



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119255** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
G01J 1/00

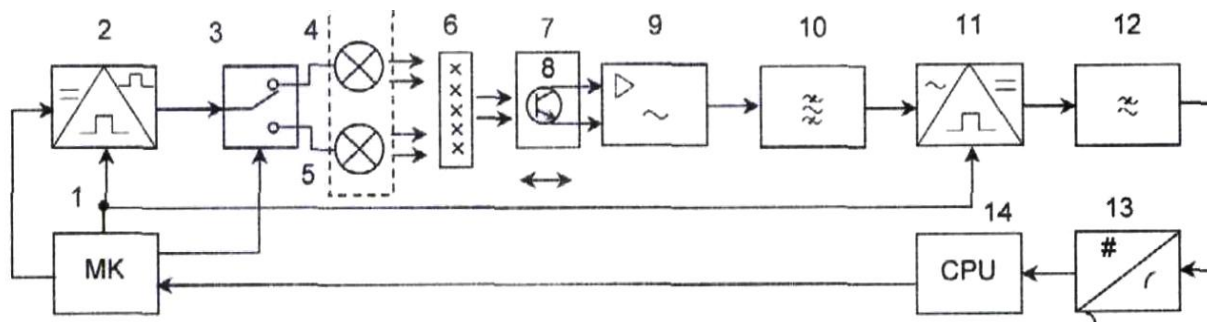
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2016 12000	(72) Винахідник(и):	Яненко Олексій Пилипович (UA), Шульга Віталій Анатолійович (UA), Шевченко Костянтин Леонідович (UA), Головчанська Олександра Дмитрівна (UA)
(22) Дата подання заявки:	25.11.2016	(73) Власник(и):	Яненко Олексій Пилипович, бул. Івана Лепсе, 31, кв. 163, м. Київ, 03065 (UA), Шульга Віталій Анатолійович, вул. Металістів, 5, к. 1216, м. Київ, 03056 (UA), Шевченко Костянтин Леонідович, вул. Софіївська, 14, кв. 9, м. Київ, 01001 (UA), Головчанська Олександра Дмитрівна, Дарницький бульвар, 21, кв. 25, м. Київ-192, 02192 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.09.2017		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.09.2017, Бюл.№ 18		

(54) ФОТОМЕТРИЧНИЙ ВИМІРЮВАЧ ПОГЛИНАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ СЛАБКО ПРОЗОРИХ МАТЕРІАЛІВ

(57) Реферат:

Фотометричний вимірювач поглинальної здатності матеріалів має джерело світлового потоку, комірку з досліджуваним зразком та фотоприймач в складі фотоелемента і вимірювального блока. Додатково введено джерело світлового потоку, виконане у вигляді двох максимально рознесених за частотою світлодіодів, виходи яких направлені на комірку з об'єктом дослідження, мікроконтролер, модулятор та ключ. Перший вихід мікроконтролера через модулятор та ключ під'єднується до входів живлення світлодіодів. Другий вихід мікроконтролера підключений до управляючого входу модулятора та синхронного детектора. Третій вихід мікроконтролера під'єднаний до входу управління ключа. Фотоприймач виконаний у вигляді послідовно з'єднаних фотоелемента, розміщеного на рухомій каретці, підсилювача, вибіркового фільтра частоти комутації, синхронного детектора, фільтра нижніх частот, аналого-цифрового перетворювача та комп'ютера, вихід якого сполучений із входом мікроконтролера.



UA 119255 U

Корисна модель належить до області фотометрії і може бути використана для вимірювання параметрів оптичного випромінювання, насамперед інтенсивності світлового потоку, що проходить через біотканину або інші слабкопрозорі (мутні) матеріали та середовища.

Ефективність використання лазерних та світлодіодних джерел опромінюючих сигналів в технологіях практичної медицини, в лабораторних дослідженнях різноманітних біорозчинів в медицині, харчовій промисловості, в хімічних дослідженнях тісно пов'язана з визначенням проникаючої здатності світлових потоків в об'єкти дослідження. Важливими при цьому є забезпечення високої чутливості та точності вимірювання вихідних параметрів світлових потоків, що проходять через досліджувані матеріали - глибини проникнення, коефіцієнта ослаблення або поглинання.

Відомий пристрій для вимірювання коефіцієнта пропускання та коефіцієнта поглинання слабо прозорих матеріалів [див. Фотометрія, Зеленков І.А., навч. посібник, НАУ, Київ.: 2003 с 159-163], який складається з джерела випромінюючого світла, фотометричної кулі з досліджуваним зразком матеріалу та фотоприймача з індикатором. Недоліком приведенного пристрою є його складність та недостатня чутливість вимірювання параметрів світлового потоку.

Відомий пристрій для визначення показника ослаблення світлового потоку [див. Спектрофотометр за а.с. СССР № 1511602 G01J 3/42, Бюл. №36, 1989], який також має в своєму складі джерело випромінюючого світла, зразки досліджуваного матеріалу, два фотоприймачі, розміщені в фотометричних кулях, третій фотоприймач (блок визначення коефіцієнта пропускання) та оптико-механічні зв'язки, які ув'язують перераховані елементи схеми та реалізують алгоритм вимірювання. Недоліком розглянутого пристрою є надзвичайна складність механічної і оптичної частини схеми та недостатня чутливість вимірювання параметрів світлового потоку, що проходить через об'єкт дослідження.

Відомий також пристрій для вимірювання показника ослаблення та показника направлено розсіювання мутного середовища [див. Фотометрия (Теория, методы и приборы), М.М. Гуревич -Л-д.: Энергоатомиздат, 1983- с. 233-235], який складається з джерела випромінюючого світла, комірки з досліджуваним зразком і фотоприймача в складі фотоелемента та гальванометра. Недоліком відомого пристрою є низька чутливість та точність визначення показника ослаблення слабо прозорих матеріалів та середовищ.

Найбільш близьким до заявленого технічного рішення є пристрій для вимірювання поглинання рідких середовищ [див. декл. патент України "Фотометр" №381107, G01J 3/00, Бюл. №4, 2001], який містить джерело світлового потоку, комірку з досліджуваним зразком та фотоприймач в складі фотоелемента і вимірювального блока. Окрім того пристрій містить варикапну матрицю, під'єднану до керованого височастотного генератора, вихід якого сполучений із першим входом змішувача, еталонний генератор підключений до другого входу змішувача, а вихід змішувача через частотний детектор, з'єднаний з вимірювальним приладом. Недоліком розглянутого пристрою є недостатня чутливість та точність вимірювання параметрів світлового потоку, що проходить через об'єкт дослідження, а також неможливість вимірювання глибини проникнення світлового потоку, наприклад, в слабо прозорих до різних довжин хвиль матеріалів та середовищ.

В основу корисної моделі поставлена задача створити такий фотометричний вимірювач поглинальної здатності матеріалів, в якому б шляхом введення нових елементів і зв'язків забезпечувалось би спрощення схеми з одночасним підвищенням чутливості та точності вимірювання параметру світлового потоку.

Поставлена задача вирішується тим, що фотометричний вимірювач поглинальної здатності матеріалів, який містить джерело світлового потоку, комірку з досліджуваним зразком та фотоприймач в складі фотоелемента і вимірювального блока, відрізняється тим, що в нього введено джерело світлового потоку, виконане у вигляді двох максимально рознесених за частотою світлодіодів, виходи яких направлені на комірку з об'єктом дослідження, мікроконтролер, модулятор та ключ, причому перший вихід мікроконтролера через модулятор та ключ з'єднується із входами живлення світлодіодів, другий вихід мікроконтролера підключений до управляючого входу модулятора та синхронного детектора, третій вихід мікроконтролера під'єднаний до входу управління ключа, в свою чергу фотоприймач виконаний у вигляді послідовно з'єднаних фотоелемента, розміщеного на рухомій каретці, підсилювача, вибіркового фільтра частоти комутації, синхронного детектора, фільтра нижніх частот, аналого-цифрового перетворювача та комп'ютера, вихід якого сполучений із входом мікроконтролера.

Саме введення джерела світлового потоку виконане у вигляді двох максимально рознесених за частотою світлодіодів, виходи яких направлені на комірку з об'єктом дослідження, мікроконтролера, модулятора та ключа, причому перший вихід мікроконтролера

через модулятор та ключ під'єднаний до входів світлодіодів, другий вихід мікроконтролера підключений до управляючого входу модулятора та синхронного детектора, третій вихід мікроконтролера під'єднаний до входу управління ключа. Окрім того фотоприймач виконаний у вигляді послідовно з'єднаних фотоелемента, розміщеного на рухомій каретці, підсилювача, вибіркового фільтра частоти комутації, синхронного детектора, фільтра нижніх частот та аналого-цифрового перетворювача, під'єднано до входу комп'ютера, вихід якого сполучений із входом мікроконтролера, забезпечує не тільки спрощення схеми, а і підвищення чутливості та точності вимірювання поглинальної здатності слабо прозорих матеріалів.

На кресленні представлена функціональна схема вимірювання поглинальної здатності слабо прозорих матеріалів. Позначення на кресленні: 1 - мікроконтролер, виходи якого під'єднані відповідно до управляючих входів модулятора 2, ключа 3 та синхронного детектора 11, 4,5- світлодіоди, входи яких сполучені з виходами ключа 3, в виходи опромінюють об'єкт дослідження 6, 7- рухома каретка з фотоелементом 8, виходи фотоелемента 8 підключені до підсилювача 9 і через вибіркового фільтра частоти комутації 10 сполучені із сигнальним входом синхронного детектора 11. Вихід синхронного детектора 11 через фільтр нижніх частот 12 та аналого-цифровий перетворювач 13 з'єднаний із входом комп'ютер 14, а вихід комп'ютера підключений до входу мікроконтролера.

Фотометричний вимірювач поглинальної здатності матеріалів працює в декілька етапів наступним чином. Згідно з програмою, яка установлена в комп'ютері 14, спочатку проводиться калібрування вимірювального пристрою, для чого сигнал режиму роботи подається від комп'ютера 14 на мікроконтролер 1 і на його виходах установлюються: на першому виході напруга живлення світлодіодів, на другому імпульсна напруга частоти комутації Ω , по третьому входу установлюється ключ в положення, наприклад, а6 і до імпульсного живлення з'єднується, наприклад, світлодіод 4 з довжиною хвилі λ_1 . Каретка 7 з фотоелементом 8 установлюється на відстані, що відповідає товщині матеріалу, який підлягає дослідженню. Під дією прямокутного комутуючого сигналу вигляду:

$$U_1(t) = F_1(t) + F_2(t), \quad (1)$$

де $F_1(t)$, $F_2(t)$ – часові функції, що характеризують залежність вихідної напруги від часу та описуються виразами:

$$F_1(t) = \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)\Omega t}{2n-1} \right]; a$$

$$F_2(t) = \left[\frac{1}{2} - \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)\Omega t}{2n-1} \right],$$

через модулятор 2 проводиться періодичне (з частотою Ω) підключення живлення на світлодіод 4. Відповідно здійснюється почергове випромінювання світлового потоку потужністю Φ_1 . На виході фотоелемента 8, за періодичної роботи модулятора 2, формується імпульсна напруга, амплітуда якої пропорційна потужності світлового потоку $U_{\Phi_1} \equiv \Phi_1$. Отримана імпульсна напруга збільшується до необхідного значення підсилювачем 9 і, в результаті, на виході вибіркового фільтра частоти комутації 10 виділяється сигнал

$$U_2(t) = U_{\Phi_1} S_1 K_1 K_2 F_1(t) = U_{\Phi_1} S_1 K_1 K_2 \text{sign} \sin \Omega t, \quad (2)$$

де S_1 - крутизна перетворення фотоелемента 8;

K_1 - коефіцієнт підсилення підсилювача 9;

K_2 - коефіцієнт передачі вибіркового фільтра 10;

$\text{sign} \sin \Omega t$ - сигнум функція (обвідна знаку періодичного процесу).

Напруга (2) подається на сигнальний вхід синхронного детектора 11, на управляючий вхід якого надходить прямокутна опорна напруга цієї ж частоти $F_{10\text{оп}}(t)$. В результаті перемноження вимірювального $u_2(t)$ та опорного сигналів $u_1(t)$ за кожний із напівперіодів комутації, враховуючи властивості комутуючої функції, що $F_{10\text{оп}}(t) = F_1(t)$, а $[F_1(t)]^2 = F_1(t)$, отримуємо сигнал

$$U_3(t) = U_{\phi 1} U_{\text{опорн}} S_1 S_2 K_1 K_2 F_1(t) = U_{\phi 1} U_{\text{опорн}} K_1 K_2 S_1 S_2 \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)\Omega t}{2n-1} \right], \quad (3)$$

де S_2 - крутизна перетворення синхронного детектора,

$U_{\text{опорн}}$ - амплітуда опорної напруги.

На виході фільтра нижніх частот 12 виділяється постійна складова напруги рівняння (3), а змінна затримується

$$U_4 = \frac{U_{\phi 1} U_{\text{опорн}}}{2} S_1 S_2 K_1 K_2 K_3 = \frac{U_{\phi 1} U_{\text{опорн}}}{2} K_{\Sigma}, \quad (4)$$

де K_3 - коефіцієнт передачі фільтра нижніх частот, а $K_{\Sigma} = S_1 S_2 K_1 K_2 K_3$.

Напруга (4) перетворюється АЦП в код калібрування N_1 для світлодіода 4 та запам'ятовується комп'ютером 14.

Аналогічний алгоритм перетворення виконується із сигналом другого світлодіода 5, з довжиною хвилі λ_2 , в положенні ключа ас до отримання значення коду N_2 .

Після завершення калібрування установлюють досліджуваний матеріал і проводять за аналогічним алгоритмом вимірювання рівня сигналу на виході зразка, отримуючи значення коду для світлодіода 4 - N_3 , а світлодіода 5 - N_4 . Співвідношення $\alpha_1 = N_3 / N_1$ характеризує поглинальну здатність матеріалу світлового потоку світлодіода 4, з довжиною хвилі λ_1 , а $\alpha_2 = N_4 / N_2$ світлодіода 5 з довжиною хвилі λ_2 . Зафіксовані значення визначених параметрів, наприклад рознесених світлодіодів ($\lambda_1 = 400$ нм - фіолетовий колір та $\lambda_2 = 700$ нм - червоний колір), дозволяють в комп'ютері побудувати прогнозовану діаграму поглинання для світлових потоків іншої довжини хвиль.

Співвідношення $\beta_1 = (N_1 - N_3) / d_1$

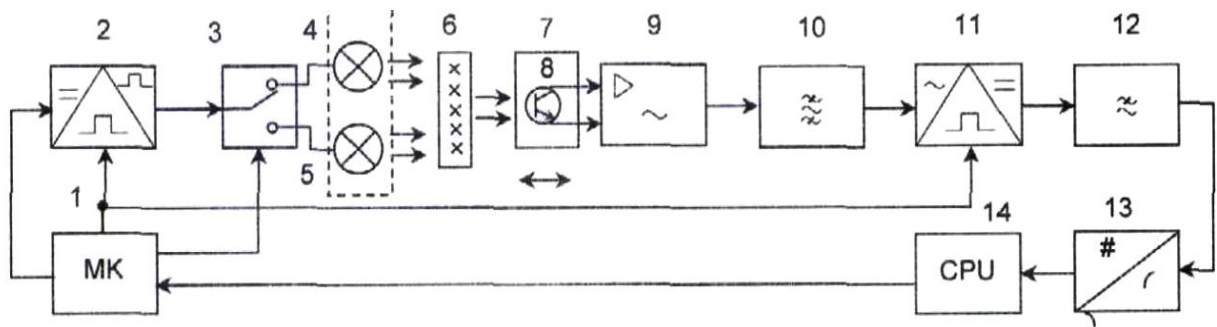
де d_1 - товщина досліджуваного матеріалу,

забезпечує визначення погонного значення поглинання, яке дозволяє розраховувати ослаблення для аналогічного матеріалу іншої товщини d_x без додаткового вимірювання.

Розглянуті можливості значно спрощують процес вимірювання, а використання модуляційного перетворення світлового потоку забезпечує практично на порядок підвищення чутливості та на 25-30 % точності вимірювання, оскільки при такому перетворенні компенсується рівень власних шумів та завад вимірювального каналу. Як джерело світла використовується напівпровідникова матриця, в якій забезпечено розміщення в одній точці двох кристалів світлодіодів з максимально рознесеною довжиною хвиль, що дозволяє розміщувати їх на одній осі із фотоелементом та виключає побічне розсіювання світлового потоку.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Фотометричний вимірювач поглинальної здатності матеріалів, який містить джерело світлового потоку, комірку з досліджуваним зразком та фотоприймач в складі фотоелемента і вимірювального блока, який **відрізняється** тим, що додатково введено джерело світлового потоку, виконане у вигляді двох максимально рознесених за частотою світлодіодів, виходи яких направлені на комірку з об'єктом дослідження, мікроконтролер, модулятор та ключ, причому перший вихід мікроконтролера через модулятор та ключ під'єднується до входів живлення світлодіодів, другий вихід мікроконтролера підключений до управляючого входу модулятора та синхронного детектора, третій вихід мікроконтролера під'єднаний до входу управління ключа, в свою чергу фотоприймач виконаний у вигляді послідовно з'єднаних фотоелемента, розміщеного на рухомій каретці, підсилювача, вибіркового фільтра частоти комутації, синхронного детектора, фільтра нижніх частот, аналого-цифрового перетворювача та комп'ютера, вихід якого сполучений із входом мікроконтролера.



Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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