



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **103536** (13) **C2**
(51) МПК

G01N 21/33 (2006.01)

G01N 21/63 (2006.01)

G01N 21/64 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2012 00060**

(22) Дата подання заявки: **03.01.2012**

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: **25.10.2013**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **25.06.2012, Бюл.№ 12**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **25.10.2013, Бюл.№ 20**

(72) Винахідник(и):

Кондратов Владислав Тимофійович
(UA),

Романов Володимир Олександрович
(UA),

Брайко Юрій Олексійович (UA),

Мільченко Анастасія Володимирівна
(UA)

(73) Власник(и):

ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М.

ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ,

вул. Академіка Глушкова, 40, м. Київ-187,
03187 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

UA 18179 U; 16.10.2006

SU 1193544 A; 23.11.1985

RU 2381644 C2; 10.04.2009

US 6020587; 01.02.2000

US 5014225; 07.05.1991

EP 0209247 B1; 21.01.1987

Романов В.А., Галелюка І.Б., Сарахан Е.В.

Портативный флуориметр Флоратест и

особенности его применения. Sensor

Electronics and Microsystem Technologies. -

T. 1 (7) 3/2010. - С. 39-44.

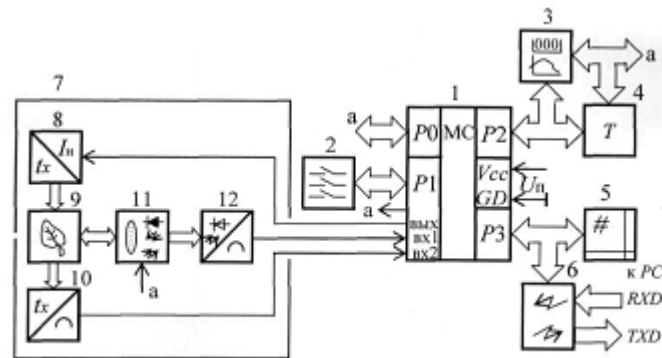
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯВИЩА ФОТОСИНТЕЗУ ХЛОРОФІЛУ У ЛИСТКАХ РОСЛИН

(57) Реферат:

Винахід належить до вимірювальної техніки. Пристрій для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин містить об'єкт дослідження, такий як листок рослини, оптичну систему з джерелом оптичного випромінювання, фотоприймач потоку оптичного випромінювання, графічно-цифровий дисплей, годинник реального та календарного часу, флеш-пам'ять даних, пульт керування та мікроконтролер. Цифрові входи-виходи мікроконтролера підключені до з'єднаних між собою графічно-цифрового дисплею і годинника реального та календарного часу та до пульта керування. Згідно з винаходом, в нього додатково введені блок інтерфейсів і термостат, що складається з двох термоізоляційних кришок. В термостаті розташовані досліджуваний листок рослини, додатково введені нагрівний елемент і сенсор температури, оптична система з джерелом оптичного випромінювання та фотоприймач. Фотоприймач та сенсор температури з'єднані з аналоговими входами мікроконтролера. Сенсор температури через тепловий зв'язок з'єднаний з відбивною поверхнею листка рослини, на яку діє потік оптичного випромінювання від нагрівного елемента. Нагрівний елемент та джерело оптичного випромінювання оптичної системи підключені до виходів мікроконтролера, цифрові входи-виходи якого підключені до з'єднаних між собою флеш-пам'яті даних і блока інтерфейсів,

UA 103536 C2

цифровий вхід якого є входом приймача, а вихід - виходом передавача для зв'язку через них із зовнішнім комп'ютером. При цьому фотоприймач оптично з'єднаний з поверхнею досліджуваного листка рослини через оптичну систему з джерелом оптичного випромінювання. Пристрій забезпечує підвищення точності і достовірності вимірювання та розширення функціональних можливостей.



Фиг. 1

Винахід належить до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний при створенні високоточних засобів вимірювання параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин різних видів.

Відомий пристрій для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин (Флоратест) (див., наприклад, флуориметр хлорофілу OS5-FL фірми Opti-Sciences. <http://www.envcoaustralia.com/catalog/product/chlorophyll/os5-fl-chlorophyll-fluorometer.html>), що містить оптичну систему з джерелом оптичного випромінювання, фотоприймач потоку оптичного випромінювання, графічно-цифровий дисплей, годинник реального та календарного часу, пульт керування та мікроконтролер, що з'єднані між собою відомим чином.

Основним недоліком пристрою для визначення явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин є чутливість результатів вимірювань до температури оточуючого середовища і температури листка рослини при проведенні вимірювань, а також недостатня достовірність вимірювання. Крім того, відомому пристрою притаманні недостатні функціональні можливості щодо прийому-передачі даних про результати вимірювань.

Відомий пристрій для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин (Флоратест) (див., наприклад, Флоратест (ИФХ-1) http://www.rost.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=56%3A-1-&catid=36%3A2010-09-28-20-47-17&Itemid=68&lang=ru), що містить основний блок, в який входить аналоговий та цифровий процесори, рідкокристалічний індикатор, панель керування та виносний оптичний пристрій ("кліпса"), які з'єднані між собою відомим чином.

Основним недоліком пристрою для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин є чутливість результатів вимірювань до температури оточуючого середовища, недостатня достовірність вимірювання, а також чутливість оптичного пристрою з фотоприймачем до зміни температури листка рослини при проведенні вимірювань.

Підвищення температури листка рослини призводить до появи термоіндукції хлорофілу. Спосіб, реалізований у відомому пристрої, не забезпечує вимірювання параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин при апіорі заданих значеннях температур для листків рослин того чи іншого типів і тому пристрій має невисоку точність визначення цих параметрів. Крім того, відомий пристрій не забезпечує прийом та передачу отриманих даних до базової лабораторії (до користувача). Це обмежує його функціональні можливості.

Відомий пристрій для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин (Флоратест) (див., наприклад, Романов В.А. и др. Портативный флуориметр флоратест и особенности его применения /Sensor Electronics and Microsystem Technologies. Т. 1 (7) 3/2010 (стр. 39-44). http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Semt/2010_3/3_2010/1003-05.pdf), що містить об'єкт дослідження (листок рослини), оптичну систему з джерелом оптичного випромінювання, фотоприймач потоку оптичного випромінювання, графічно-цифровий дисплей, годинник реального та календарного часу, флеш-пам'ять даних, пульт керування та мікроконтролер, цифрові входи-виходи порту P0 якого підключені до з'єднаних між собою відповідних цифрових входів-виходів даних графічно-цифрового дисплею і годинника реального та календарного часу, цифрові входи-виходи управління яких об'єднані між собою і підключені до відповідних входів-виходів порту P1 мікроконтролера, до порту P2 якого підключені цифрові входи-виходи пульта керування.

Основним недоліком пристрою для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин є чутливість результатів вимірювань до температури оточуючого середовища і до зміни температури листка рослини при проведенні вимірювань.

Відомо, що підвищення температури призводить до появи термоіндукції хлорофілу при певних значеннях температури. Спосіб вимірювання, що реалізований у відомому пристрої, не забезпечує вимірювання параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин при апіорі заданих значень температур для листків рослин того чи іншого типів. Тому відомий пристрій має невисоку точність та достовірність визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу. Крім того, відомий пристрій не забезпечує оперативний прийом-передачу отриманих даних до базової лабораторії (до користувача) та можливість отримання додаткової інформації щодо тиску та вологості оточуючого середовища, яка необхідна для інформаційної підтримки процесу вимірювань та отриманих даних. Все це обмежує функціональні можливості відомого пристрою для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин.

Задачею винаходу є створення такого пристрою для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин (Флоратест-Т), який би забезпечив підвищення точності та достовірності вимірювання при одній і тій же температурі листка рослини та фотоприймача, а також розширення його функціональних можливостей щодо забезпечення оперативного прийому та передачі отриманих даних до базової лабораторії (до користувача),

виключення прямої дії вологості на листок рослини, отримання додаткової інформації щодо тиску та вологості оточуючого середовища тощо.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин, що містить об'єкт дослідження, такий як листок рослини, оптичну систему з джерелом оптичного випромінювання, фотоприймач потоку оптичного випромінювання, графічно-цифровий дисплей, годинник реального та календарного часу, флеш-пам'ять даних, пульт керування та мікроконтролер, цифрові входи-виходи порту P0 якого підключені до з'єднаних між собою відповідних цифрових входів-виходів даних графічно-цифрового дисплею і годинника реального та календарного часу, цифрові входи-виходи керування яких об'єднані між собою і підключені до відповідних входів-виходів порту P2 мікроконтролера, до порту P1 якого підключені цифрові входи-виходи пульта керування, згідно з винаходом, додатково введені блок інтерфейсів і термостат, що складається з двох термоізоляційних кришок, в термостаті розташовані досліджувані листок рослини, додатково введені нагрівний елемент і сенсор температури, оптична система з джерелом оптичного випромінювання та фотоприймач, вихід якого з'єднаний з першим аналоговим входом порту P1 мікроконтролера, до другого аналогового входу якого підключений вихід сенсора температури, вхід якого через тепловий зв'язок з'єднаний з відбивною поверхнею ліцевої сторони листка рослини, на яку діє потік оптичного випромінювання від нагрівного елемента, вхід якого підключений до першого виходу цифро-аналогового перетворювача, вбудованого в мікроконтролер, вихід одного з розрядів порту P1 якого з'єднаний з входом керування джерела оптичного випромінювання оптичної системи, цифрові входи-виходи порту P3 підключені до з'єднаних між собою цифрових входів-виходів флеш-пам'яті даних і блока інтерфейсів, цифровий вхід якого є входом приймача, а вихід - виходом передавача для зв'язку через них із зовнішнім комп'ютером, при цьому вхід фотоприймача оптично з'єднаний з поверхнею досліджуваного листка рослини через оптичну систему з джерелом оптичного випромінювання, яка розташована між входом фотоприймача і відбивною поверхнею листка рослини.

На фіг. 1 наведена функціональна схема пристрою для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин, де 1 - мікроконтролер, 2 - пульт керування, 3 - графічно-цифровий дисплей, 4 - годинник реального та календарного часу, 5 - флеш-пам'ять даних, 6 - блок інтерфейсів, 7 - термостат з термоізоляційними кришками, що містить нагрівний елемент 8, об'єкт досліджень 9, сенсор температури 10, оптичну систему з джерелом оптичного випромінювання 11 та фотоприймач 12.

На фіг. 2 наведено графік (крива Каутського), що відображає процес фотосинтезу хлорофілу у часі після дії потоку ультрафіолетового випромінювання та характеристичні ділянки та точки графіку.

Пристрій для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин (Флоротест-Т) містить об'єкт дослідження 9 (листок рослини), оптичну систему з джерелом оптичного випромінювання 11, фотоприймач потоку оптичного випромінювання 12, графічно-цифровий дисплей 3, годинник реального та календарного часу 4, флеш-пам'ять даних 5, пульт керування 2 та мікроконтролер 1.

Цифрові входи-виходи порту P0 мікроконтролера 1 підключені до з'єднаних між собою відповідних цифрових входів-виходів даних графічно-цифрового дисплею 3 і годинника реального та календарного часу 4, цифрові входи-виходи керування яких об'єднані між собою і підключені до відповідних входів-виходів порту P1 мікроконтролера 1. До порту P1 мікроконтролера 1 підключені цифрові входи-виходи пульта керування 2.

Від відомих пристрій відрізняється тим, що в нього додатково введені блок інтерфейсів 6 і термостат 7, що складається з двох термоізоляційних кришок. В термостаті розташовані об'єкт дослідження 9 (листок рослини), нагрівний елемент 8, сенсор температури 10, оптична система з джерелом оптичного випромінювання 11 та фотоприймач 12.

Вихід фотоприймача 12 з'єднаний з першим аналоговим входом "вх.1" порту P1 мікроконтролера 1. До його другого аналогового входу "вх.2" підключений вихід сенсора температури 10, вхід якого через тепловий зв'язок з'єднаний з відбивною поверхнею об'єкта дослідження 9 (ліцеву сторону листка рослини), на яку діє потік оптичного випромінювання від нагрівного елемента 8.

Вхід нагрівного елемента 8 підключений до виходу цифро-аналогового перетворювача, вбудованого в мікроконтролер 1. Вихід одного з розрядів порту P1 мікроконтролера 1 з'єднаний з входом керування джерела оптичного випромінювання, що міститься у оптичній системі 11. Цифрові входи-виходи порту P3 мікроконтролера 1 підключені до з'єднаних між собою цифрових входів-виходів флеш-пам'яті даних 5 і блока інтерфейсів 6, цифровий вхід якого є входом приймача RXD, а вихід - виходом передавача TXD, за допомогою яких здійснюється

зв'язок з зовнішнім комп'ютером. При цьому вихід фотоприймача 12 оптично з'єднаний з поверхнею об'єкта дослідження 9 (листом рослини) через оптичну систему 11 з джерелом оптичного випромінювання, що розташована між входом фотоприймача 12 і відбивною поверхнею об'єкта дослідження 9 (листом рослини).

Відомо, що процес фотосинтезу характеризується зміною у часі інтенсивності флуоресценції хлорофілу і залежить від багатьох факторів: від потужності потоку оптичного випромінювання Φ_0 , що освітлює листя; від довжини хвилі Ω_0 ; від часу Δt_T , протягом якого листя знаходяться у темряві; від часу дії потоку оптичного випромінювання $\Delta t_{оп}$; від температури t_c навколишнього середовища (та листка); від вологості W_c середовища; від атмосферного тиску P_c , від інтервалу часу вимірювання $\Delta t_{оп}$ тощо, тобто описується функцією $\Phi_x(\Phi_0, \Omega_0, \Delta t_T, \Delta t_{оп}, t_c, W_c, P_c, \dots)$ з багатьма змінними.

Для виключення дії цих факторів необхідно створення пристроїв з розширеними функціональними можливостями, які б забезпечили виключення впливу всіх чи основних факторів на результати вимірювання параметрів явища флуоресценції хлорофілу у досліджуваного зразка листка рослини.

Суть роботи запропонованого технічного рішення полягає у наступному.

Після включення живлення (на кресленні не показано) всі функціональні блоки пристрою встановлюються у початковий стан. На екрані графічно-цифрового дисплею 3 висвічується (відображається) поточний та календарний час та температура оточуючого середовища (після включення сенсор температури вже працює). За командою з мікроконтролера 1 джерело оптичного випромінювання, що розміщено у оптичній системі 11, знаходиться у виключеному стані. Під оптичною системою 11, що розташована у термостаті, розміщують досліджуваний зразок листка рослини 9.

Апріорі, за допомогою пульта керування 2 у мікроконтролер 1 вноситься інформація щодо виду досліджуваної рослини. З постійної пам'яті на арифметичний пристрій мікроконтролера 1 надходять дані щодо температури з встановленою похибкою її стабілізації, при якій необхідно здійснювати вимірювання параметрів явища флуоресценції хлорофілу у листку досліджуваної рослини певного виду, а також щодо часу витримувannya його у темряві (що дорівнює часу виходу температури на заданий режим) та часу опромінення. За цими даними обчислюються максимальне значення та швидкість зростання температури у термостаті. Отримані дані надходять у оперативну пам'ять і використовуються для обчислення швидкості процесу підвищення температури у термостаті (за заданим законом).

На сенсор температури 10 діє температура оточуючого середовища. За допомогою сенсора температури 10 визначається температура середовища, що оточує листок рослини. Результат вимірювання запам'ятовується у оперативній пам'яті мікроконтролера 1 і висвічується на графічно-цифровому дисплеї 3.

Вручну закривають кришки 7 термостата, щоб зразок листка був у повній темряві і можливо було встановити задану температуру вимірювання для досліджуваного зразка. Слід зазначити, що кришки 7 термостата можуть бути виконаними, наприклад, з пінопласту, що є технологічним і дешевим матеріалом, добре зберігає температуру.

На пульті керування 2 натискають кнопку "Вимірювання". За командою з мікроконтролера 1 витримують досліджуваний зразок листка у темряві протягом заданого інтервалу часу Δt_T , що відповідає конкретному виду рослини. Одночасно, за командою з мікроконтролера 1 на нагрівний елемент 8, з аналогового виходу порту P1 надходить напруга, що змінюється по апріорі заданому закону і з заданою швидкістю. Тепловий потік, що генерується нагрівним елементом 8, нагріває листок рослини з наперед заданою швидкістю і по заданому закону, наприклад, по логарифмічному, протягом часу тримання досліджуваного зразка листка у темряві. Процес зростання температури термостата (з листком рослини) до встановленого значення закінчується за декілька секунд до закінчення часу тримання листка рослини у темряві. На цей час у термостаті встановлюється необхідна температура в межах $t^\circ = 30^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$ з похибкою $\Delta t = 0,01^\circ \text{C}$. Процес контролю цієї температури здійснюється за допомогою сенсора температури 10. Останній може бути розташованим на лицевій поверхні листка. Вихідний сигнал сенсора температури надходить на другий аналоговий вхід порту P1 мікроконтролера 1. Він підсилюється, перетворюється у код числа, запам'ятовується у оперативній пам'яті мікроконтролера 1, висвічується на екрані графічно-цифрового дисплею і використовується для регулювання температури у термостаті.

Для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин за допомогою джерела оптичного випромінювання, що вбудоване у оптичну систему 11, формується потік оптичного випромінювання заданої довжини хвилі Ω_0 (синє-зелений), заданої ширини

спектральної полоси перепускання $2\Delta\Omega_0$, потужності Φ_0 та нерівномірності спектральної характеристики $\Delta\Phi_x(\Omega)$.

За командою з мікроконтролера 1 здійснюється опромінення адаптованого до темряви досліджуваного листка рослини потоком оптичного випромінювання заданої довжини хвилі Ω_0 , заданої ширини спектральної полоси перепускання $2\Delta\Omega_0$ та потужності Φ_0 протягом апіорі визначеного часу $\Delta t_{оп}$. В результаті опромінення виникає індукція флуоресценції хлорофілу у досліджуваному зразку листка рослини.

За допомогою оптичного фільтра оптичної системи 11 виділяється індуктований потік оптичного випромінювання від листка на робочій довжини хвилі, наприклад, Ω_p , з шириною спектральної смуги перепускання $2\Delta\Omega_p$. Зазначений сигнал надходить на фотоприймач 12. За його допомогою індуктований потік оптичного випромінювання перетворюється у напругу чи струм і надходить на перший аналоговий вхід мікроконтролера 1, де перетворюється у цифровий сигнал.

Слід зазначити, що перехідний процес при флуоресценції, пов'язаний зі зміною її інтенсивності за час опромінювання адаптованих до темряві листків рослин, називається ефектом Каутського (Kautzky).

Фактично на виході фотоприймача ми отримуємо сигнал, що відображає процес флуоресценції хлорофілу (криву Каутського) протягом часу опромінювання листка рослини (див. фіг. 2). За допомогою вбудованого у мікроконтролер 1 аналого-цифрового перетворювача, вихідний сигнал фотоприймача 12, після відповідного підсилення, перетворюється у цифровий сигнал з заданою частотою вибірок.

За командою з мікроконтролера 1 отримані результати перетворення використовують для визначення за відомими рівняннями вимірювань таких показників, як:

F_0 - початкове значення флуоресценції після подачі на листок потоку оптичного випромінювання;

F_m - максимальне значення флуоресценції;

F_T - встановлене значення флуоресценції після світлової адаптації досліджуваного листка рослини;

$\tau_{0,5}$ - час досягнення половини максимального значення флуоресценції;

$K_1 = \frac{F_{max} - F_i}{F_{max}}$ - індикаторний показник впливу екзогенних факторів;

$K_2 = \frac{F_{max} - F_0}{F_{max}}$ - коефіцієнт індукції флуоресценції - квантовий показник квантового виходу флуоресценції;

$K_3 = \frac{F_0}{F_{max}}$ - індикаторний показник вірусної інфекції.

Зазначені вище показники індукції хлорофілу відображаються на екрані графічно-цифрового дисплею 3. На цьому екрані також відображаються: крива Каутського, температура навколишнього середовища, температура термостата з листком рослини, інтервал часу тримання листка у темряві (Δt_T) та інтервал часу опромінювання ($\Delta t_{оп}$) листка рослини.

Для забезпечення прийому-передачі даних до центрального комп'ютера (центральної лабораторії) у пристрій додатково введений блок інтерфейсів 6, що підключений до порту P3 мікроконтролера 1 відповідним чином. Це розширює функціональні можливості пристрою щодо оперативного використання отриманих результатів визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин і забезпечує зменшення вимог щодо необхідного об'єму оперативної пам'яті мікроконтролера 1.

Досягнений технічний ефект забезпечується введенням у пристрій термоізоляційних кришок термостата, нагрівного елемента, сенсора температури та блока інтерфейсів, з'єднаних певним чином і розташованих, крім блока інтерфейсів, разом з оптичною системою, фотоприймачем і досліджуванним листком рослини між термоізоляційними кришками.

Таким чином, вирішена технічна задача створення такого пристрою для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин (Флоратеста-Т), який забезпечує підвищення точності та достовірності вимірювання параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин за рахунок здійснення вимірювань при одній і тій же стабільній температурі термостата, де розташовані листок рослини, оптична система та фотоприймач. Запропоноване технічне рішення пристрою для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослини забезпечує також розширення функціональних можливостей пристрою щодо оперативного використання отриманих результатів визначення параметрів явища фотосинтезу

хлорофілу у листках рослин, забезпечує оперативний зв'язок (прийому та передачі отриманих даних) з базовою лабораторією (з користувачем). Крім того, пристрій для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин потребує значно меншого об'єму оперативної пам'яті мікроконтролера. Це зменшує ціну на пристрій, що є також позитивом.

Завдяки використанню термостата забезпечується виключення прямого впливу вологості оточуючого середовища на досліджуваний зразок. Це також забезпечує підвищення точності та достовірності вимірювань. Наявність блока інтерфейсу дозволяє отримати додаткову інформацію щодо тиску та вологості оточуючого середовища, що необхідно для інформаційної підтримки процесу вимірювань та отриманих даних.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Пристрій для визначення параметрів явища фотосинтезу хлорофілу у листках рослин, що містить об'єкт дослідження, такий як листок рослини, оптичну систему з джерелом оптичного випромінювання, фотоприймач потоку оптичного випромінювання, графічно-цифровий дисплей, годинник реального та календарного часу, флеш-пам'ять даних, пульт керування та мікроконтролер, цифрові входи-виходи порту P0 якого підключені до з'єднаних між собою відповідних цифрових входів-виходів даних графічно-цифрового дисплею і годинника реального та календарного часу, цифрові входи-виходи керування яких об'єднані між собою і підключені до відповідних входів-виходів порту P2 мікроконтролера, до порту P1 якого підключені цифрові входи-виходи пульта керування, який **відрізняється** тим, що в нього додатково введені блок інтерфейсів і термостат, що складається з двох термоізоляційних кришок, в термостаті розташовані досліджуваний листок рослини, додатково введені нагрівний елемент і сенсор температури, оптична система з джерелом оптичного випромінювання та фотоприймач, вихід якого з'єднаний з першим аналоговим входом порту P1 мікроконтролера, до другого аналогового входу якого підключений вихід сенсора температури, вхід якого через тепловий зв'язок з'єднаний з відбивною поверхнею лицевої сторони листка рослини, на яку діє потік оптичного випромінювання від нагрівного елемента, вхід якого підключений до першого виходу цифро-аналогового перетворювача, вбудованого в мікроконтролер, вихід одного з розрядів порту P1 якого з'єднаний з входом керування джерела оптичного випромінювання оптичної системи, цифрові входи-виходи порту P3 підключені до з'єднаних між собою цифрових входів-виходів флеш-пам'яті даних і блока інтерфейсів, цифровий вхід якого є входом приймача, а вихід - виходом передавача для зв'язку через них із зовнішнім комп'ютером, при цьому вхід фотоприймача оптично з'єднаний з поверхнею досліджуваного листка рослини через оптичну систему з джерелом оптичного випромінювання, яка розташована між входом фотоприймача і відбивною поверхнею листка рослини.

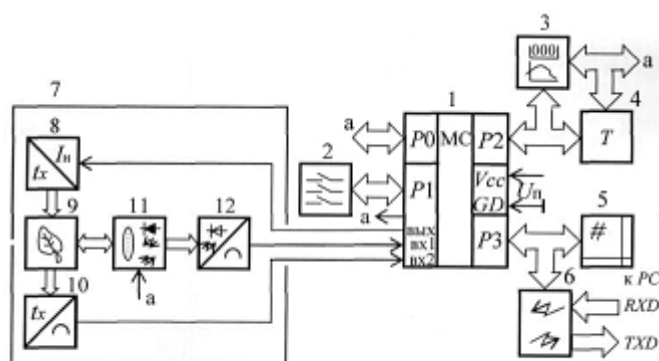
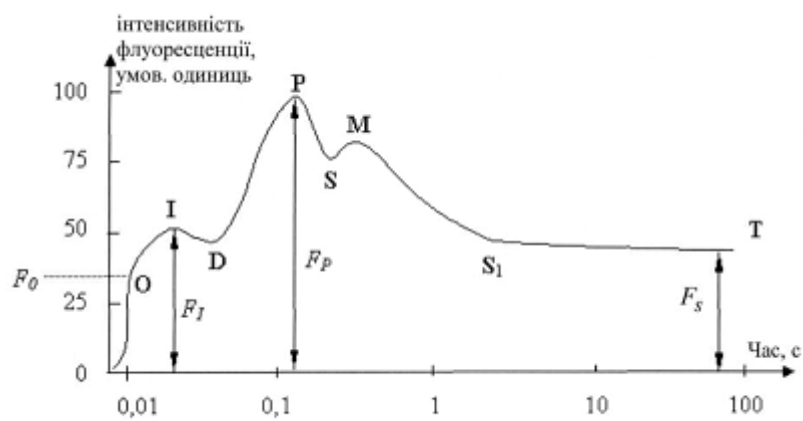


Fig. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601