



УКРАЇНА

(19) UA (11) 64877 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
G01N 21/62  
G01J 3/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

### (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОСЛИННИХ ОБ'ЄКТІВ

1

(21) 2002065281

(22) 26.06.2002

(24) 15.06.2006

(46) 15.06.2006, Бюл. № 6, 2006 р.

(72) Федак Володимир Семенович, Клочан Петро Степанович, Мовчан Ярослав Іванович, Масловський Вячеслав Якович, Бедненко Тетяна Василівна  
(73) ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М. ГЛУШКОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(56) SU 1460625, 23.02.1989

SU 1276963, 15.12.1986

WO 00/025114, 04.05.2000

(57) 1. Пристрій для дослідження рослинних об'єктів, який містить лазер, оптично з'єднаний в надир через модулятор та коліматор з об'єктом, а також фотодетектор, оптично зв'язаний з об'єктом через об'єктив і спектральний прилад, та індикатор, який відрізняється тим, що в нього введено перший лічильник зі схемою збігу на виході, другий лічильник з ключами на виході та блок адаптивного округлення, з'єднаний першим входом з фотодетектором, другим входом з'єднаний з виходом модулятора і входом першого лічильника, має третій вхід, що є входом початкової установки, четвертий вхід, який з'єднаний з індикатором і ключами, а вихід заведено на другий лічильник, причому вихід схеми збігу підключено до других виходів обох лічильників і до входу керування ключів.

2

2. Пристрій за п.1, який відрізняється тим, що блок адаптивного округлення містить дві схеми вибірки-зберігання, під'єднаних першими входами до виходу нормуючого підсилювача, з'єднаного з першим входом блока, два компаратори, під'єднаних першими входами до другої схеми вибірки-зберігання, цифро-аналоговий перетворювач, у якого перший вхід через перший регістр сполучено з третім входом блока, другий вхід через другий регістр сполучено з четвертим входом блока, третій вхід з'єднано з виходом лічильника та першим входом схеми збігу, четвертий вхід підключено до виходу першої схеми вибірки-зберігання, а вихід під'єднаний до другого входу другого компаратора і через подільник сигналу - до другого входу першого компаратора, крім того у лічильнику вхід підключено до виходу схеми збігу, а другий вхід з'єднано з входом першої схеми вибірки-зберігання, першим входом тригера і підключено до виходу другого компаратора, а також синхронізатор з'єднаний по входу з входом другої схеми вибірки-зберігання і з другим входом блока, а першим виходом сполучений з керуючим входом першого компаратора і входом тригера, другим виходом з'єднаний з керуючим входом другого компаратора і третім виходом з'єднаний з другим входом схеми збігу, у якій на третій вхід заведено вихід тригера, а вихід першого компаратора є виходом блока.

Винахід належить до області сільського та лісового господарства, зокрема визначення проективного покриття дистанційними методами, і може бути використаний в системах екологічного моніторингу для дистанційного оцінювання стану рослин з метою оптимізації термінів та обсягів необхідних заходів для поліпшення цього стану. Дистанційні дослідження, зондування та діагностика рослинних об'єктів, рослин, рослинності, рослинного покриву тощо, полягають у визначенні властивостей і стану цих об'єктів шляхом аналізу

оптичних або електромагнітних сигналів, які відбиті від поверхні. Властивості і стан рослинних об'єктів визначають за характеристичними спектрами випромінювання, відбиття чи флюоресценції та інтенсивностями прийнятих сигналів на вибраних довжинах хвиль.

Під проективним покриттям рослинних об'єктів розуміють відношення площі вертикальної проекції фітоелементів рослин на ґрунт до досліджуваної площі, виражене у відсотках. За досліджувану приймають площу з якою співвідносять результати

(13) C2

(11) 64877

(19) UA

визначень. У випадках активного зондування це площа поверхні (плями)  $S_1$ , освітленої лазером в одному такті опромінення (одинича площа) помножена на кількість тактів опромінення  $N$ . Проективне покриття визначають з виразу:

$$\Pi_n = \frac{\sum_{k=1}^n S_k}{NS_1}$$

де  $S_k$  - площа проекції фітоелементів на ґрунт в межах одиничної площі;

$n$  - кількість плям освітлення заповнених фітоелементами за  $N$  тактів опромінення.

Проективне покриття корелює з багатьма показниками будови рослинного покриву, зокрема з зеленою масою, площею листової поверхні, густрою посіву, фазою розвитку, зімкненістю посіву, тощо. Визначення зазначених показників на рівних фазах розвитку сільгоспкультур дозволяє прогнозувати урожай та впливати на нього. Необхідною складовою дистанційних досліджень рослинних об'єктів є ідентифікація рослин на фоні ґрунту. Відомі пристрої, що здійснюють цю ідентифікацію: за різницею радіаційних температур в інфрачервоній області, за спектральною яскравістю відбитого сонячного світла в зеленій, червоній та інфрачервоній областях, за сигналами наведеної флюоресценції хлорофілу.

Відомо ["Устройство дистанционного обнаружения объектов по спектральным характеристикам" авт. свид. №1631376, бюл.№8, 28.02.91.], яке включає об'єктив, коліматор, спектральний прилад, фотодетектор, лазер, фотоприймач контролю потужності, вузол обробки результатів, а також пов'язаний з ним блок індикації, синхронізатор, з'єднаний виходами зі схемою показника цілі, вузлом обробки результатів та вторинним перетворювачем живлення, вихід готовності якого з'єднаний зі схемою показника цілі, та синхронізатором, а другий вихід з'єднаний з лазером, за напрямком випромінювання якого встановлені перемножувачі частоти, при цьому фотоприймач контролю потужності з'єднаний з вузлом обробки результатів, до других виходів якого підключені шини фотодетектора та вибору режиму роботи, причому, остання паралельно сполучена зі схемою показника цілі, що має сигналізатор, який з блоком індикації розташований на оптичній осі об'єктива, при цьому фотодетектор складається з чотирьох елементів, чутливих в різних спектральних діапазонах.

Спільними рисами аналогу та запропонованого способу є наявність лазера, оптично з'єданого через модулятор з коліматором, орієнтованого на об'єкт, як і об'єктив, оптично з'єднаний з фотодетектором через спектральний прилад та індикатор на виході пристрою.

Причиною, що заважає досягненню поставленої мети є те, що пристрій-аналог дозволяє тільки ідентифікувати рослинний об'єкт на фоні ґрунту, але не дозволяє визначати проективне покриття.

Із аналогів дистанційних визначень властивостей рослинних об'єктів найближчим до запропонованого є ["Способ дистанционного исследования растительных объектов и устройство для его осуществления", авт. свид. №1460625, бюл. №7, 23.02.89], в якому пристрій включав лазер, модулятор та коліматор, оптично з'єднаних послідовно і

орієнтованих на об'єкт та фотодетектор, оптично з'єднаний через спектральний прилад з об'єктивом, у яких оптична вісь, орієнтована під кутом до променя лазера, а також синхронізатор, вузол зчитування, схему визначення числа подрібнень, блок лічильників та індикаторів, а приймач випромінювання виготовлений у вигляді матриці світлочувливих елементів., з'єднаної з першим входом вузла зчитування, вхід управління якого під'єднаний через синхронізатор до - другого виходу модулятора, при цьому вихід вузла зчитування з'єднаний в входом схеми визначення числа подрібнень, вихід якої є входом блоку лічильників та індикаторів.

Спільними рисами прототипу та запропонованого пристрою є наявність лазера, оптично з'єданого з коліматором через модулятор, орієнтованого на об'єкт та об'єктива, спектрального приладу та фотодетектора розміщених на оптичній осі, орієнтований на об'єкт, а також індикатора.

Причиною, що заважає вирішенню поставленої задачі є те, що пристрій-прототип принципово не дозволяє визначати проективне покриття слабкої та низькорослої рослинності, надійно виділяти її на фоні ґрунту та здійснювати визначення з великих висот.

В основу винаходу поставлене завдання створення такого пристрою дослідження рослинних об'єктів, в якому завдяки введенню нових вузлів та змін функцій відомих, стало б можливим визначення проективного покриття та збільшення достовірності цих визначень без застосування вимірювань на еталонних ділянках, тобто без наземного забезпечення.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що пристрій містить лазер, оптично з'єднаний в надір через модулятор та коліматор з об'єктом, а також фотодетектор, оптично зв'язаний з об'єктом через об'єктив і спектральний прилад та індикатор, а також перший лічильник із схемою збігу на виході, другий лічильник з ключами на виході та блок адаптивного округлення, з'єднаний першим входом з фотодетектором, другим входом з'єднаний з виходом модулятора і входом першого лічильника, має третій вхід, що є входом початкової установки, четвертий вхід, що є входом періодичної установки, який з'єднаний з індикатором і ключами, а вихід заведено на другий лічильник, причому вихід схеми збігу підключено до входів установки "0" обох лічильників і до входу управління ключів. Крім того, блок адаптивного округлення містить дві схеми виборки-зберігання, під'єднані першими входами до виходу нормуючого підсилювача, з'єданого з першим входом блоку, два компаратори, під'єднані першими входами до другої схеми виборки-зберігання, цифроаналоговий перетворювач, у якого перший вхід через перший регістр сполучено з третім входом блоку, другий вхід через другий регістр сполучено з четвертим входом блоку, третій вхід з'єднано з виходом лічильника та першим входом схеми збігу, четвертий вхід підключено до виходу першої схеми виборки-зберігання, а вихід під'єднаний до другого входу другого компаратора і через подільник сигналу до другого входу першого компаратора, крім того у лічильника вхід підключено до виходу схеми збігу, а другий вхід з'єд-

нано з входом першої схеми виборки-зберігання, першим входом тригера і підключено до виходу другого компаратора, а також синхронізатор, вхід якого з'єднаний з входом другої схеми виборки-зберігання і з другим входом блоку, а першим виходом сполучений з управляючим входом першого компаратора і входом тригера, другим виходом з'єднаний з управляючим входом другого компаратора і третім виходом з'єднаний із другим входом схеми збігу, у якій на третій вхід заведено вихід тригера, а вихід першого компаратора є виходом блоку.

Відмінними ознаками запропонованою пристрою є перший лічильник із схемою збігу на виході, другий лічильник з ключами на виході та блок адаптивного округлення, з'єднаний першим входом з фотодетектором, другим входом з'єднаний з виходом модулятора і входом першого лічильника, має третій вхід, що є входом початкової установки, четвертий вхід, що є входом періодичної установки, який з'єднаний з індикатором і ключами, а вихід заведено на другий лічильник, причому вихід схеми збігу підключено до входів установки "0" обох лічильників і до входу управління ключів. Крім того відмінними ознаками є блок адаптивного округлення, який містить дві схеми виборки-зберігання, під'єднаних першими входами до виходу нормуючого підсилювача, з'єднаного з першим входом блоку, два компаратори, під'єднаних першими входами до другої схеми виборки-зберігання, цифроаналоговий перетворювач, у якого перший вхід через перший регістр сполучено з третім входом блоку, другий вхід через другий регістр сполучено з четвертим входом блоку, третій вхід з'єднано з виходом лічильника та першим входом схеми збігу, четвертий вхід підключено до виходу першої схеми виборки-зберігання, а вихід під'єднаний до другого входу другого компаратора і через подільник напруги до другого входу першого компаратора, крім того у лічильника перший вхід підключено до виходу схеми збігу, а другий вхід з'єднано з входом першої схеми виборки-зберігання, першим входом тригера і підключено до виходу другого компаратора, а також синхронізатор, вхід якого з'єднаний з входом другої схеми виборки-зберігання і з другим входом блоку, а першим виводом сполучений з управляючим входом першого компаратора і входом тригера, другим виходом з'єднаний з управляючим входом другого компаратора і третім виходом з'єднаний із другим входом схеми збігу, у якій на третій вхід заведено вихід тригера, а вихід першого компаратора з виходом блоку.

Введення у пристрій нових вузлів, схем, елементів та зв'язків між ними дозволяв визначати проективне покриття як відношення числа у лічильнику подій флуоресценції до числа у лічильнику тактів опромінення, а у випадку, коли число тактів опромінення рівне 100, проективне покриття визначають як число у лічильнику подій флуоресценції.

На Фіг.1 наведено блок-схему пристрою.

На Фіг.2 показано варіанти заповнення фітоелементами плям освітлення рослинних об'єктів лазером.

На Фіг.3 зображено схему блоку адаптивного округлення.

На Фіг.4 представлено часові діаграми роботи вузлів схеми адаптивного округлення.

Пристрій для дослідження рослинних об'єктів на Фіг.1 складається з лазера 1, модулятора 2, коліматора 3, які оптично з'єднані і орієнтовані в надір на рослинний об'єкт 4 та створюють пляму освітлення 5, з також об'єктів 6, спектральний прилад 7 і фотодетектор 8, які оптично зв'язані і теж орієнтовані на об'єкт, та блок адаптивного округлення 9, з'єднаний першим аналоговим входом з фотодетектором 8, другим входом з'єднаний з виходом модулятора 2 і входом першого лічильника 10 із схемою збігу 11 на виході, має третій вхід, що є входом початкової установки, четвертий вхід, що є входом періодичної установки, який з'єднаний з ключами 13 та індикатором 14, а його вихід є входом другого лічильника 12, причому, вихід схеми збігу 11 підключено до входів установки "0" обох лічильників 10 та 12 і до входу управління ключів 13.

Блок адаптивного округлення на Фіг.3 містить нормуючий підсилювач 15, дві схеми виборки-зберігання 16 та 17, два регістри 18 та 19, лічильник 20, цифроаналоговий перетворювач 21, схему збігу 22, подільник сигналу 23, тригер 24, два компаратори 25 та 27 і синхронізатор 26, причому обидві схеми виборки-зберігання 16 та 17, під'єднані першими входами до виходу нормуючого підсилювача 15, з'єднаного з першим входом блоку, два компаратори 25 та 27, під'єднаних першими входами до виходу другої схеми виборки-зберігання 17, цифроаналоговий перетворювач 21, у якого перший вхід через перший регістр 18 сполучено з третім входом блоку, другий вхід через другий регістр 19 сполучено з четвертим входом блоку, третій вхід з'єднано з виходом лічильника 20 та першим входом схеми збігу 22, четвертий вхід підключено до виходу першої схеми виборки-зберігання 16, а вихід під'єднаний до другого входу другого компаратора 27 і через подільник сигналу 23 до другого входу першого компаратора 26, крім того у лічильника 20 вхід підключено до виходу схеми збігу 22, а другий вхід з'єднано з входом першої схеми виборки-зберігання 16, першим входом тригера 24 і підключено до виходу другого компаратора 27, а також синхронізатор 26 з'єднаний на вході з входом другої схеми виборки-зберігання 17 і з другим входом блоку, а першим виходом сполучений з управляючим входом першого компаратора 25 і входом тригера 24, другим виходом з'єднаний з управляючим входом другого компаратора 27 і третім виходом з'єднаний із другим входом схеми збігу 22, у якій на третій вхід заведено вихід тригера 24, а вихід першого компаратора 25 є виходом блоку.

Пристрій за схемою на Фіг.1 працює наступним чином: випромінювання лазера 1 через модулятор 2 і коліматор 3 потактно освітлює в надір об'єкт 4 у вигляді плями 5. Оптичний сигнал з плями через об'єкти 6, та спектральний прилад 7 подають на фотодетектор 3, де він перетворюється в електричний. Електричні сигнали фотодетектора 8 подають на перший аналоговий вхід блоку адаптивного

округлення 9, де фіксують події флюоресценції і сигнали про це надходять до другого лічильника 12 для накопичення. Одночасно сигнали тактів опромінення з модулятора 2 подають до лічильника 10, де їх накопичують. За досягнення в лічильнику 10 числа  $N$ , схема збігу 11 подає сигнал на ключі 13 для перезапису результату лічильника 12 до індикатора 14 та четвертого входу блоку адаптивного округлення 9, на установку лічильника 10 в "нуль", а також перекриває доступ сигналів із блоку 9 до лічильника 12. При цьому в лічильнику 12 накопичується число  $n$ . Проективне покриття визначають як відношення  $n/N$ , тобто за відношенням числа зафіксованих подій флюоресценції до числа тактів опромінення, при накопиченні числа тактів  $N-100$  в лічильнику 10, число  $n$  в лічильнику 12 і буде результатом визначення проективного покриття, виражене у відсотках.

Адаптивне округлення поточних сигналів флюоресценції виконують з допомогою блоку адаптивного округлення на Фіг.3.

Блок адаптивного округлення виконує наступні функції:

- а. Формування опорного сигналу, яке містить:
  - вибір опорного сигналу як більшого з поточних сигналів;
  - адаптація опорного сигналу до змін зразкового;
  - потактне зменшення опорного сигналу при зменшенні поточного сигналу;
  - вибір частки зменшення опорного сигналу за складовими: уставки масштабу зменшення, значенням проективного покриття та номера такту зменшення опорного сигналу.

б. Округлення поточного сигналу до рівня опорного.

Блок адаптивного округлення працює наступним чином: На третьому вході блоку здійснюють початкову установку в регістр 18 коду коефіцієнта  $K$  та в регістр 19 числа, рівного половині ємності другого лічильника 12, що відповідає 50% проективному покриттю. При цьому на виході цифроаналогового перетворювача 21 встановлюється нульовий опорний сигнал, внаслідок того, що сигнал на його вході рівний нулю. Цей опорний сигнал подається на перші входи компараторів 25 та 27. Поточний сигнал флюоресценції ("а", 5, Фіг.4) на першому вході блоку через підсилювач 15 подається на входи схеми виборки-зберігання 16 та 17. За тактовим сигналом модулятора 2 ("а", 1, Фіг.4) на другому вході блоку, в другу схему виборки-зберігання 17 записується поточний сигнал флюоресценції і з її виходу сигнал надходить на компаратори 25 та 27. За стробуючим сигналом С1 (2, Фіг.4) синхронізатора 26, перший компаратор 25 порівнює поточний сигнал флюоресценції з опорним, який в цьому випадку рівний нулю. Так як поточний сигнал більший, то перший компаратор 25 видає сигналі (8, Фіг.4) на виході. Цей же сигнал С1 ставить тригер 24 в "1". За стробуючим сигналом С2 (3, Фіг.4) синхронізатора 26, другий компаратор 27 порівнює поточний сигнал з опорним, який в цьому випадку рівний нулю, і видає сигнал (9, Фіг.4) на установку тригера 24 в "0" (10, Фіг.4), підтверджує "0" лічильника 20 та дозволяє запис поточного сигналу в першу схему виборки-

зберігання 16. При цьому на виході цифроаналогового перетворювача 21 встановлюється опорний сигнал ("а", 7), пропорційний поточному сигналу та кодам в регістрах 18, 19 і лічильнику 20. За стробуючим сигналом С3 (4, Фіг.4) з схеми збігу 22 не надходить сигнал на вхід лічильника 20 (11, Фіг.4), тому що тригер 24 в стані "0".

Наступний такт модулятора ("b", 1, Фіг.4) дозволяє запис в другу схему виборки-зберігання 17 поточного сигналу ("b", 5, Фіг.4) і тим самим подачу його для порівняння на компаратори 25 та 27. За сигналом С1 синхронізатора 26, перший компаратор 25 порівнює поточний сигнал "b" з половиною опорного сигналу на виході подільника сигналу 23, ("а", 6) сформованого з попереднього поточного сигналу "а". В даному випадку поточний сигнал більший за половину опорного сигналу, тому перший компаратор 25 формує сигнал на виході ("b", 8, Фіг.4). Так як поточний сигнал "b" більший за опорний ("b", 7), то попередній цикл повторюється і за сигналом С3 синхронізатора 26 поточний сигнал ("b", 5) записується у першу схему виборки-зберігання 16 і замінює опорний сигнал на поточний ("b", 7).

Б наступному такті модулятора, ("с", 1) на перший вхід блоку поступає поточний сигнал флюоресценції менший як за опорний ("b", 7), так і за половину опорного ("b", 6). Тому за сигналом С1 перший компаратор 25 не формує сигнал ("с", 8) на виході, тобто цей сигнал в результаті округлення не фіксується як подія флюоресценції. За стробуючим сигналом С2 другий компаратор 27 не формує сигнал на повернення тригера 24 в "0", знімає установку "0" лічильника 20 і не надсилає сигнал на перезапис поточного сигналу з підсилювача 15 до першої схеми виборки-зберігання 16. Опорний сигнал на виході цифроаналогового перетворювача 21 залишається незмінним. На вході схеми збігу 22 діє сигнал "1" з тригера 24 ("с", 10) та "1" з лічильника 20, тому за сигналом С3 ("с", 4) синхронізатора 26 вона формує сигнал для реверсивного входу лічильника. 20. Лічильник 20 змінює свій стан на одиницю і міняє код на третьому вході цифроаналогового перетворювача 21. Опорний сигнал на його виході зменшується на величину  $\Delta$ .

В наступний такт модулятора ("d", 1) поточний сигнал більший за половину опорного але менший за опорний. Тому перший компаратор 25 за сигналом С1 формує сигнал на виході, тригер 24 залишається в "1", і другий компаратор 27 за сигналом С2 не формує сигнал на зміну стану тригера 24 ("d", 10), лічильника 20 та першої схеми виборки-зберігання 16. За сигналом С3 стан лічильника 20 зменшиться ще на одиницю, що призведе до зменшення опорного сигналу ще на  $\Delta$ . Аналогічно повторюються такти "е", "1" і далі, при зменшенні поточного сигналу доти, доки в лічильнику 20 накопиться число 10, що призведе до створення на вході схеми збігу 22 заборони формування сигналу на вхід лічильника 20 за стробуючим сигналом С3. Подальше зменшення поточного сигналу не викликати зменшення опорного сигналу на величину  $\Delta$ .

До заміни опорного сигналу на поточний може призвести тільки збільшення поточного сигналу до величини більшої за опорний сигнал, як у випадку

"к" поточного такту модулятора, Спочатку перший компаратор 25 за сигналом С1 формує сигнал на виході ("к", 8), потім за сигналом С2 другий компаратор 27 встановлює тригер 24 в "0" ("к", 10), встановлює лічильник 20 в "0" і дозволяє перезапис в першу схему виборки-зберігання 16 поточного сигналу, що призводить до заміни опорного сигналу на більший поточний. Стробуючий сигнал 03 не призводить до змін опорного сигналу.

Далі, в залежності від співвідношення поточного та опорного сигналів блок адаптивного округлення повторює відповідні цикли доти, доки в лічильнику тактів 10 (Фіг.1) накопичиться число 100. При цьому схема збігу 11 формує сигнал на установку лічильника 10 з "0", перезапис вмісту лічильника 12 до індикатора 14 та регістра 19 (Фіг.3) на четвертому вході. Таким чином після 100 тактів опромінення в індикаторі буде число рівне проективному покриттю.

Лазер 1, оптично з'єднаний з модулятором, є джерелом монохроматичного випромінювання, яке використовують для збудження флюоресценції пігментів рослин, зокрема хлорофілу, для ідентифікації рослин на фоні ґрунту. За звичай використовують лазери з довжиною хвилі менше 350нм.

Модулятор лазерного випромінювання 2, оптично з'єднаний з лазером 1 та коліматором 3, слугує для імпульсного опромінення об'єкта, а його сигнал використовують для синхронізації виділення та аналізу сигналів відбиття чи флюоресценції, викликаних саме цим опроміненням. Використовують модулятори об'єктного або акусто-оптичного типів для лазерів безперервної дії. В імпульсних лазерах модулятор закладено в їх конструкції.

Коліматор 3, оптично поєднаний з лазером 1, слугує для формування паралельного променя з випромінювання лазера і дозволяє компенсувати розходження випромінювання лазера, характерного для кожного типу. Це зберігає діаметр плями освітлення при різних відстанях до об'єкта.

Об'єкти 6, оптично з'єднаний з фотодетектором, призначений для збору оптичного сигналу з освітленої плями 5 та подачі його на фотодетектор. Частіше використовують дзеркальні об'єктиви системи Каоагрена, які охоплюють широкий спектральний діапазон.

Спектральний прилад 7 оптично поєднаний з об'єктивом, слугує для виділення характеристичних ліній спектра прийнятого сигналу, зокрема флюоресценції хлорофілу на довжинах хвиль 685 чи 735нм. Частіше використовують інтерференційні фільтри, для яких ширина смуги менше, 10нм,

Фотодетектор 8, перетворює оптичний сигнал в електричний. В якості фотодетектора частіше використовують фотоелектронні помножувачі (ФЕУ).

Блок адаптивного округлення 9 формує опорний сигнал, як більший з поточних сигналів фотодетектора 8, адаптує його до змін зразкового сигналу як в сторону збільшення, так і в сторону зменшення, шляхом потактного зменшення опорного сигналу на величину  $\Delta$  при зменшенні поточного сигналу та округлення поточного сигналу до величини опорного.

Лічильник 10 за сигналами модулятора 2 накопичує число тактів опромінення. Схема збігу 11 формує сигнал при досягненні в лічильнику тактів опромінення 10 числа N, зокрема N=100,

Нормуючий підсилювач 15, наприклад, операційний підсилювач, здійснює підсилення сигналу фотодетектора 8 і нормує його відповідно до вимог схем виборки-зберігання.

Схеми виборки-зберігання 16 та 17 за сигналом управління записують вхідний сигнал та запам'ятовують його.

Цифроаналоговий перетворювач 21, перемножуючого типу, формує вихідну напругу пропорційну сигналу на його аналоговому вході а також пропорційно до коду, створеному регістрами 18 і 19 та лічильником 20.

Схема збігу 22 при досягненні в лічильнику 20 числа 10 перекидає подачу сигналів на вхід лічильника 20. Ця схема вибирає, збіг сигналів будь якого числа крім 10 у лічильнику 20, одиничного стану тригера 24 та третього стробуючого сигналу з синхронізатора 26.

Компаратори 25 та 27 порівнюють поточний сигнал з опорним або 8 половиною опорного і в залежності від результату порівняння, виробляють відповідні сигнали на виході блоку адаптивного округлення та зміну опорного сигналу цифроаналогового перетворювача 21 на поточний сигнал першої схеми виборки-зберігання 16.

Синхронізатор 26 за тактовими сигналами модулятора на другому вході блоку (1, Фіг.4) формує стробуючі імпульси С1, С2, С3 для управління, відповідно, компараторами 25 та 27, тригером 24 та схемою збігу 22.

В залежності від відстані до об'єкта та характеристик лазера, плями освітлення можуть мати різну одиничну площу, а в залежності від проективного покриття має місце різне заповнення освітлених плям фітоелементами (Фіг.2). У випадку 1 проективне покриття  $P_p > 100\%$  і освітлена пляма повністю заповнена фітоелементами, у випадку 2 проективне покриття  $P_p > 50\%$  і освітлена пляма заповнена фітоелементами більше ніж наполовину. У випадку 3 проективне покриття  $P_p < 50\%$  і освітлена пляма заповнена фітоелементами менше, ніж наполовину. У випадку 4 проективне покриття  $P_p = 0$  і фітоелементи в межах освітленої плями відсутні.

Опромінення рослинних об'єктів ультрафіолетовим лазером 1 через коліматор 3 збуджує флюоресценцію рослинних пігментів, зокрема хлорофілу в межах освітленої плями 5. Реєстрація сигналів наведеної флюоресценції через об'єктиви 6, спектральний прилад 7 та фотодетектор 8 дозволяє надійно ідентифікувати рослини на фоні ґрунту. Опромінення в надір і реєстрація сигналів флюоресценції у зворотному напрямку дозволяє визначити площу саме вертикальної проекції рослин на ґрунт. Імпульсне опромінення з допомогою модулятора 2 і реєстрація сигналів флюоресценції синхронно з опроміненням дозволяє виділити сигнал саме наведеної флюоресценції і саме з освітленої плями.

Сигнал наведеної лазером флюоресценції пропорційний площі фітоелементів в межах плями освітлення і залежить від багатьох дестабілізую-

чих чинників: структури та фізіологічного стану рослинних об'єктів, екологічних умов, характеристик технічних засобів тощо.

Сигнал флюоресценції фітоелементів з одиничної площі при 100% проективному покритті буде максимальним, як на зразкових ділянках, так і на контрольованих площах. Так як в якості зразкового вибирають сигнал з одиничної площі еталонної ділянки про 100% проективному покритті, то максимальний з поточних сигналів на контрольованій площі приймають в якості опорного, наближено-зразкового сигналу, і порівнюють з ним поточні сигнали при округленні. Тоді зазначені вище дестабілізуючі чинники будуть впливати тільки на величину опорного сигналу і не впливатимуть на відношення опорного і поточного сигналів, бо умови вимірювань однакові. Зміни зразкового сигналу необхідно відслідковувати як в сторону збільшення, так і в сторону зменшення. При збільшенні зразкового сигналу (більший з поточних) опорний сигнал збільшують до величини поточного, якщо останній перевищує опорний. При зменшенні зразкового сигналу опорний сигнал зменшують потактно на величину  $\Delta$  доти, доки поточний сигнал не перевищить опорний, але не більше 10 тактів, після чого опорний сигнал залишають незмінним до наступного підвищення поточного сигналу. За 10 тактів опорний сигнал зменшиться наполовину. Для природної рослинності  $\Delta$  вибирають з виразу:

$$\Delta = \frac{10 U_o}{n} = \frac{K}{n} U_o$$

де  $K$  - коефіцієнт, який залежить від типу рослинності:

$n$  - число зафіксованих подій флюоресценції при 100 тактах опромінення.

Величину  $n$  визначають після кожних 100 тактів опромінення, а величину  $\Delta$  визначають і вносять після кожного такту опромінення при зменшенні поточного сигналу флюоресценції. Таким

чином опорний сигнал адаптують до змін зразкового сигналу, викликаних дестабілізуючими чинниками.

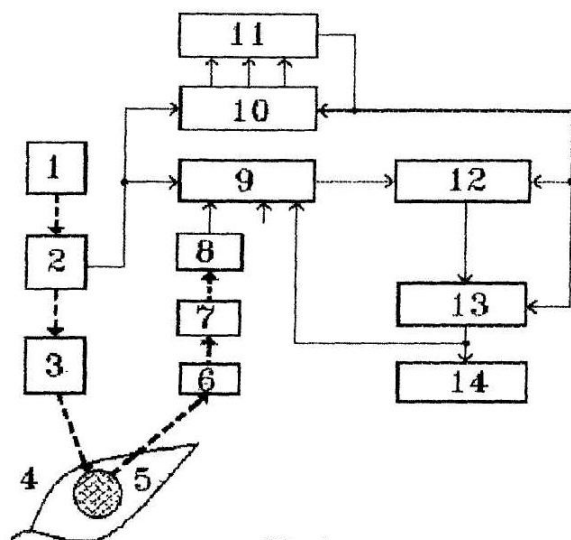
Поточні сигнали флюоресценції округлюють до величини опорного сигналу. Округлення здійснюють шляхом порівняння поточного сигналу з половиною опорного. У випадках 3, 4 (Фіг.2) поточний сигнал флюоресценції не перевищує половини опорного ("с", 5, 6, Фіг.4) і його не фіксують як подію флюоресценції ("с", 8, Фіг.4). У випадках 1, 2 (Фіг.2) поточний сигнал флюоресценції більший від половини опорного ("а", "b", "d", "e", "i", "k", 5, 6, Фіг.4), і це фіксують як подію флюоресценції ("а", "b", "d", "e", "i", "k", 8, Фіг.4), як 100% заповнення освітленої плями фітоелементами, тобто  $U_k = U_o$ . Таки опромінення та події флюоресценції підраховують одночасно. Якщо при цьому з  $N$  тактів опромінення буде зафіксовано  $n$  випадків флюоресценції, то проективне покриття визначають як

$$Пп = \frac{\sum U_k}{N U_o} 100 = \frac{n U_k}{N U_o} 100 = \frac{n}{N} 100$$

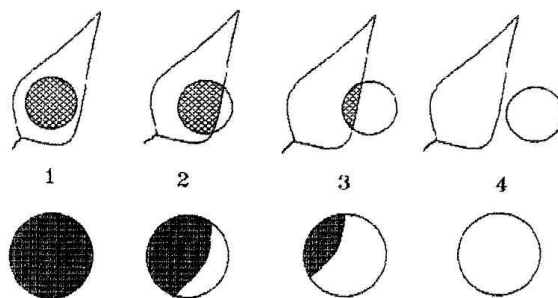
Таким чином, проективне покриття визначають як відношення числа зафіксованих випадків флюоресценції до числа тактів опромінення помножене на 100. При 100 тактах опромінення проективне покриття визначають як число випадків флюоресценції.

Сумісне використання операцій округлення, вибору опорного сигналу та адаптації його до змін наближено-зразкового (максимального в поточних), дозволяє здійснювати кількісні дистанційні визначення проективного покриття без використання зразкових (еталонних) ділянок та збільшити достовірність цих визначень.

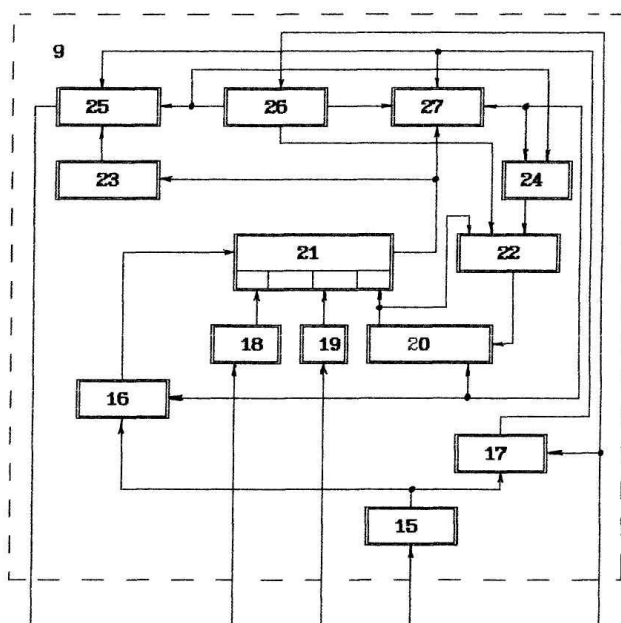
Запропонований пристрій, як видно з його опису, може бути реалізований у виробничих умовах, так як для його реалізації використовується технічна база широкого призначення.



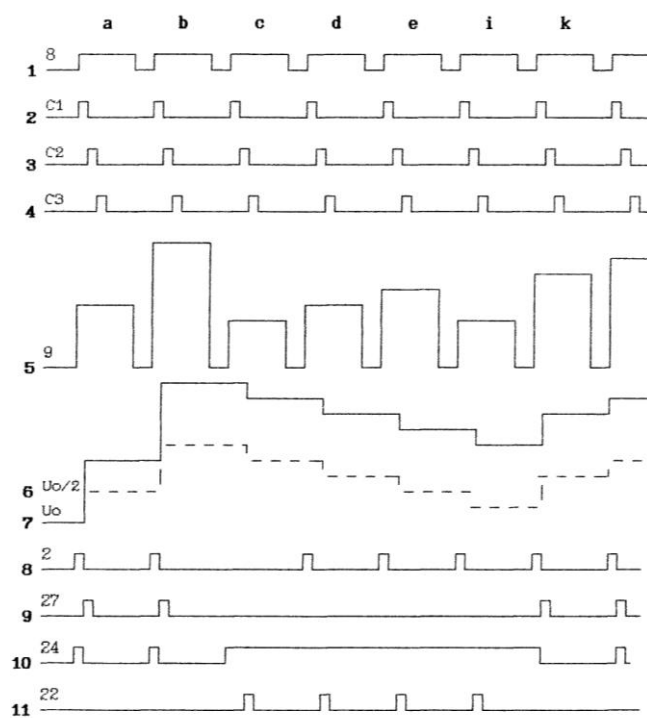
Фіг.1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг 4