



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 56652

(13) A

(51) 7 G01N21/25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) КОЛІРНИЙ ІНТЕРФЕРОМЕТРИЧНИЙ ДЕТЕКТОР РЕЧОВИНИ У ПРОБІ

1

2

(21) 2002086595

(22) 08 08 2002

(24) 15 05 2003

(46) 15 05 2003, Бюл. № 5, 2003 р.

(72) Хоруженко В'талій Юліанович, Ширшов Юрій Михайлович, Костюкевич Катерина Вікторівна, Самойлова Ірина Олександрівна, Христосенко Роман Васильович

(73) ІНСТИТУТ ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ

НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Колірний інтерферометричний детектор речовини у пробі, що складається із джерела білого світла, чутливої оптичної системи, яка включає підкладку з відбиваючого світло матеріалу та нанесений на її поверхню чутливий шар, і приймальної системи, який відрізняється тим, що приймальна система містить кольорову цифрову відеокамеру і комп'ютер

Винахід належить до області розробки оптико-електронних твердотільних сенсорних пристроїв для реєстрації реакції взаємодії між чутливим матеріалом і детектованою речовиною. Такі прилади дозволяють робити швидкий і економічний моніторинг навколишнього середовища, а також аналізувати в реальному масштабі часу склад продуктів харчової, фармацевтичної промисловості і виробничих відходів.

Відомий прилад для детектування аналіту на основі інтерференції світла United States Patent 5, 482, 830, Device and methods for detection of an analyte based upon light interference Boeard Gregory R. et al. January 9 1996, G01N 021/00 G01N 033/53 G01N 033/544, C12Q 00 1/00. Прилад містить багат шарову підкладку і шар чутливого матеріалу, який може специфічно зв'язуватися з хімічною, біохімічною або біологічною речовиною в пробі. Підкладка з шаром чутливого матеріалу виявляє інтерференційний сигнал певного кольору у відповідь на падаюче світло. При зв'язуванні чутливого матеріалу з аналітом у пробі відбувається модулювання забарвлення інтерференційного світлового потоку або зміна яскравості відбитого від конструкції світла. За змінами оптичних властивостей поверхні спостерігають візуально.

Істотним недоліком приладу при візуальному спостереженні за зміною оптичних властивостей чутливої поверхні є неможливість одержання кількісної інформації про детектований аналіт.

Відома інтерферометрична система для твердофазного імуноаналізу United States Patent 5, 422, 283, Solid-phase interferometric immunoassay system, Ismail, Ashraf, June 6 1995, G01N 033/53

G01N 033/552 G01N 033/546 G01N 21/45 G01N 21/55 G01B 009/02 з метою визначення в зразку антигену або антитіла одержують інтерферометричний сигнал від оптичного джерела використовуючи тверду підкладку, покриту антитілом або антигеном у якості чутливого матеріалу. Ділянку підкладки з антитілами занурюють у пробу і на ній відбувається утворення комплексу антитіло-антиген. Інтерферометричний сигнал, отриманий на вищевказаних шарах після проходження (або відбивання) крізь підкладку, записується й опрацьовується при довжині хвилі, що відповідає характеристичному поглинанню комплексу антитіло-антиген або мітки, введеної у цей комплекс.

До недоліків аналізованої інтерферометричної системи варто віднести звуження кола детектованих речовин до імунних реагентів (антитіло-антиген) та необхідність застосування мітки у комплексі антитіло-антиген, що робить процес детектування більш складним і дорогим. Крім того, аналіз інтерференційного сигналу на одній довжині хвилі знижує чутливість та селективність методики.

Найбільш близьким до інтерферометричного детектору, що заявляється, можна вважати сенсор для детектування речовини Germany Patent 40 33 357, Sensor zum Stoffnachweis, Gauglitz Gunter et al., April 23 1992, G01N 21/45, заснований на аналізі змін в інтерференції білого світла при відбиванні від підкладки з нанесеним на її поверхню тонким чутливим шаром під час взаємодії з ідентифікованим газом. Сенсор зроблено у вигляді роздвоєного хвилеводу, робоче плече якого містить шар полімеру в якості чутливого матеріалу.

(19) UA (11) 56652 (13) A

При одержанні селективної до певної речовини поліхроматичної характеристики враховують показник запомнення шару полімеру, його товщину і довжину, спроможність до захоплення газів і розбухання, а також легування хромофорами і флуорофорами. Основним елементом приймальної системи детектора є діодний лінійний спектрометр, вихідні дані якого аналізують в сполученні з певним методом розпізнавання образів.

Проте, до недоліків аналізованого сенсора належить звуження класу чутливих матеріалів, який обмежено використанням полімерів. Крім того, ускладнена конструкція чутливого елемента сенсора у результаті застосування роздвоєного хвилеводу замість плоскої твердої підкладки. І нарешті, необхідно використовувати спеціальне скануюче устаткування для запису поліхроматичного вихідного сигналу багатоелементного сенсорного пристрою, що являє собою набір паралельно розміщених інтерферометрів із різноманітними верхніми чутливими шарами. При цьому відбувається втрата швидкодії, збільшуються розміри приладу і росте його ціна.

Таким чином, аналіз приведених інтерферометричних сенсорних пристроїв показує, що не існує приладу, у котрому б оптимально сполучилися недорога і проста у виготовленні конструкція чутливого елемента з високою точністю і селективністю методу реєстрації вихідного сигналу для швидкого детектування речовин у різноманітних середовищах.

У основу винаходу, що заявляється поставлена задача підвищення точності розпізнавання, розділювальної здатності і швидкодії детектування багатокомпонентної суміші речовин при зниженні вимог до джерела випромінювання і спрощенні конструкції чутливого елемента, тобто здешевленні приладу.

Поставлена задача досягається тим, що в копірному інтерферометричному детекторі речовини у пробі, який містить джерело білого світла, чутливу оптичну систему, що включає підкладку з матеріалу, який відбиває світло та нанесений на її поверхню чутливий шар, застосовано приймальну систему, що складається з кольорової цифрової відеокамери та комп'ютера. Запропонована приймальна система дозволяє з високою точністю та швидкістю робити аналіз R, G, B характеристик копірного зображення зразка при використанні певного алгоритму і математичної моделі.

Авторами виявлено, що реєстрація вихідного сигналу детектора за допомогою цифрової відеокамери і подальшого математичного опрацювання по спеціально розробленому авторами алгоритму дає можливість із високим ступенем точності визначити інтенсивність інтерференційного світлового сигналу, причому не тільки для однієї, а і для трьох довжин хвиль одночасно (R, G, B компоненти), що підвищує точність розпізнавання речовини у пробі.

Застосування цифрової відеокамери в сполученні з комп'ютерним опрацюванням вихідних даних детектора призводить до істотного підвищення швидкодії приладу і дозволяє робити моніторинг навколишнього середовища в реальному масштабі часу.

Запропонований у винаході метод зчитування вихідної інформації, що полягає в одержанні кольорового зображення чутливого елемента детектора в цифровому вигляді, підвищує розділювальну здатність сенсора. Кожна точка такого зображення може в ідеалі стати окремим елементом сенсорного масиву, що відкриває величезні перспективи для детектування багатокомпонентних сумішей речовин. Водночас, конструкція чутливого елемента детектора істотно спрощується і буде являти собою тонкоплівковий багатоелементний масив різноманітних чутливих матеріалів, який сформовано на підкладці з матеріалу, що відбиває світло.

У даній методиці детектування вихідного сигналу сенсора знижені вимоги до джерела світла (інтенсивність випромінювання, спектральні характеристики), оскільки передбачена відносна оцінка оптичних характеристик чутливого елемента. Якщо додатково врахувати спрощення конструкції чутливого елемента і застосування відеокамери для запису оптичного сигналу, то можна говорити про істотне здешевлення сенсорного приладу, що заявляється у порівнянні з прототипом.

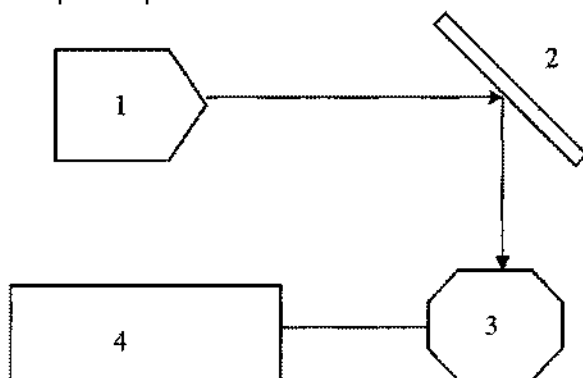
На фіг 1 - приведена блок-схема копірного інтерференційного детектора речовини у пробі, де 1 - джерело білого світла, 2 - чутливий елемент сенсора, що містить підкладку з матеріалу, який відбиває світло та нанесений на її поверхню чутливий шар, який змінює свої оптичні властивості під час взаємодії з цікавлячою речовиною, 3 - кольорова цифрова відеокамера, 4 - комп'ютер.

На фіг 2 - показана структура чутливого елемента і принцип роботи копірного інтерференційного детектора речовини у пробі, де 1 - підкладка, що відбиває світло, 2 - тонкий шар чутливого матеріалу, що має здатність до взаємодії з цікавлячою речовиною (аналітом), 3 - шар чутливого матеріалу під час взаємодії з аналітом, 4 - джерело білого світла, 5 - інтерференційний сигнал, отриманий на тонкому чутливому шарі при відбиванні від підкладки при відсутності аналіту, 6 - відбитий інтерференційний сигнал, отриманий на тонкому чутливому шарі під час його взаємодії з аналітом.

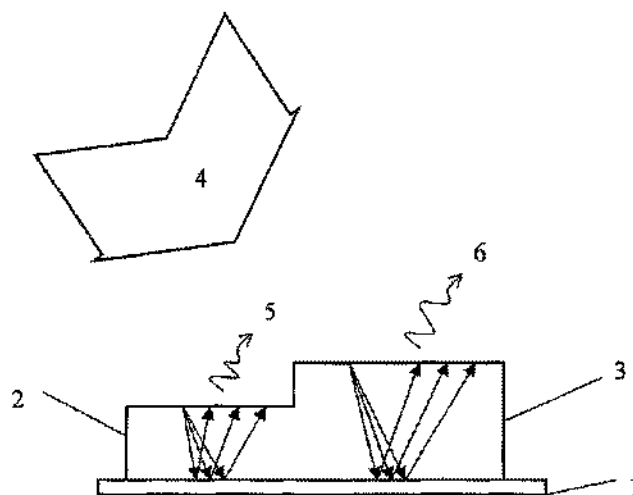
Детектор речовини, який заявляється у винаході, заснований на принципі порівняння сигналів, отриманих у результаті інтерференції білого світла на тонкому шарі чутливого матеріалу у відсутності аналізованої речовини та у момент взаємодії з ним (Шишовский А.А. Прикладная физическая оптика - М. Государственное издательство физико-математической литературы, 1961 - 822 с, Аззам Р, Башара Н. Эллипсометрия и поляризованный свет - М. Мир, 1981 - 583 с, Sandercock J. Film thickness monitor based on white light interference Phys. E: Sci. Instrum. 16 (1983), 866 - 870). У якості чутливих шарів, що мають здатність змінювати свої оптичні властивості при взаємодії з цікавлячою речовиною, може бути використане широке коло матеріалів: полімери (Polymer Surfaces and Interfaces, edited by W.J. Feast and H.S. Munro, John Wiley and Sons, NY, 1987, 453p), калексарени (Химия комплексов «гость-хозяин»: синтез, структуры и применение, под редакцией Ф. Фетгле и Э. Вебера - М. Мир, 1988 - 527с), організовані структури органічного (Ulman A. An intro-

duction to ultrathin organic films from Langmuir-Blodgett to self-assembly - San Diego, CA Academic Press, 1991 - 352p) і неорганічного (Успехи химии координационных соединений - Киев Наукова Думка, 1975 - 284с) походження, а також молекулярні органічні плівки, що проявляють властивості специфічної взаємодії (антитіло-антиген) (Protein Architecture Interacting Molecular Assemblies and Immobilization Biotechnology, edited by Yu Lvov and H Mohwald (2000), Marcel Dekker, Inc, New York) Для нанесення чутливих шарів на підкладку можна застосовувати різноманітні методи: напілювання, осадження, центрифугування або використовувати хімію самоорганізації

Відбитий від підкладки чутливого елементу сенсора сигнал інтерференції записується за допомогою кольорової цифрової відеокамери в комп'ютер. Далі, базуючись на трикомпонентній теорії кольорового зору (Шмаков П.В. Основы цветного и объемного телевидения - М. Советское радио, 1954 - 303с) і використовуючи математичне опрацювання даних по спеціально розробленому авторами алгоритму, проводиться аналіз зміни R, G, B характеристик кольорового зображення зразка. Отримані дані в сполученні з методом розпізнавання образів дозволяють ідентифікувати речовину



Фіг.1



Фіг.2