



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 114215

(13) C2

(51) МПК

G01N 21/55 (2014.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

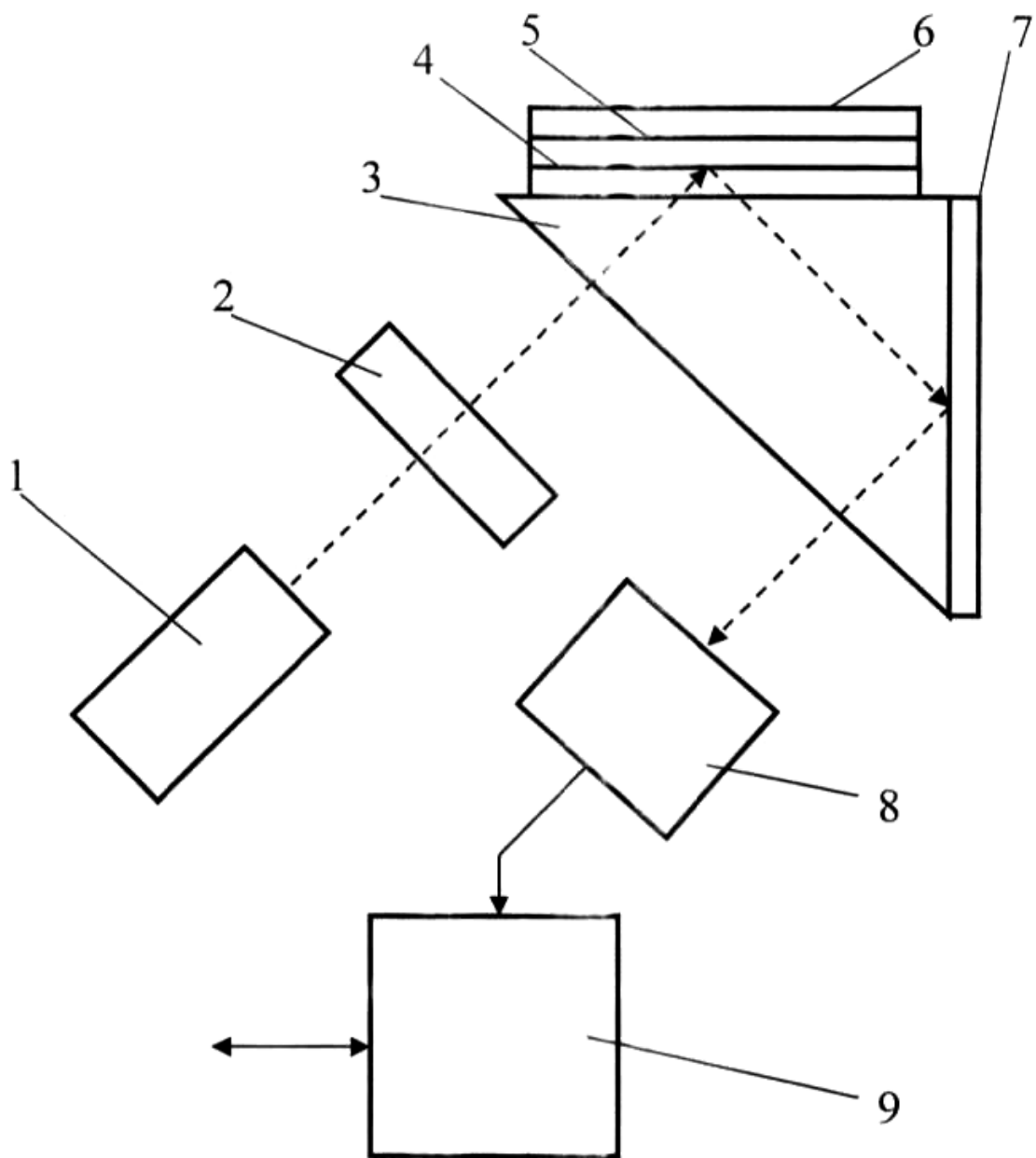
(21) Номер заявки:	а 2015 06396	(72) Винахідник(и):	Золот Анатолій Іванович (UA), Ходаковський Микола Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки:	30.06.2015	(73) Власник(и):	ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М. ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ, пр. Глушкова, 40, м. Київ, 03187 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.05.2017	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 104233 C2, 10.01.2014 UA 78998 C2, 10.05.2007 US 2013330838 A1, 12.12.2013 CN 101317083 A, 03.12.2008 GB 2247749 A, 11.03.1992 EP 0797091 A1, 24.09.1997 US 2011170106 A1, 14.07.2011
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.01.2017, Бюл.№ 1		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.05.2017, Бюл.№ 9		

## (54) ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ БІОСЕНСОРНИЙ ПРИСТРІЙ

### (57) Реферат:

Інтелектуальний біосенсорний пристрій належить до мікрооптоелектронної техніки і може бути використаний в технологічних процесах побудови сенсорних систем, а саме фізико-хімічних та біологічних досліджень, для детектування та кількісного визначення речовин в імунології, біотехнології, неінвазивного вимірювання рівня концентрації глюкози в крові людини, контролю харчових продуктів та визначення шкідливих домішок і небезпечних вірусів. Інтелектуальний біосенсор містить лазерне джерело світла, вихід якого оптично зв'язаний з входом поляризатора, вихід якого оптично зв'язаний через оптичну ретропризму з першим прозорим діелектричним шаром із чутливою рецепторною плівкою та із дзеркальним покриттям, вихід якого оптично пов'язаний з входом детекторної структури, вихід якої зв'язаний з входом мікроконвертера, вихід якого є входом-виходом пристрою. Біосенсорний пристрій має другий прозорий діелектричний шар через який чутлива рецепторна плівка пов'язана електромагнітним полем з об'єктом дослідження в робочому стані. Технічним результатом є визначення кількості речовини з високою роздільною здатністю елементів в нанесеному зразку та неінвазивне вимірювання рівня концентрації глюкози в крові людини та розширення функціональних можливостей пристрою.

UA 114215 C2



Винахід належить до мікрооптоелектронної техніки і може бути використаний в технологічних процесах побудови сенсорних пристроїв.

Інтелектуальні сенсори мають видавати користувачеві інформацію в найбільш зручній для нього формі, надавати йому можливості змінювати режими роботи сенсора, впливати на функціонування, привертати увагу користувача у критичних та інших передбачених ситуаціях. Вказані пристрої є інформаційними приладами, призначеними для здобування інформації про контрольований об'єкт чи процес та дають можливість обробляти та класифікувати необхідні ознаки за фізичною природою первинних інформаційних сигналів.

Винахід стосується аналітичної техніки для біохімічних аналізів і може бути використаний для детектування та кількісного визначення речовин в імунології, біотехнології, контролі харчових продуктів, визначення шкідливих домішок і небезпечних вірусів та не інвазійного вимірювання кількості глюкози в крові людини.

Відомі сенсорні пристрої, дія яких базується на використанні фізичного явища поверхневого плазмонного резонансу (ППР) в тонких металевих чи напівпровідникових плівках при їх опроміненні поляризованим світлом. При певних умовах спостерігається зміна інтенсивності відбитого світла, за характером якої можна зробити висновки про властивості як самої плівки, так і об'єкту, розміщеного на її поверхні.

Відомий оптичний біосенсор [Чегель В. Біосенсор на поверхневому плазмонному резонансі. ППР реєстрація ферментативних реакцій за участю NADH та NADPH із застосуванням імпринтметоду / Чегель В., Ратман О., Ширшов Ю. та ін. // Дослідження у галузі сенсорних систем та технологій: Збірник наукових праць - Київ: видавництво ПАН України. - 2006. - С. 180-195], який має оптично пов'язані лазерний діод, як джерело світла, поляризатор, оптичну ретропризму з чутливою рецепторною плівкою та дзеркальним покриттям, розташованим під кутом 90° до рецепторної плівки, і детекторну структуру.

Спільними ознаками аналога та пристрою, що заявляється, є: джерело світла, поляризатор, оптична ретропризма з чутливою рецепторною плівкою та дзеркальним покриттям, розташованим під кутом 90° до рецепторної плівки, і детекторна структура.

Причиною, що перешкоджає досягненню поставленої задачі є те, що в ньому не може бути реалізовано визначення кількості речовини з високою роздільною здатністю елементів в нанесеному зразку та неінвазійно вимірювання концентрації глюкози в крові людини.

Таким чином функціональні можливості даного пристрою аналога обмежені.

Відомий оптичний сенсор [Сенсорний пристрій: пат. України № 78998 / Боюн В. П., Войтович І.Д., Корсунський В.М., Косогор О.М., Романов В.О., Сабельников Ю.А., Стародуб М.Ф., Тупчієнко А.А., Яворський І.О.; Бюл. "Промислова власність", 2007, № 6], який має оптично пов'язані смужковий напівпровідниковий лазер як джерело світла, поляризатор, оптичну ретропризму з чутливою рецепторною плівкою та дзеркальним покриттям, розташованим під кутом 90° до рецепторної плівки, і фотодетекторну структуру у вигляді матриці фоточутливих елементів із структурами на поверхнево-зв'язаних зарядах.

Спільними ознаками аналога та пристрою, що заявляється, є: джерело світла, поляризатор, оптична ретропризма з чутливою рецепторною плівкою та дзеркальним покриттям, розташованим під кутом 90° до рецепторної плівки, і детекторна структура.

Причиною, що перешкоджає досягненню поставленої задачі є те, що в ньому не може бути реалізовано визначення кількості речовини з високою роздільною здатністю елементів в нанесеному зразку або неінвазійне вимірювання концентрації глюкози в крові людини.

Таким чином функціональні можливості даного пристрою аналога обмежені.

Найбільш близьким технічним рішенням по сукупності співпадаючих вузлів пристрою є оптичний інтелектуальний сенсор [Інтелектуальний сенсор: пат. України на винахід № 104233 / Золот А.І., Ходаковський М.І.; Бюл. "Промислова власність", 2014, № 1], який має оптично пов'язані лазерне джерело світла, поляризатор, оптичну ретропризму з чутливою рецепторною плівкою та дзеркальним покриттям, розташованим під кутом 90° до рецепторної плівки і фотодетекторну структуру у вигляді детекторної матриці оптичної відеокамери.

Спільними ознаками прототипу та пристрою є: лазерне джерело світла, поляризатор, оптична ретропризма з чутливою рецепторною плівкою та дзеркальним покриттям, розташованим під кутом 90° до рецепторної плівки, і детекторна структура.

Причиною, що перешкоджає досягненню поставленої задачі, є те, що в ньому не може бути реалізовано визначення кількості речовини з високою роздільною здатністю елементів в нанесеному зразку або неінвазійне вимірювання рівня концентрації глюкози в крові людини.

Таким чином функціональні можливості даного пристрою - прототипу обмежені.

В основу винаходу поставлена задача створити такий пристрій, в якому, через введення нових елементів було б можливо реалізувати визначення кількості речовини з високою

роздільною здатністю елементів в нанесеному зразку та неінвазійне вимірювання концентрації глюкози в крові людини, що дозволить суттєво розширити функціональні можливості пристрою, що пропонується.

Розв'язання поставленої задачі досягається тим, що, інтелектуальний біосенсорний пристрій, який пропонується і включає в себе лазерне джерело світла, вихід якого оптично зв'язаний з входом поляризатора, вихід якого оптично зв'язаний через оптичну ретропризму з чутливою рецепторною плівкою зі зразком та дзеркальним покриттям, вихід якого оптично зв'язаний з входом детекторної структури, вихід якої зв'язаний з мікроконвертером, додатково містить два прозорі діелектричні однакові шари. Перший шар розташований між оптичною ретропризмою та чутливою рецепторною плівкою, а другий на чутливій рецепторній плівці.

Відмінною ознакою інтелектуального біосенсорного пристрою є введення двох однакових прозорих діелектричних шарів. Перший шар розташований між оптичною ретропризмою та чутливою рецепторною плівкою, а другий на чутливій рецепторній плівці.

Ця відмінна ознака пристрою, що пропонується, дозволяє реалізувати визначення кількості речовини з високою роздільною здатністю елементів в нанесеному зразку та неінвазійне вимірювання рівня концентрації глюкози в крові людини, що дозволить суттєво розширити функціональні можливості пристрою, що пропонується.

На кресленні представлена структурна схема інтелектуального біосенсора. Структурна схема інтелектуального біосенсорного пристрою (креслення) містить лазерне джерело світла 1, вихід якого оптично зв'язаний з входом поляризатора 2, вихід якого оптично зв'язаний через оптичну ретропризму 3 з першим прозорим діелектричним шаром 4 із чутливою рецепторною плівкою 5 з другим прозорим діелектричним шаром 6 та із дзеркальним покриттям 7, розташованим під кутом  $90^\circ$ , з входом детекторної структури 8, вихід якої зв'язаний з входом мікроконвертера 9, вихід якого є входом-виходом пристрою.

Мікроконвертер 9 представлений мікроконвертером ADuC 812 фірми Analog Devices. Він має частоту тактових імпульсів до 25 МГц при напрузі живлення 5 В і до 16 МГц - при напрузі живлення 3 В. Залежно від потреби частота тактових імпульсів регулюється автоматично, що дозволяє мінімізувати споживану потужність. У мікроконвертері реалізовані три типи інтерфейсів: UART, SPI та I<sup>2</sup>C, що дозволяє здійснювати зв'язки з ПЕОМ, мережами зв'язку і вихід на матричний індикатор.

Мікроконвертер ADuC має зручні налагоджувальні плати, що дозволяє скоротити термін розробки дослідних зразків портативних сенсорів та здійснювати налагодження і робоче програмування у їх виробництві. Налагоджувальна плата Quick Start (EVAL ADuC 812 QS) містить інтерфейс RS-232, зовнішню пам'ять 32 К SRAM, аналогові входи/виходи, блок живлення. Плата супроводжується повним програмним забезпеченням: асемблером, CІ-компілятором, симулятором, завантажувачем і дебагером під Windows. Налагоджувальний набір QuickStart-Plus забезпечує всі необхідні процедури з програмування, тестування і створення базових додатків на CІ чи асемблері. Набір містить CІ - компілятор, макроасемблер, симулятор і емулятор, а також спеціальну оцінювальну плату та інтерфейс RS-232 для зв'язки з ПК.

Мікроконтролер складається з 8-розрядного обчислювального ядра, пам'яті програм і даних, трьох 16-розрядних таймерів/лічильників, "wartового" таймера, монітора джерела живлення і периферійних мікроконтролерів, які мають 32 програмовані входи/виходи, скомпановані в чотири 8-розрядних порти, з яких порт 3 (P3) має підвищену навантажувальну здатність.

Кожен з таймерів складається з двох 8-розрядних регістрів і може бути використаний як таймер і як лічильник. Таймери 0 і 1 при переповненні генерують переривання. Передбачені три входи (T0, T1, T2) для зовнішніх тактових імпульсів. "Вартовий" таймер призначений для формування внутрішнього сигналу скидання у разі, коли "зависає" програма або виникає програмна чи апаратна помилка. Тактова частота "wartового" таймера становить 64 кГц. Тривалість контрольованого інтервалу - від 16 до 204 мс.

Монітор джерела живлення здійснює контроль за напругою живлення аналогових і цифрових схем у діапазоні від 2,6 до 4,6 В. Робоче значення напруги живлення задає користувач для забезпечення підтримки обробки отриманої інформації від об'єкта дослідження.

Об'єкт дослідження може бути біохімічним препаратом, речовиною з певними домішками, які необхідно кількісно визначити або поверхнею тіла людини.

Чутлива рецепторна плівка 5 є плівкою, напиленою із золота марки Зл 999,9 (ГОСТ 30649-99) товщиною 30-50 нм.

Два однакові діелектричні шари товщиною 100-1000 нм виготовлені із оптично прозорого та хімічно інертного матеріалу "цитоп" показник заломлення якого  $n_c=1,336$ . Перший шар 4

розташований між оптичною ретропризмою 3 та чутливою рецепторною плівкою 5, а другий шар 6 - на чутливій рецепторній плівці.

Дзеркальне покриття 7 виконане із застосуванням структур  $\text{AgNO}_3$ .

5 Оптична ретропризма 3 виготовлена із скла марки Ф1 або SF-10 з показником заломлення  $n_c \geq 1,6$ .

Лазер видимого або ближнього ІЧ - діапазону 1, поляризатор 2 та фотодетекторна структура 8 використані із комплектуючих відеокамер видимого та ближнього ІЧ - діапазону типу Baumer EXG Camera фірми Baumer Optronic GmbH, Germany та фірми FLIR Systems Germany, Berner Strasse 81, D-60437 Frankfurt am Main, Germany.

10 В загальному вигляді конструкція фотодетекторної структури 8 є матрицею елементів із структурами на поверхнево-зв'язаних зарядах. Кожний з вказаних елементів виконаний на кремнієвій підкладці р-типу з каналами напівпровідника n-типу. Над каналами є електроди з полікристалічного кремнію з ізолюваним шаром з оксиду кремнію. Після подачі на такий електрод електричного потенціалу, в збідненій зоні під каналом n-типу виникає потенційна яма, 15 яка спроможна зберігати електрони. Фотон, що проникає в кремній, викликає генерацію електрона, який притягується потенційною ямою та залишається в ній. Більша кількість фотонів забезпечує більший заряд ями. Потім необхідно зчитувати значення цього заряду у вигляді фотоструму та підсилити його.

20 Зчитування фотострумів з матриці елементів із структурами на поверхнево-зв'язаних зарядах здійснюється послідовними регістрами зсуву, які перетворюють строчку зарядів на вході в серію імпульсів на виході. Таким чином аналоговий сигнал далі надходить на підсилювач.

Пристрій, що заявляється, працює наступним чином.

25 При дослідженні концентрації речовини, кількість якої потрібно визначити в об'єкті дослідження, чутлива рецепторна плівка 5 з шаром цитоба 6 приводиться в контакт з об'єктом дослідження і витримується необхідний час до завершення процесу адсорбції молекул речовини на поверхні біосенсора. Потім вмикають лазер 1 і через поляризатор 2 пучок р - поляризованого світла входить в оптичну ретропризму 3 і через шар цитоба 4 спрямовується на рецепторну плівку 5. Взаємодіючи з плівкою 5, світло відбивається таким чином, що при кутах 30 відбивання, близьких до резонансного кута поверхневого плазмонного резонансу, інтенсивність відбитого світла змінюється. Характер розподілу інтенсивності відбитого світла при кутах, близьких до резонансу поверхневого плазмонного резонансу надає інформацію про властивості досліджуваного об'єкта та його якісні і кількісні параметри. Відбите від рецепторної плівки 5 світло відбивається від дзеркального покриття 7, виходить з оптичної ретропризми 3, надходить 35 на вхід фотодетекторної структури 8. Далі електричний сигнал від фотодетекторної структури надходить в мікроконвертер 9.

40 При неінвазійному дослідженні рівня концентрації глюкози в крові людини чутлива рецепторна плівка 5 з захисним шаром цитоба 6 приводиться в контакт із поверхнею тіла людини, наприклад, із внутрішньою поверхнею руки на зап'ясті. Потім вмикають лазер 1. Далі проходження оптичних та електричних сигналів відбувається, як вказано вище.

Інтелектуальний біосенсорний пристрій, що заявляється, при обробці інформації про досліджуваний об'єкт за допомогою поверхневого плазмонного резонансу може бути використаний при дослідженні елементів зразків в одиниці нанометрів та менше. Підкладки для реєстрації поверхневого плазмонного резонансу здатні визначати кутовий зсув мінімуму 45 відбиття р - поляризованого світла при найменших змінах показника заломлення або товщини досліджуваного шару.

Програми налагодження програмних модулів дозволяють перевіряти виконання окремих команд чи зазначених послідовностей команд, підраховувати число витрачених на це машинних тактів, імітувати переривання чи надходження некоректних даних, розгалуження за умовою 50 тощо.

Налагодження програми роботи сенсора здійснюють у кілька етапів:

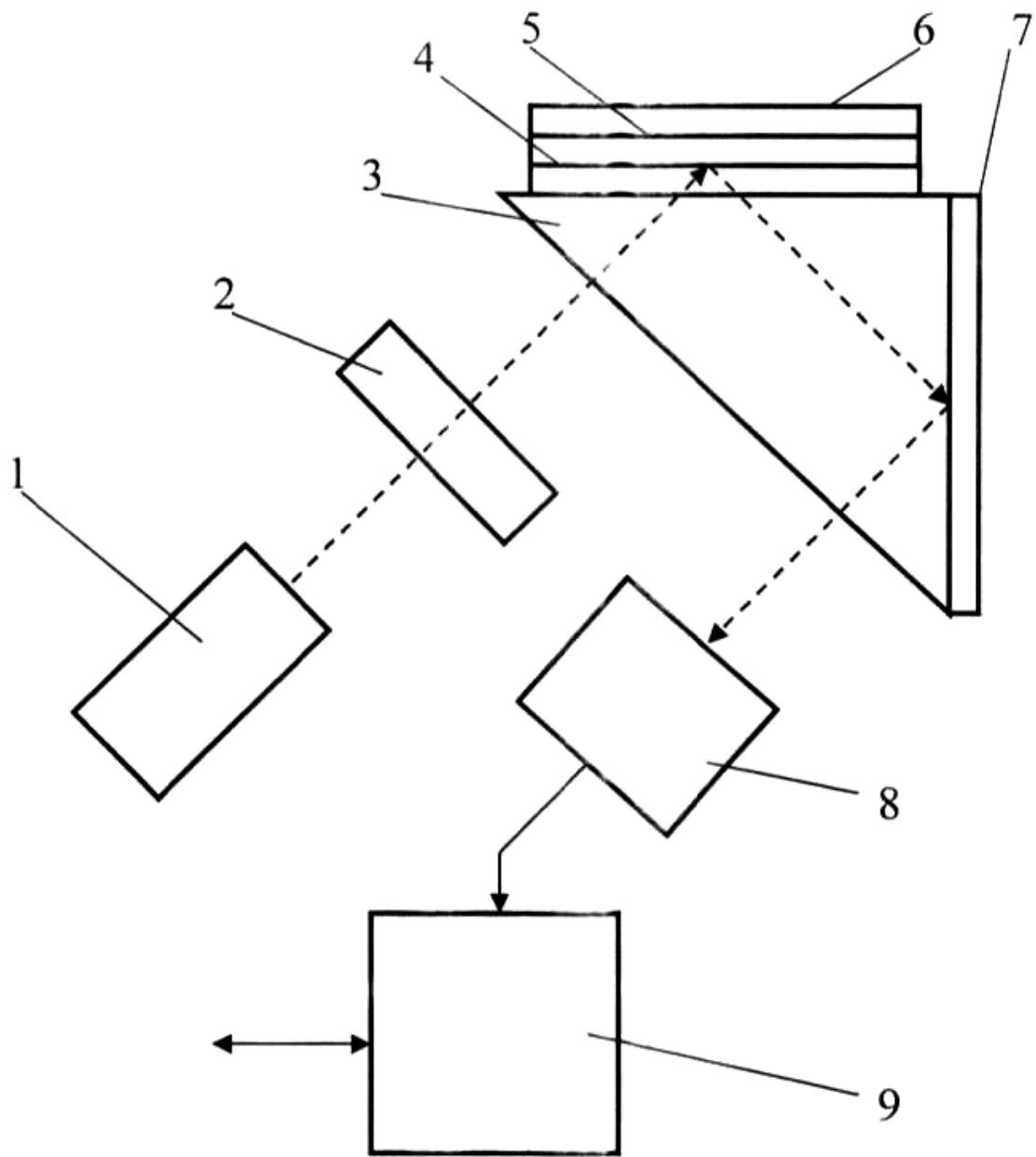
- автономне налагодження кожного окремого програмного модуля в статичному режимі, тобто без врахування часового перебігу послідовності команд;
- визначення часу роботи критичних програмних модулів (у першу чергу, модулів обробки 55 переривань) за найскладніших умов і, якщо необхідно, коригування програм, щоб забезпечити вимоги щодо часу їх роботи;
- комплексне налагодження всієї програми в статичному режимі;
- комплексне налагодження всієї програми в динамічному режимі, тобто з урахуванням фактора часу.

На етапі налагодження використовуються контрольні приклади, підібрані при алгоритмізації програмних модулів. З урахуванням досвіду налагодження програмні модулі коригують і підбирають нові, щоб отримати "заготовку" для майбутніх контрольних випробувань програми.

- 5 Сучасний рівень мікрооптоелектроніки дозволяє розробити та побудувати інтелектуальний біосенсорний пристрій, що заявляється.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 10 Інтелектуальний біосенсорний пристрій, який містить джерело світла, вихід якого оптично зв'язаний з входом поляризатора, вихід поляризатора оптично зв'язаний через оптичну ретропризму з чутливою рецепторною плівкою та дзеркальним покриттям, розташованим під кутом  $90^\circ$  до чутливої рецепторної плівки, а також з входом детекторної структури, вихід якої зв'язаний з входом мікроконвертера, вихід якого є входом-виходом пристрою, який
- 15 **відрізняється** тим, що додатково містить прозорі діелектричні шари, один з яких розміщений між оптичною ретропризмою та чутливою рецепторною плівкою, а інший - на чутливій рецепторній плівці.



Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

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

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