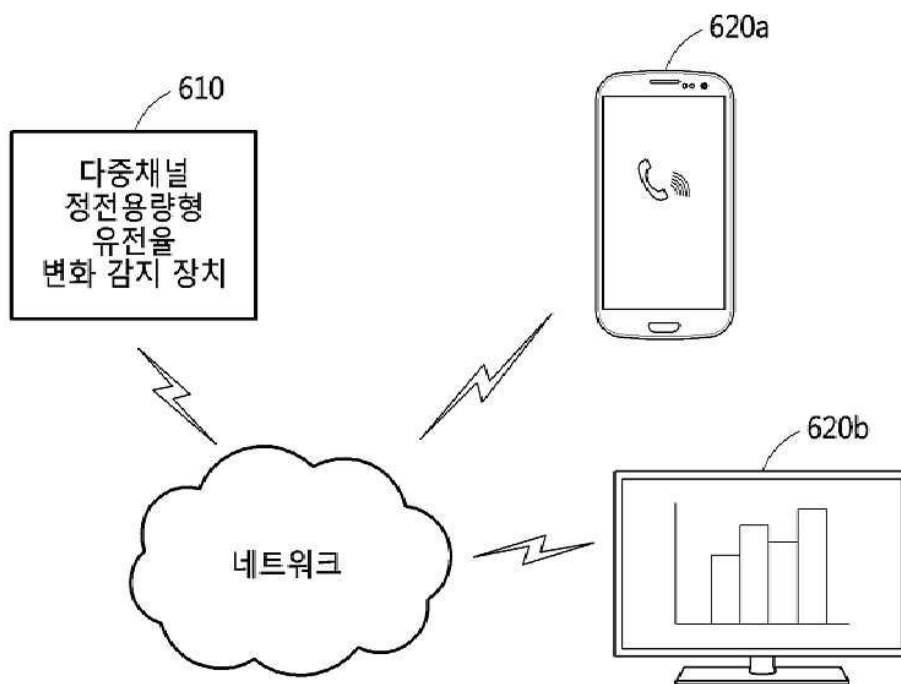
도면4



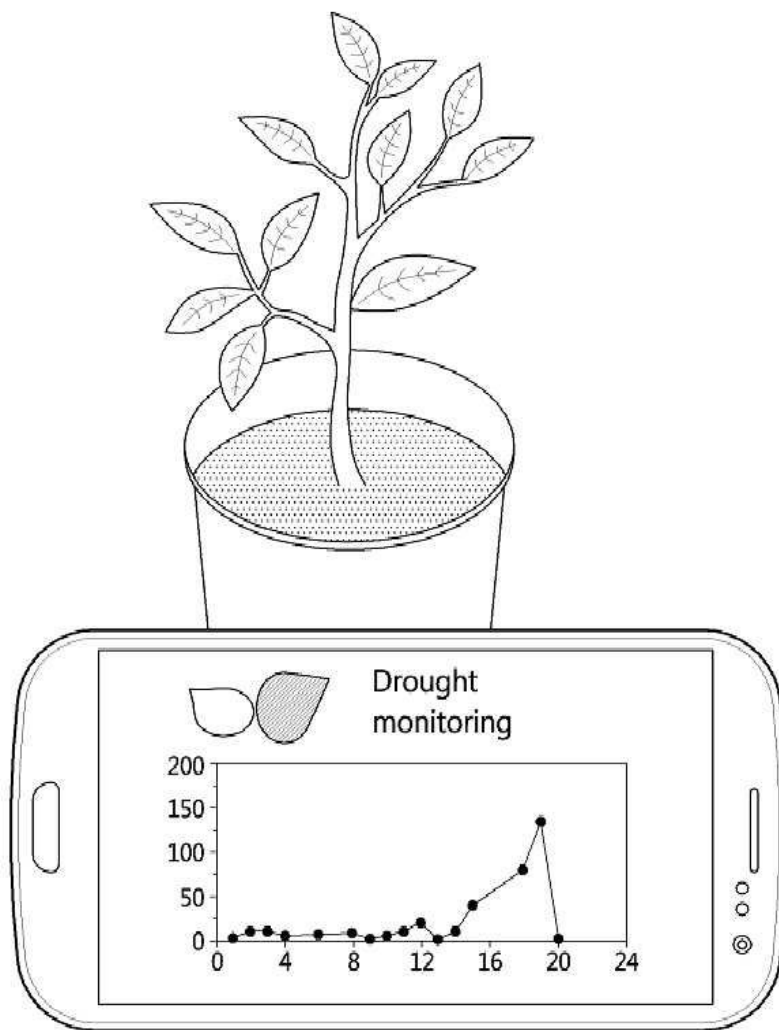
도면5



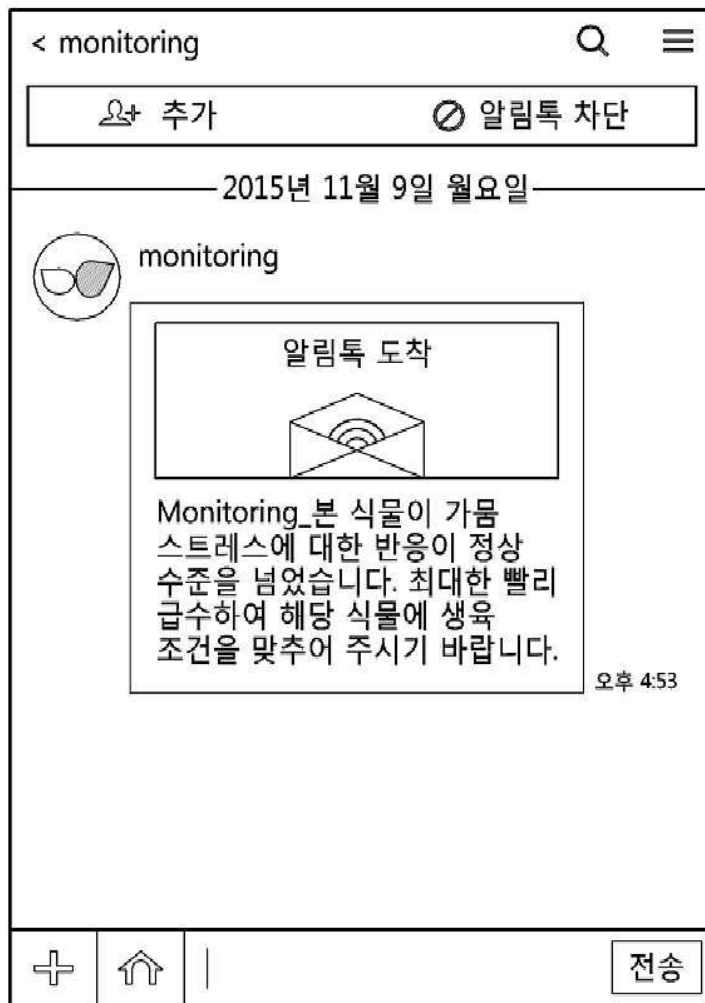
도면6



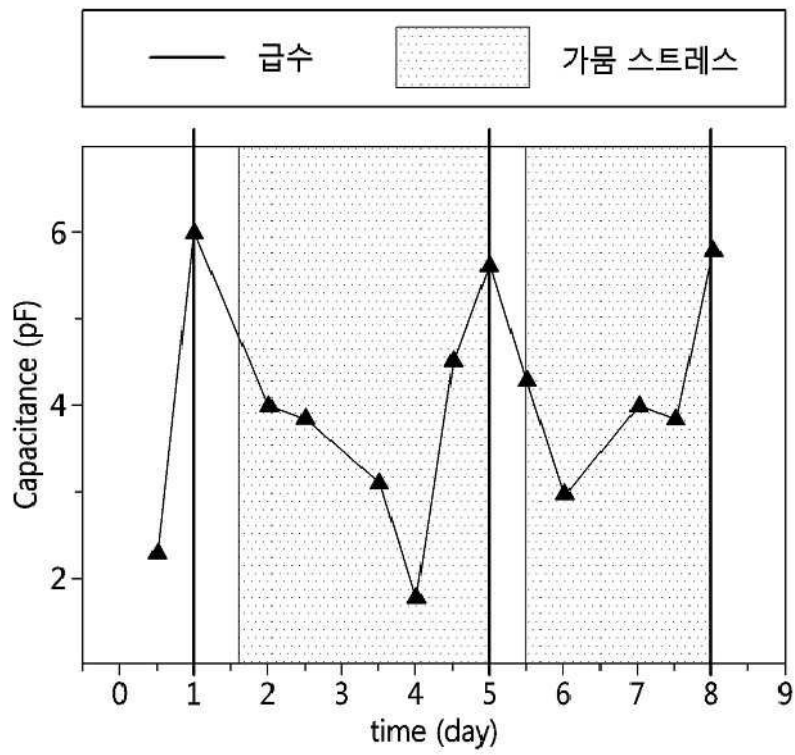
도면7a



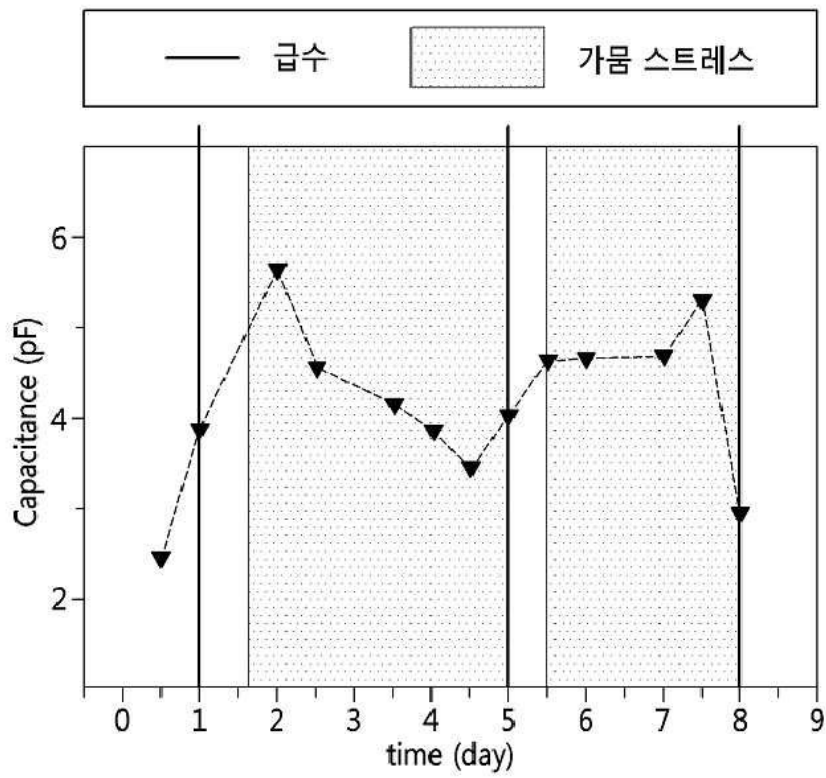
도면7b



도면8a



도면8b



도면9

