



2āī ð ĀĪ ÉŌĪ ĀĒ×, àèääāī ³è Í ĀĪ Óèðàĭ è
 Í àðĭ àèāñŷ ā nāè³ Ōāèèèāí ō³ (Ā³í í è÷÷èí à) 1932
 ðĭ eó. Çāè³í ÷èā Ēüā³āñüèèè í î è³ðāōĭ ³÷í èé ³í ñèðóó
 (1956). Ç 1959 ĭ ðāōp° ā ²í ñèðóó³ è³āāđĭ āðèèè
 Í ĀĪ Óèðàĭ è, ç 1981 — çāā. ā³āā³èĭ ĭ.
 Í áóèĭ ā³ ĭ ðāō³ ĭ ðèñāŷ÷āĭ ³ ñōāĭ ðāĭ í ð ñèñðāĭ
 ðā°ñòðāō³ĭ òā ĭ áðĭ áèè í àāñèāáèèð ñèāĭ àè³ā
 ĭ ³èđĭ àèāèðđĭ í í ĭ ĭ àèāĭ āĭ ðĭ í ĭ
 áàçè ĭ á÷èñèðāàèüĭ í ĭ òāōĭ ³èè,
 èð³ĭ āāĭ í ³è àèāèðđĭ í ³ò³.
 Çāñèóæāĭ èè ä³ŷ÷ ĭ áóèèè ³ òāōĭ ³èè Óèðàĭ è.
 Ēāóðāāð Āāðæāāĭ ĭ ĭ ðāĭ ³ĭ Óèðàĭ è ā āāèóç³
 ĭ áóèèè ³ òāōĭ ³èè (2007)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СЕНСОРИ

У зв'язку з закінченням Комплексної науково-технічної програми НАН України «Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб» на засіданні Президії НАН України 9 грудня 2009 р. зі звітною доповіддю виступила керівник програми академік НАН України Ганна Валентинівна Ельська. Зі співдоповідями виступили академік НАН України Юрій Ілліч Кундієв, чл.-кор. НАН України Олександр Євгенович Бєляєв, чл.-кор. НАН України Віталій Іванович Кальченко і академік НАН України Ігор Данилович Войтович. Останню співповідь у децю розширеному варіанті публікуємо. Порушені в ній проблеми характерні і для інших проектів цієї програми, а можливо й для інших програм. До речі, отримані по програмі «Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб» результати, високо оцінені Президією. Клопотання академіка Ельської продовжити фінансування програми ще на два роки з метою атестації і сертифікації розроблених сенсорів задоволено. Крім того, несподівано для всіх Президент НАН України академік Борис Євгенович Патон запропонував у зв'язку з важливістю цього науково-технічного напрямку зробити програму постійнодіючою.

Вражаючий розвиток мікроелектроніки, оптоелектроніки та комп'ютерної техніки за останні десятиріччя зробив можливим побудову нового покоління розумних сенсорів. Вони вирізняються невеликими габаритами, високою чутливістю, можливістю роботи з живими об'єктами. Такі сенсори не тільки сприймають ті чи інші сигнали, а й роблять глибоку складну їх обробку всередині приладу і видають готову інформацію споживачеві у зручній для нього

формі. Завдяки цьому нові інтелектуальні сенсори більш органічно вписуються в новітні високопродуктивні технології промислового та сільськогосподарського виробництва, медичної практики, наукових досліджень.

В результаті роботи за програмою «Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб» в Інституті кібернетики виконані дослідження стосовно декількох різновидів сенсорів, опуб-

ліковано чимало статей, отримано 12 патентів України, узагальнено світові досягнення в цій галузі у виданій у нас в Інституті кібернетики в кінці 2007 року монографії, яка в цьому році перевидана в Росії як підручник і продається в Інтернеті.

Ми розробили і виготовили самотужки п'ять різновидів інтелектуальних сенсорів, показаних на фото.

Перший з них — «Флоратест» — прилад для неінвазійної експрес-діагностики фотосинтезу рослин.

Він дає можливість автоматично спостерігати та фіксувати індукцію флуоресценції хлорофілу на живих листочках рослин безпосередньо в польових умовах. Порушення фотосинтетичного процесу можна виявити цим методом задовго до того, як стають помітними зміни зовнішнього вигляду рослин, і своєчасно на них реагувати. Прилад дає змогу здійснювати постійний та безпечний контроль за фізіологічним станом, розвитком рослин, за процесом фотосинтезу, що істотно підвищує ефективність інтенсивних технологій вирощування рослин. У виробничій практиці за допомогою такого приладу можна оптимізувати дози застосування гербіцидів, пестицидів, стимуляторів росту, внесених добрив тощо. Прилад дає можливість прискорити селекцію перспективних сортів рослин. Використовуючи види рослин, особливо чутливі до тих чи інших факторів зовнішнього середовища, можна своєчасно виявляти забруднення довкілля (повітря, ґрунтів, вод), що дуже важливо для охорони навколишнього середовища.

Нині спостереження індукції флуоресценції хлорофілу стало вже одним з важливих методів наукових досліджень з фізіології рослин, селекції, розробок новітніх технологій агрокультури. На біологічному факультеті Київського національного університету імені Тараса Шевченка підтверджено, що такий прилад є дуже

бажаним для підготовки фахівців з біохімії рослин та фотосинтезу.

Прилад пройшов апробацію в багатьох аграрних установах. Розроблено чимало методик оптимізації діагностики і вирощування виноградної лози, квітників, садових дерев. Попит на прилад доволі великий.

Другий сенсор — «Гемоглобінометр», який неінвазійно, тобто без травмування живої тканини, визначає концентрацію в ній такої важливої для життєдіяльності людського організму біоречовини, як гемоглобін.

Гемоглобінометр дає можливість також неінвазійно вимірювати ступінь кровонаповнення живої тканини, що потрібно в багатьох випадках діагностики та лікування травм, опіків, пухлин, рожистих та інших захворювань шкіри.

Сенсор уже понад рік проходить випробування в Чернігівському центрі радіаційного захисту і оздоровлення населення. Нижче наводиться останній відгук цього центру відносно його значимості.

«Портативний прилад для неінвазійного вимірювання концентрації гемоглобіну і кровонаповнення біотканини має великі перспективи щодо свого застосування в практичній медицині для скринінгового обстеження сільських мешканців з метою ранньої діагностики анемічних станів та подальшої діагностики патології, в тому числі онкологічної, що їх супроводжує. Враховуючи позитивні результати попередніх медичних випробувань приладу та вищевказану соціальну значимість проблеми, для вирішення якої він призначений, подальші дослідження в цьому напрямі мають добрі перспективи».

Третій сенсор — «Гемодинаміка» — призначений для дослідження стану мікроциркуляторної ланки системи кровообігу людини.

Саме ця ланка є центральною для постачання кисню і живлення до



Флоратест

кожної клітини нашого тіла і виведення від них відходів життєдіяльності. Багато хвороб, зокрема діабет, починається з невидимих порушень саме в цій ланці. Та, на жаль, методів і приладів для дослідження цієї ланки кровообігу сучасній медицині явно бракує. Тому розлади та порушення в мікросудинах виявляють лише тоді, коли захворювання зайшло доволі далеко, і його вже важче лікувати. Дія ліків та речовин, що впливають на стан мікроциркуляторного русла крові, контролюється лише на оціночному рівні, за побічними ознаками, бо прямо немає чим проконтролювати. Сенсор «Гемодинаміка» дає можливість визначити не тільки стан мікроциркуляторної ланки, а й її динамічні характеристики і здатність відновлюватись.

Випробування в Інституті ендокринології, Інституті медицини праці виявили велику зацікавленість в таких сенсорах. Поради лікарів були дуже корисними для вдосконалення сенсора.

Четвертий сенсор призначений для вимірювання концентрації газів, зокрема з метою ранньої діагностики ряду захворювань людини на основі аналізу повітря, що нею видихається.

Наприклад, в Інституті ендокринології за допомогою цього приладу був кількісно виявлений ацетон у хворих на діабет. Можна вимірювати концентрації й інших газів.

Проблемою таких сенсорів є те, що доводиться використовувати імпортовані чутливі елементи, бо вітчизняні відсутні. Але є надія, що вони скоро з'являться. Над цим зокрема працює Інститут загальної і неорганічної хімії НАН України.

П'ятий сенсор — «Плазмонотест» — заснований на явищі поверхневого плазмонного резонансу (ППР-сенсор).

Такі прилади мають надвелику чутливість до різних біохімічних процесів. Тому за їх допомогою можна буде проводити масовий повсякденний контроль харчів та різних середовищ на наявність шкідливих речовин, збудників хвороб тощо. Одним з прикладів є можливість оперативного виявлення вірусного лейкозу великої рогатої худоби з використанням лише однієї краплини молока або крові тварини. Це конче потрібно для недопущення розповсюдження серед людей ретровірусної інфекції, яка

Гемоглобінометр



може передаватись від тварини до людини через вживання молока. Основним заходом для подолання інфекційного лейкозу серед великої рогатої худоби є постійний моніторинг, діагностика корів, своєчасне вилучення хворих особин з гурту. ППР-біосенсори дають змогу постійно контролювати всіх тварин і оперативно виявляти захворювання на лейкоз з відносно невеликими затратами. А змінюючи сенсорний чіп та доповнюючи програмне забезпечення мікропроцесора, ППР-біосенсор можна швидко перепрофілювати на виявлення інших актуальних аналітів.

Розробкою ППР-сенсорів багато років займається Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАНУ. Ми пішли дещо іншим шляхом. У показаному приладі повністю відсутні рухомі частини. Тому він як портативний зможе працювати в польових умовах, на фермах.

Важливою передумовою застосування ППР-сенсорики є виробництво високоякісних підкладінок для

сенсорних чипів. Така підкладінка являє собою прозору пластинку з нанесеною на неї плівкою металу-плазмонносія.

Вона має бути високостабільною, забезпечувати отримання резонансної кривої ППР з достатньо вираженим мінімумом, можливість іммобілізації на неї широкої гами лігандів, необхідних для проведення специфічних аналітичних досліджень. Оскільки вітчизняних напрацювань з цього питання бракує, то в рамках програми довелось шукати шляхи вирішення й цієї проблеми. І тут допоміг багаторічний досвід розробки плівкових елементів надпровідникової електроніки. Завдяки йому значно вдосконалено технологію виготовлення високоякісних підкладінок для ППР-сенсорних чипів. Зокрема розроблена оптимізована технологія виготовлення підкладінок зі структурою ніобій-золото. Виявляється, що в низці випадків достатню чутливість сенсорних чипів можна отримати і на підкладінках зі структурою алюміній-оксид



Гемодинаміка



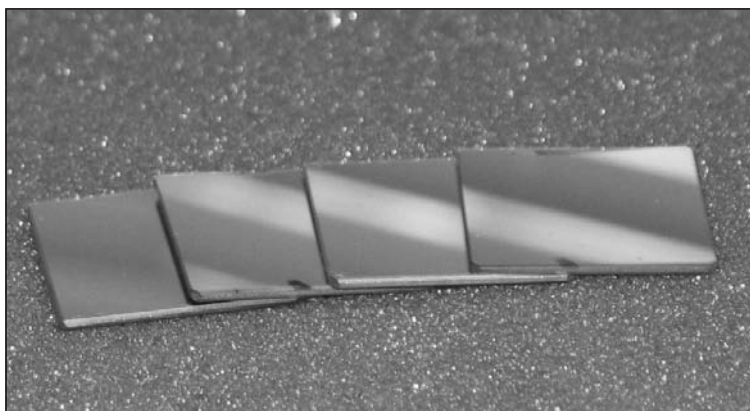
Газоаналізатори

алюмінію, які значно дешевші за підкладки з використанням золота. Показана також перспективність застосування для масових аналізів підкладок з додатковим шаром діелектрика. Хоча їх чутливість трохи менша за чутливість підкладок з золотом, механічні властивості значно вищі, і вони можуть багаторазово використовуватися без пошкоджень поверхні.

Крім перерахованих 5 різновидів інтелектуальних сенсорів, в Інституті кібернетики проводяться й інші розробки, дотичні до цього напрямку.



Плазмонотест



Підкладки для ППР-сенсорів

Зокрема нещодавно по проекту УНТЦ розроблено дослідний зразок сенсорної системи для керованого транспорту ліків на магнітних наночастинках.

Проведені дослідження на кролях. У вушну вену кроля вводили магнітні наночастинки, які кровотоком розносилися по організму тварини. В потрібному місці (наприклад, у нирці) вони фіксувались магнітним аплікатором. За допомогою надчутливого сенсора — СКВІД-магнітометра, побудованого на надпровідниках, проводилось стеження за процесом переміщення магнітних наночастинок. Передбачається, що на таких магнітних наночастинках у майбутньому будуть іммобілізовані ліки. Спільно з Національним інститутом раку намічено продовження цих досліджень стосовно лікування пухлин, спочатку у щурів, і перший такий спільний експеримент уже проведено.

Відомі роботи Інституту кібернетики по застосуванню надчутливих надпровідникових сенсорів для магнітокардіографічних досліджень. Цю роботу у 2007 році було відзначено Державною премією України в галузі науки і техніки.

Враховуючи досягнення Інституту кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України у прикладній надпровідності, в цьому році його прийнято членом Міжнародного консорціуму розробок і досліджень у галузі надпровідникових технологій.

Описані сенсори і сенсорні системи в Україні є тільки в одиночних авторських екземплярах, а потреба в них чимала. Про це свідчать відгуки спеціалістів у всіх установах, де вони демонструються. Але заодно виникають запитання, чи є на них відповідні сертифікати. Звичайно таких сертифікатів немає. Це складна і дорога проблема.

Перш за все необхідно, щоб сенсор був виготовлений не «на коліні»,



Сертифікат члена Міжнародного консорціуму

як у нас, а на підприємстві, яке його випускатиме. Але й після цього необхідно ще майже два роки, щоб отримати сертифікат, тим більше, що для медичного застосування їх має бути два — медичний і метрологічний, і необхідні чималі гроші — на кожен прилад тільки для бюрократичних потреб понад 100 тис. грн. Якщо знайдуться гроші, ми готові взятись за сертифікацію, аби тільки наші розробки пішли в діло.

Та сертифікати не вирішують проблему в цілому. Непросто знайти виробника, який би випускав сенсори серійно. Деякі сенсори, розроблені в Інституті кібернетики, готові випускати фірми в Китаї, Сінгапурі, Малайзії.

Але ж тоді Україні довелося б купувати їх в цих фірмах за валюту.