

ІНФОРМАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

про підсумки виконання науково-технічної програми

"Розробка науково-технічних методів, засобів і автоматизованих систем контролю параметрів напівпровідникових матеріалів, структур і приладів"



КОНЦЕПЦІЯ ПРОГРАМИ

Виробництво високотехнологічної конкурентоспроможної продукції не має сенсу, якщо при цьому не враховувати прийняті у світі технічні стандарти та стандарти якості. Більш того, інтеграція України у світове товариство неможлива без вирішення всіх питань в галузі стандартизації, сертифікації і захисту прав споживачів. В повній мірі ці вимоги відносяться також до одного із найбільш перспективних науково-технічних напрямів по створенню вітчизняної сенсорної продукції.

Аспект сертифікації набуває особливого значення в останній час, оскільки розвиток вітчизняних сертифікованих технологій є єдиною можливістю уникнути зайвих витрат на адаптацію продукції до світових ринків, захисту власних споживачів та товаровиробників. Проте в Україні на сьогодні відсутня міжнародна система контролю сертифікації в електронній промисловості, а використання старих стандартів не відповідає вимогам міжнародного ринку напівпровідникових матеріалів і приладів.

Суть сертифікації полягає в тому, що якість продукції незалежно від місця та часу її виготовлення визначається за єдиною процедурою з допомогою спеціальних засобів (еталонів та мір), параметри яких суворо контролюються державними органами. Створення в державі, наприклад, декількох сертифікаційних центрів для визначення якості напівпровідникових матеріалів, оптоелектронних виробів, сенсорів та сенсорних систем дозволить досягнути міжнародного рівня якості, що значно підвищить конкурентоспроможність вітчизняних виробів.

В економічно розвинених країнах світу система контролю параметрів матеріалів та сертифікації продукції є важливою складовою виробництва, яка забезпечує високу якість виробів, їх конкурентоспро-

можність і відповідну ціну. Зокрема, система сертифікації напівпровідникових матеріалів та виробів електронної техніки базується на міжнародних стандартах і реалізується розгалуженою структурою випробувальних лабораторій, що існують при провідних наукових та виробничих центрах. З розвитком науково-технічного прогресу розширюється номенклатура матеріалів, що потребують точного контролю параметрів і, як наслідок, розробки нових методик, унікального атестованого обладнання. Нагальною проблемою на сьогодні є розробка експресметодик для параметричного моніторингу в екології та промисловості.

Крім того, випробування і сертифікація потребують наявності висококваліфікованого персоналу.

Програма "Розробка науково-технічних методів, засобів і автоматизованих систем контролю параметрів напівпровідникових матеріалів, структур і приладів" має науково-прикладний характер і орієнтована на розробку та створення систем контролю параметрів матеріалів, електронної техніки, устаткування, засобів сертифікації і метрології в галузі сенсорної техніки. Мета програми знаходиться у руслі світових науково-технічних тенденцій: створення інтелектуальних технологій та міжнародна уніфікація виробництва промислових виробів, оптимізація технологічних процесів у промисловості та сільському господарстві.

Державний замовник програми — Національна академія наук (НАН) України. Орган управління виконанням програми — Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України (ІФН НАНУ). Основні виконавці програми — ІФН НАНУ та Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України (ІМФ НАНУ). У виконанні більшої частини проєктів брали участь 6 академічних установ, 4 університети та близько 15 галузевих установ.

Керівник програми — директор Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України чл.-кор. НАН України В.Ф. Мачулін, координатор програми — керівник Відділення технологій і матеріалів сенсорної техніки Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України чл.-кор. НАН України Є.Ф. Венгер.

Фактичні обсяги фінансування програми склалися 16 723,9 тис. грн., в тому числі на першому етапі (2001–2005 рр.) — 9 854,9 тис. грн.; на другому етапі (2006–2007 рр.) — 6 869,0 тис. грн.

По програмі виконано 26 проектів (Етап 1) і 22 проекти (Етап 2) за трьома основними напрямками-розділами. Нижче наведено основні результати, отримані за роки виконання проектів.

РЕЗУЛЬТАТИ

Розділ 1

РОЗРОБКА ДІАГНОСТИЧНИХ МЕТОДІВ, УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СТРУКТУРНИХ, ОПТИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ СЕНСОРНОЇ ТЕХНІКИ

ЕТАП 1

Проект "Розробка комплексу методів сертифікації кремнію та напівпровідникових структур на його основі в технологіях мікроелектроніки та перетворювачів сонячної енергії" (ІФН НАНУ; керівники — чл.-кор. НАН України В.Г. Литовченко, І.П. Лисовський).

Розроблена методика визначення концентрації ксено, що є преципітованим у Si—O-фазі пластин Cz—Si. Розроблена і створена установка для визначення довжини дифузії та часу життя нерівноважних носіїв заряду в кремнії. Проведена атестація зразків кремнію різного типу (монокристалічний, полі- та мультикристалічний), в тому числі, підданих обробкам, які є типовими для технології виготовлення перетворювачів сонячної енергії.

За проектом отримано експериментальний зразок приладу; опубліковано статей — 7, в тому числі в зарубіжних виданнях — 3; результати обговорено на 2 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка неруйнівних методів і засобів визначення і контролю основних параметрів фоточутливості інфрачервоних напівпровідникових матеріалів і структур та приладів на їх основі" (ІФН НАНУ; керівник — О.І. Власенко).

Створено макет установки для визначення та контролю оптичних і фотоелектричних параметрів напів-

провідників і приладних структур інфрачервоної фотоелектроніки. Розроблено методику вимірювання їх спектральних, температурних, електропольових, інтенсивнісних, кінетичних і стаціонарних характеристик фоточутливості, а також відбивальної здатності та нелінійного поглинання при дії імпульсного лазерного випромінювання. Визначено функціональні параметри багатокомпонентних вузькощілинних напівпровідників.

По проекту виготовлено експериментальний макет установки; опубліковано статей — 14, в тому числі в зарубіжних виданнях — 3; результати обговорено на 6 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка методів контролю локальної розподілу домішок і дефектів та їх впливу на властивості у складних сполуках A^3B^5 і A^2B^6 " (ІФН НАНУ; керівники — К.Д. Глинчук, О.Г. Коллюх).

Вдосконалено фотолоюмінісцентний метод контролю вмісту домішок і дефектів в сполуках A^3B^5 , A^2B^6 та визначення складу потрібної сполуки $Cd_{1-x}Zn_xTe$. Досліджено вплив ряду різних дефектів, домішок на властивості кристалів GaAs та CdTe. Визначено вплив різних термообробок на стан домішок та дефектів в таких кристалах. Запропоновано методику оцінки якості кристалів CdTe та $Cd_{1-x}Zn_xTe$ по їх опору і фоточутливості (добутку рухливості на час життя носіїв струму).

За проектом отримано патентів — 1; опубліковано статей — 12, в тому числі в зарубіжних виданнях — 11; результати обговорено на 6 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка методики діагностики якості об'ємних монокристалів оптичного германію по величині розсіювання інфрачервоного випромінювання" (ІФН НАНУ; керівник — Г.С. Пекар).

Вирішено проблему експресної діагностики якості об'ємних оптичних матеріалів за величиною розсіювання інфрачервоного випромінювання на локальних ділянках, а саме розроблено оригінальну методику та апаратуру для вимірювань величини розсіювання. За ступенем інформативності та експресності розроблена методика набагато перевищує раніше застосовувані способи діагностики оптичних матеріалів для інфрачервоної оптики і рекомендується для використання у лабораторних та промислових умовах з метою діагностики різних оптичних матеріалів. Розроблені методику та апаратуру впроваджено для діагностики монокристалів оптичного германію. Загальний обсяг експортованих кристалів оптичного германію з визначеною за розробленою методикою величиною розсіювання інфрачервоного випромінювання становить 500,0 тис. гривень.

Проект "Розробка експресної методики неруйнівної діагностики якості напівпровідникових люмінесцентних матеріалів" (ІФН НАНУ; керівник — О.Ф. Сингаївський).

Розроблено експресну методику та апаратуру для неруйнівної діагностики якості напівпровідникових люмінесцентних матеріалів, таких, як матеріали груп A^2B^6 , A^3B^5 , германій, кремній тощо. Високий ступінь експресності, а також конструктивна компактність установки дозволяють рекомендувати розроблені методику та апаратуру для використання у лабораторних та промислових умовах. Система реєстрації та цифрової обробки відеозображень є інваріантною стосовно джерела світіння і може бути використана при розробці методів вимірювань інших оптичних характеристик об'єктів, таких, як однорідність оптичного пропускання, відбивання, розсіювання тощо. Методику та апаратуру впроваджено для неруйнівної діагностики монокристалів оптичного германію оригінального хімічного складу, дрібносерійне виробництво яких налагоджено у інституті. Загальний обсяг експортованих кристалів оптичного германію з визначеним за розробленою методикою ступенем однорідності становить 200 тис. гривень.

Проект "Розробка технології виробництва високоомних монокристалів твердих розчинів $CdZnTe$ методом Бріджмена під високим тиском (БВТ)" (ІФН НАНУ; керівник — В.М. Томашик).

Запропонована методика синтезу однорідних за хімічним складом твердих розчинів $Cd_{1-x}Zn_xTe$ із вихідних елементів, встановлено технологічні режими синтезу шихти твердих розчинів. Розроблено метод вирощування монокристалів $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ($x = 0,04$) із власних розплавів під високим тиском інертного газу. Підібрано хімічні склади поліруючих і селективних травників для дослідження мікроструктури кристалів $Cd_{1-x}Zn_xTe$. Розроблено аналітичну методику визначення концентрації Zn в твердих розчинах $Cd_{1-x}Zn_xTe$. Створена установка для хімічної різки злиwkів $Cd_{1-x}Zn_xTe$ на пластини.

За проектом опубліковано 7 статей, в тому числі в зарубіжних виданнях — 4; результати обговорено на 2-х міжнародних конференціях.

Проект "Розробка експериментальної установки для оптичної діагностики випромінюючих середовищ у ближній ІЧ-області спектру на основі напівпровідників A^2B^6 з домішками перехідних металів" (ІФН НАНУ; керівник — чл.-кор. НАН України М.Я. Валах).

Створена установка для дослідження спектрів випромінювання в ближній інфрачервоній області 0,9—4 мкм на основі монохроматора МДР-12. Оптична

частина розробки включає систему збираючих дзеркал для фокусування випромінювання протяжних об'єктів на малі площадки напівпровідникових фотоприймачів Ge, PbS та PbSe. В системі реєстрації використано термоелектричне охолодження фотоприймачів та розроблений мініатюрний попередній підсилювач синхронно детектуємих сигналів. Апробація установки реалізована під час діагностики матеріалів A^2B^6 , легованих перехідними металами, які випромінюють в спектральній області 1,5—3 мкм.

Отримані результати свідчать про високу чутливість та роздільну здатність виготовленої установки в даному діапазоні.

Проект "Розробка методів контролю параметрів напівпровідникових детекторів іонізуючого випромінювання" (ІФН НАНУ; керівник — Д.В. Корбутяк).

Розроблений і введений в дію високочутливий люмінесцентний метод діагностики напівпровідникових матеріалів з точки зору їх придатності для виготовлення детекторів іонізуючого випромінювання та методи контролю параметрів детекторів в процесі їх експлуатації в дозиметричних приладах. Запропонований метод є безконтактним, експресним і може бути використаний для відбраковки "некондиційних" заготовок детекторів на початковій стадії їх виготовлення.

За проектом опублікована монографія; виготовлено експериментальний зразок установки; опубліковано статей — 21, в тому числі в зарубіжних виданнях — 3; результати обговорено на 2 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка методів та обладнання для безконтактного вимірювання мікрохвильової фотопровідності у напівпровідникових матеріалах у Q-діапазоні" (ІФН НАНУ; керівник — С.М. Лукін).

Розроблено, виготовлено та захищено патентом на корисну модель НВЧ-резонатор для вимірювання ЕПР та фотопровідності. Розроблено та виготовлено джерело НВЧ-випромінювання 8 мм діапазону підвищеної потужності для вимірювання фотопровідності напівпровідників. Створена установка для реєстрації фотопровідності безконтактним методом. Обладнання апробовано при вимірюванні часових залежностей фотопровідності у високочистих зразках карбиду кремнію.

За проектом отримано патентів — 1; виготовлено експериментальних зразків приладів — 2; опубліковано статей — 4, в тому числі в зарубіжних виданнях — 4; результати обговорено на 4 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка високоенергетичних спектральних методів сертифікації неупорядкованих структур" (ІФН НАНУ; керівник — акад. НАН України А.П. Шпак).

Адаптовано методику EXAFS-експерименту за допомогою Фур'є-перетворення для виділення внеску окремих координаційних сфер для обробки експериментальних спектрів. Розроблена методика дозволить вивчати структуру неупорядкованих систем та наносистем, що іншими методами зробити неможливо. Створено нову методику обробки рентгенівських плівок та пластин з використанням сучасної комп'ютерної техніки, що дозволяє істотно скоротити витрати часу на метрування плівки. Методика може бути використана у рентгенівській емісійній спектроскопії, дифрактометрії, структурному аналізі і для будь-якого сучасного фізичного експерименту, де необхідно проводити метрування плівок та пластин.

За проектом виготовлено експериментальних зразків приладів — 2; опубліковано статей — 2; результати обговорено на 4 міжнародних конференціях.

Проект "Створення вимірювального комплексу для електрофізичної діагностики матеріалів для напівпровідникових сенсорів іонізуючого випромінювання" (ІФН НАНУ; керівник — В.М. Бабіч).

Створено вимірювальний комплекс для визначення основних електрофізичних параметрів напівпровідникових матеріалів, що базується на методиці ефекту Холла при поєднанні з методикою вивчення пезогальваноманітних ефектів в умовах одновісної механічної деформації. Вимірювальний комплекс дозволяє проводити дослідження в магнітних полях 0...2 Тл при використанні широкого діапазону температур 4,2...300 К та механічних напружень в межах 0...1,5 ГПа, а також в умовах освітлення зразка.

За проектом виготовлено експериментальний комплекс; опубліковано статей — 6, в тому числі в зарубіжних виданнях — 2; результати обговорено на 2 міжнародних конференціях.

ЕТАП 2

Проект "Одержання та паспортизація еталонного ряду монокристалічних зразків і реалізація методики експрес-вимірювань величини інтегрального розсіювання випромінювання в кристалах германію" (ІФН НАНУ; керівник — Г.С. Пекар).

За допомогою розробленого оригінального технологічного методу вирощування кристалів оптичного германію виготовлено еталонний ряд зразків діаметром 30 мм з питомим електричним опором від 4 до 40 Ом·см при дискретності опору 4 Ом·см. Проведено паспортизацію еталонних зразків за значеннями 8 фізичних параметрів. Розроблено експресну методику діагностики якості об'ємних монокристалів оптичного германію за величиною розсіювання інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі, що лежить у

діапазоні практичного застосування оптичного германію (2—11 мкм). Створені еталонний ряд і методика експрес-вимірювань впроваджено для неруйнівної діагностики пластин оптичного германію, який експортовано за міжнародним контрактом на загальну суму 375,0 тис. гривень.

Проект "Розробка люмінесцентних методів діагностики поверхні та мікронеоднорідностей наноструктур на основі напівпровідникових сполук A^2B^6 , A^3B^5 " (ІФН НАНУ; керівник — Д.В. Корбутяк).

Розроблено метод діагностики мікронеоднорідностей квантових ям в напівпровідникових надгратках методом поляризованої фотолюмінесценції. Метод ґрунтується на вимірюванні кутової залежності ступеня лінійної поляризації екситонної фотолюмінесценції та узгодження експериментальних залежностей з розрахованими теоретично. Встановлено, що лінійна поляризація, викликана коругованістю інтерфейсу, спостерігається при детектуванні фотолюмінесценції навіть в напрямку, перпендикулярному до поверхні зразка, коли дія інших механізмів поляризації відсутня.

За проектом отримано патентів — 1; виготовлено експериментальний зразок установки; опубліковано статей — 8, в тому числі в зарубіжних виданнях — 2; результати обговорено на 2 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка лазерного віброметра для вимірювання коливань поверхні з надвисокою чутливістю" (ІФН НАНУ; керівник — Ю.Г. Серьожкін).

Розроблено та створено макетний зразок лазерного віброметра з енергетичною чутливістю $2 \cdot 10^{-17}$ Вт/Гц та рівнем шуму менше 0,01 нм для смуги частот $0 \text{ Гц} < f < 10 \text{ КГц}$. За допомогою віброметра досліджено коливання суцільних поверхонь, ансамблів частинок наномікронних розмірів та поверхонь біологічних об'єктів. За такими параметрами, як енергетична чутливість і відношення сигнал/шум, розроблений віброметр перевершує зарубіжні аналоги (рис. 1).

За проектом виготовлено експериментальний зразок віброметра; опублікована 1 стаття в зарубіжному виданні; результати обговорено на 2 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка експресної методики неруйнівної діагностики величини направлено пропускання інфрачервоного випромінювання в кристалах германію" (ІФН НАНУ; керівник — О.Ф. Сингаївський).

Створено оригінальну методику експресної діагностики якості об'ємних монокристалів оптичних матеріалів по величині направлено пропускання інфрачервоного випромінювання, розроблено та виготовлено апаратуру для вимірювань направлено пропускання інфрачервоного випромінювання у оптичному германії. За ступенем точності та експресності розроблена

методика вимірювань набагато перевищує раніше застосовувані способи діагностики оптичних матеріалів для інфрачервоної оптики. Розроблені методику та апаратуру впроваджено для неруйнівної діагностики монокристалів оптичного германію, дрібносерійне виробництво яких налагоджено у інституті.

Загальний обсяг експортованих кристалів оптичного германію з визначеною за розробленою методикою величиною світлорозсіювання становить 1,5 млн. гривень.

Проект "Розробка високочутливих методів рентгеноакустичної та АСМ-діагностики пружно-деформованого стану кристалів та гетероструктур" (ІФН НАНУ; керівники — чл.-кор. НАН України В.Ф. Мачулін, В.П. Кладько).

Розроблені комплексні методи контролю структурних параметрів як матеріалів, так і виробів мікрота наноелектроніки. Розроблено методики Х-дифрактометрії, тензометрії кристалів та гетеросистем, алгоритми та програмне забезпечення для розрахунку та графічного представлення результатів. Такі методи є першими не лише в Україні, але й за кордоном.

За проектом виготовлено експериментальних зразків приладів — 2; опубліковано статей — 13, в тому числі в зарубіжних виданнях — 8; результати обговорено на 9 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка методів сертифікації та атестації кальцій-фосфатних матеріалів для імплантатів" (ІФН НАНУ; керівник — К.М. Калабухова).

Розроблено вимоги та технічну базу для сертифікації та атестації матеріалів перспективних для імплантатів методами електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) та інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії. Отримані дані з сертифікації та атестації кальцій-фосфатних матеріалів і біоморфного карбиду кременію методами ЕПР та ІЧ-спектроскопії дозволили встановити залежність структури, домішкового та політипного складу матеріалу від технології його отримання.

За проектом опубліковано статей — 2; результати обговорено на 3 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка та створення приладу для контролю внутрішніх напружень в непрозорих матеріалах та конструкціях" (ІФН НАНУ; керівник — Б.К. Сердега).

Розроблений та виготовлений лазерний тензометр — прилад для реєстрації лінійної та циркулярної анізотропії в прозорих та непрозорих середовищах, функціонування якого здійснюється на основі оригінальної технології модуляції поляризації електромагнітного випромінювання. Проведено функціональне випробування приладу на вимірюванні внутрішніх механічних напружень у матеріалах та конструкціях у зразках з

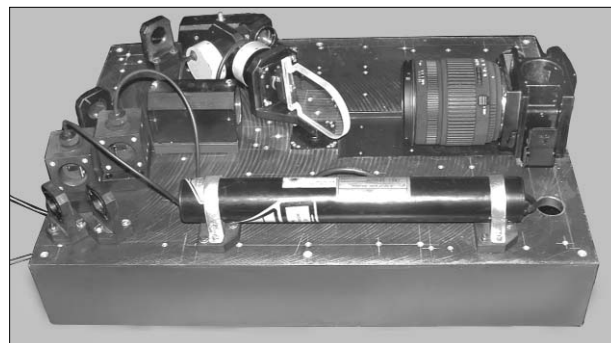


Рис. 1. Лазерний віброметр для вимірювання коливань поверхні з надвисокою чутливістю



Рис. 2. Лазерний тензометр для вимірювання просторового розподілу та величини механічних напружень в матеріалах

контрольованими величиною та просторовим розподілом величини механічного напруження (рис. 2).

За проектом отримано патентів — 2; виготовлено експериментальних зразків приладів — 2; опубліковано статей — 9, в тому числі в зарубіжних виданнях — 2; результати обговорено на 2 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка комплексних методів оптичної та магніторезонансної діагностики опто- та спінелектронних наноструктур Ge/Si та A^3B^5 , сформованих методами самоорганізації" (ІФН НАНУ; керівник — чл.-кор. НАН України М.Я. Валах).

Розроблено метод комплексного визначення компонентного складу та пружної деформації з точністю до 2 % в напівпровідникових наноструктурах Ge/Si, A^2B^6 та A^3B^5 та кристалах SiC на основі аналізу спектрів комбінаційного розсіювання світла, фотолюмінесценції та електронного парамагнітного резонансу. Перевагами розробки є висока локальність діагностики (~ 1мкм), порівняно, наприклад, з визначенням напружень мето-

дом традиційної рентгенівської дифракції, та неруйнівний характер вимірювань компонентного складу.

За проектом опубліковано статей — 4; результати обговорено на 5 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка методів та устаткування оптичної діагностики нанорозмірного Si" (ІФН НАНУ; керівники — чл.-кор. В.Г. Литовченко, І.П. Лісовський).

Розроблена методика визначення структурних характеристик оксидної матриці з вбудованими *nc*-Si частинками на базі ІЧ-спектроскопії. Виготовлена установка для вимірів фотолюмінісценції зразків з нанорозмірним Si. Розроблено метод визначення розмірів та їх розкиду для *nc*-Si частинок за результатами вимірів спектрів фотолюмінісценції. Проведена атестація нанокристалічного кремнієвого матеріалу різного типу.

За проектом отримано експериментальний зразок приладу; опубліковано статей 5, в тому числі в зарубіжних виданнях — 2; результати обговорено на міжнародній конференції.

Проект "Розробка комплексних методів діагностики властивостей кисень- та халкогенмісних систем зі змінним типом провідності" (ІМФ НАНУ; керівник — В.М. Уваров).

Створено діагностичний комплекс для досліджень електронної структури складних кисень- і халкогенвмісних з'єднань. Комплекс складається з автоматизованого спектрометра реєстрації флуоресцентних рентгенівських спектрів і створеного обчислювального кластеру на базі декількох персональних комп'ютерів підвищеної потужності з метою розподілу обчислень зонної структури кристалів, що істотно підвищило якість досліджень електронної будови кристалів і заклало основу для розрахунків з'єднань складної структури й складу, включаючи наноплівки й нанопорошки.

З використанням нових можливостей експериментально й теоретично вивчена електронна структура з'єднань LnNi_3 ($\text{Ln} = \text{Nd}, \text{Gd}$) і Cu_2MGe_4 ($\text{M} = \text{Mn}, \text{Cd}$). Отримано відомості про зонну структуру, зарядові та спінові стани атомів у складі цих з'єднань.

За проектом виготовлено експериментальних зразків приладів — 2; опубліковано статей — 1, результати обговорено на міжнародній конференції.

Розділ 2

РОЗРОБКА ФІЗИКО-ХІМІЧНОГО АНАЛІТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ, ЗАСОБІВ АТЕСТАЦІЇ, СЕРТИФІКАЦІЇ І МЕТРОЛОГІЇ МІКРО- ТА ОПТОЕЛЕКТРОННИХ СЕНСОРІВ, ПРИЛАДІВ ТА СЕНСОРНИХ СИСТЕМ

ЕТАП 1

Проект "Автоматизований пристрій для вимірювання вольт-амперних характеристик та їх по-

хідних субмікронних напівпровідникових приладних структур" (ІФН НАНУ; керівник — Р.В. Коначова).

Створено автоматизований пристрій для вимірювання вольт-амперних характеристик (ВАХ) та їх похідних субмікронних напівпровідникових структур (*p-n*-переходів, діодів Шоттки, польових транзисторів типу НЕМТ, омічних контактів) в інтервалі температур 77—1 000 К при підтримці температури не гірше ± 1 °С. Розроблено та апробовано в експерименті методику обробки ВАХ діодних структур та омічних контактів.

За проектом виготовлено експериментальний зразок пристрою; опубліковано статей — 6, в тому числі в зарубіжних виданнях — 3; результати обговорено на 8 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка технології і створення зразкового датчика ультрафіолетової радіації для метрологічних контрольно-вимірювальних засобів" (ІФН НАНУ; керівник — С.Ю. Павелець).

Вперше в Україні створені фізичні, технологічні та конструкторські засади виготовлення зразкового датчика ультрафіолетової радіації на основі сполук CdS. Більш жорсткі вимоги до експлуатаційних параметрів метрологічних датчиків поставили вимогу розробки принципово нової технології по їх виготовленню. Розроблена технологія дозволила отримати датчики з високою чутливістю та стабільністю, що засвідчено головною метрологічною організацією Росії — ГНМЦ ВНИИ ОФИ (м. Москва). Створені метрологічні датчики необхідні для вимірювання дози ультрафіолетового випромінювання і відповідають рівню світових стандартів.

За проектом виготовлено експериментальних зразкових датчиків — 30; опубліковано статей — 4, в тому числі в зарубіжних виданнях — 1; результати обговорено на 3 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка нових методик атестації і сертифікації оптоелектронних та мікроелектронних біосенсорів з застосуванням растрової електронної мікроскопії та рентгенівської фотоелектронної спектроскопії" (ІФН НАНУ; керівники — Ю.М. Ширшов, І.А. Кошиц).

Розроблено, виготовлено та протестовано аналітичні газові системи, на основі яких створено лабораторний стенд 8-канальної газоаналізаторної сенсорної системи типу "електронний ніс". Для керування експериментом та для розпізнавання хімічних образів сумішей газів розроблено оригінальне програмне забезпечення на основі алгоритмів математичної статистики. Прилад дозволяє створити бази даних для широкого спектру запахів і провести їх ідентифікацію. Тестування сенсорної системи на базах даних

легких органічних сполук таких, як толуол, бензол, хлорбензол, хлороформ, ацетон, бутилацетат, аліфатичні спирти показало, що загальний результат "вдалого" розпізнавання програмою-класифікатором складає 92–95 %. Сенсорна система може бути застосована службами екологічного контролю, в медицині, парфумерії, хімічній та харчовій промисловості та в інших сферах.

За проектом отримано патентів — 1; виготовлено експериментальних зразків приладів — 4; опубліковано статей — 8, в тому числі в зарубіжних виданнях — 3; результати обговорено на 7 міжнародних конференціях.

Проект "Рентгеноспектральна методика і апаратура для контролю хімічного складу в ході технологічного процесу" (ІФН НАНУ; керівники — чл.-кор. НАН України В.Ф. Мачулін, І.В. Прокопенко).

Розроблено та виготовлено універсальний блок комп'ютерного управління рентгеновським дифрактометром типу ДРОН-3, що дозволяє створювати завершені апаратно-програмні рентгено-дифрактометричні комплекси з повним комп'ютерним управлінням. Реалізовано методики скануючої зондової мікроскопії для картографування змін локального хімічного складу (роздільна здатність ~0,1 нм) на поверхні напівпровідникових наноструктур. Дані методики є експресними, неруйнівними і не мають аналогів в Україні.

За проектом виготовлено експериментальний зразок приладу; опубліковано статей — 7, в тому числі в зарубіжних виданнях — 4; результати обговорено на 7 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка медичного терморадіометра для офтальмології та хірургії" (ІФН НАНУ; керівник — А.І. Липтуга).

Розроблено радіометр, який дозволяє без застосування холодоагентів проводити термодіагностику об'єктів, що мають температуру на рівні температури людського тіла. Це дає можливість використання його в біології та медицині, особливо в таких її напрямках, як офтальмологія та лазерна хірургія. На основі застосування напівпровідникових модуляторів розроблено принципово новий підхід до реєстрації низькотемпературного теплового випромінювання, що відкриває нові перспективи побудови високонадійних систем безконтактної температурної діагностики з неселективною електронною модуляцією ІЧ-випромінювання, їх роботу в реальному масштабі часу, сучасний рівень автоматизації та високу точність вимірювань (на рівні $\pm 0,15$ °С).

За проектом отримано патентів — 1; виготовлено експериментальний зразок приладу; опубліковано статей — 2.

Проект "Розробка багатоканального фотометра для діагностики інфекційних захворювань людини" (ІФН НАНУ; керівники — О.Г. Коллюх, В.М. Шапар).

Розроблено та виготовлено макет багатоканального фотометра для оптоелектронних і аглютаційних вимірювань при проведенні експрес-аналізів крові людини: розроблені основні електронні та оптичні модулі фотометру. При розробці відповідних тестових хімічних реагентів створені модулі дозволяють налагодити випуск високоякісної вітчизняної медичної апаратури на рівні кращих світових зразків для експресного дослідження інфекційних захворювань людини.

За проектом опубліковано статей — 1.

Проект "Розробка методу та створення дослідного зразка приладу для сертифікації деформованого стану в напівпровідникових матеріалах та приладах" (ІФН НАНУ; керівник — Б.К. Сердега).

Розроблено новий спосіб аналізу стану поляризації випромінювання, що базується на принципі модуляції його поляризації. Спосіб базується на використанні циркулярно поляризованої компоненти випромінювання, яка за своїми динамічним діапазоном, лінійністю та чутливістю до величини анізотропії є найбільш інформативною з точки зору використання в практичних розробках. Розроблено та створено експериментальний зразок приладу для вимірювання величини та просторового розподілу механічних напружень в матеріалах.

За проектом отримано патент; виготовлено експериментальний зразок приладу; опубліковано статей — 2, в тому числі в зарубіжних виданнях — 2; результати обговорено на 2 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка конструкції та технології виготовлення високотемпературних КМОП ІС на КНІ-структурах для систем збирання та обробки інформації" (ІФН НАНУ; керівники — чл.-кор. НАН України В.С. Лисенко, О.М. Назаров).

Розроблено технологію отримання пластин кремній-на-ізоляторі з одношаровими та багатшаровими SiO_2 - Si_3N_4 внутрішніми діелектриками методом зонної лазерної рекристалізації шарів полікремнію. Виготовленні КМОП інтегральні схеми, здатні працювати при температурах до 250 °С.

За проектом отримано: патентів — 1; виготовлено експериментальних зразків КМОП ІС — 5; опубліковано статей — 8, в тому числі в зарубіжних виданнях — 5; результати обговорено на 5 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка методів дослідження енергетичної структури, зарядових і спінових станів атомів в оксидних системах" (ІМФ НАНУ; керівник — В.М. Уваров).

Розроблена прецизійна методика сканування рентгенівських флуоресцентних спектрів. Створено керуючі модулі й програми для персонального комп'ютера, що керує експериментом. Оптимізовано обчислювальний комплекс й обчислювальні процедури для проведення розрахунків зонної електронної структури складних оксидних сполук.

З використанням нових обчислювальних й експериментальних можливостей вперше виконано зонні розрахунки й досліджено електронну структуру нікелатів та ванадитів лантанодів.

За проектом виготовлено експериментальних зразків приладів — 2; опубліковано статей — 3; результати обговорено на 2 міжнародних конференціях.

ЕТАП 2

Проект "Розробка технології і створення варизонних датчиків ультрафіолетової і видимої радіації для метрологічних контрольно-вимірвальних засобів" (ІФН НАНУ; керівник — С.Ю. Павелець).

Розроблена технологія виготовлення датчиків з розширеною областю спектральної чутливості (до довжини хвилі $\gamma = 720$ нм) на основі фотоелектричних перетворювачів $Cu_{1,8}SCdSe$ з варизонними шарами. Високого рівня fotocутливості, порогових характеристик, рівномірного розподілу fotocутливості по поверхні датчика збільшеної площини (120 мм^2) і стабільності параметрів досягнуто завдяки розробці технології виготовлення нових матеріалів: варизонних шарів на основі сполук A^2B^6 . Створений метрологічний датчик на основі тестування в ГНМЦ ВНИИ ОФИ (м. Москва) визнаний придатним до застосування в якості засобу вимірювання ультрафіолетової і видимої радіації в медицині, сільському господарстві, екології, астронавігації і т. ін.

За проектом виготовлено експериментальних датчиків — 8; опубліковано статей — 2, в тому числі в зарубіжних виданнях — 1; результати обговорено на міжнародній конференції.

Проект "Розробка багатофункціонального вимірального метрологічного комплексу" (ІФН НАНУ; керівник — чл.-кор. НАН України П.Ф. Олексенко).

Згідно з вимогами державного стандарту ДСТУ-3215 виконано державну метрологічну атестацію автоматизованого вимірального комплексу параметрів оптронних приладів і сенсорів АВК-ПОС. Розроблені та затверджені державною метрологічною службою методи та засоби повірки АВКПОС, отримані Акт-висновок метрологічної експертизи, протокол та програма метрологічної атестації, свідоцтво про метрологічну атестацію АВКПОС за № 06-273 від 24.12.2007 р.

За проектом атестовано експериментальний зразок комплексу; результати обговорено на міжнародній конференції.

Проект "Розробка методів та пристроїв діагностики магніточутливих сенсорних систем" (ІФН НАНУ; керівник — А.І. Ліптуга).

Розроблено метод та створено прилад для тестування інформації, записаної на магнітних носіях. Прилад дозволяє відновлювати інформацію із зіпсованих магнітних носіїв навіть при сильному їх термічному або механічному пошкодженні (коли сигнал, що тестується, знаходиться на рівні шумів магнітного поля). Прилад може використовуватись в системах дешифровки інформації, яка записується в навігаційних приладах авіа- або космічних апаратів.

За проектом отримано експериментальний зразок приладу.

Проект "Розробка дозиметричних систем високої точності з використанням нового класу парамагнітних сенсорів іонізуючого випромінювання" (ІФН НАНУ; керівники — О.А. Бугай, В.М. Максименко).

Запропоновано нові технологічні засоби виготовлення однорідних і ізотропних таблеток для ЕПР-дозиметрії. Найбільш перспективною виявилася технологія ультразвукового подрібнення і перемішування розчину аланіну і парафіну у бензині, з якого пресуються таблетки. Цей технологічний процес може бути вибрано для виробництва дозиметричних датчиків для застосування у ЕПР-дозиметрії середніх доз (1–10 Gy) опромінення. Визначено основні властивості і параметри дозиметричних таблеток.

За проектом виготовлено 198 дозиметричних таблеток. Результати обговорено на міжнародній конференції.

Проект "Розробка біосенсорної системи сертифікації зерна та зернопродуктів щодо вмісту забруднювачів мікробіологічного та хімічного походження" (ІФН НАНУ; керівник — Б.А. Снопок).

Розроблено і виготовлено прототип інтелектуальної системи активного моніторингу стану зернопродуктів "GRAINOSE", що поєднує модуль активної термометрії (масив розподільних датчиків температури з системою формування температурного профілю) та блок хімічного аналізу на основі сенсорного масиву п'єзо-кварцових резонаторів (рис. 3). Результати тестування зразків щодо відхилень від еталонних зразків свідчать про можливість надійно встановлювати стадію самозигрівання та його причини й вчасно вжити необхідних заходів щодо подальшої обробки й зберігання зерна.

За проектом отримано патентів — 1; виготовлено експериментальний зразок приладу; опубліковано

статей — 1; результати обговорено на 3 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка методів та апаратно-програмного комплексу для прогнозування надійності НВЧ напівпровідникових приладів" (ІФН НАНУ; керівник — Р.В. Коцакова).

Розроблені методика та апаратно-програмний комплекс для вимірювання параметрів НВЧ напівпровідникових приладів. Розроблені інформативні параметри для прогнозування відмов діодів Ганна. Метод прогнозування надійності контактів до діодів Ганна, впроваджений в ДП НДІ "Оріон", дозволив на 1,5–2 порядки підвищити надійність роботи діодів Ганна.

За проектом виготовлено експериментальний зразок комплексу; опубліковано статей — 5, в тому числі в зарубіжних виданнях — 2; результати обговорено на 6 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка та виготовлення контрольованих наноструктурних зборок для екоаналітичного моніторингу" (ІМФ НАНУ; керівник — акад. НАН України А.П. Шпак).

Розроблено серію контрольованих наноструктурних зборок на основі апатитів кальцію. Вперше досліджено вплив переходу кристала в ультрадисперсний стан на фізичні властивості, зокрема рентгенівські спектри. Встановлено, що нанорозмірні кристали апатиту мають високу сорбційну здатність. Запропоновано методику селективного видалення радіонуклідів та важких металів з водних розчинів та створення сенсорних пристроїв для екоаналітичного моніторингу. Досягнуто домовленість з представниками підприємства "УКРЫТИЕ" про використання запропонованої методики у зоні відчуження (Чорнобиль).

За проектом опубліковано статей — 3, в тому числі в зарубіжних виданнях — 1; результати обговорено на 6 міжнародних конференціях.

Розділ 3

СТВОРЕННЯ ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЦЕНТРІВ ДІАГНОСТИКИ, СЕРТИФІКАЦІЇ І МЕТРОЛОГІЇ МАТЕРІАЛІВ, СЕНСОРІВ, ПРИЛАДІВ ТА СЕНСОРНИХ СИСТЕМ

ЕТАП 1

Проект "Розробка методик та створення вимірвальних засобів для контролю та сертифікації оптичних приладів і сенсорів на їх основі" (ІФН НАНУ; керівник — чл.-кор. НАН України П.Ф. Олексенко).

Вперше в Україні створено автоматизований вимірвальний-аналітичний комплекс для оперативного метрологічного забезпечення серійного виробництва,

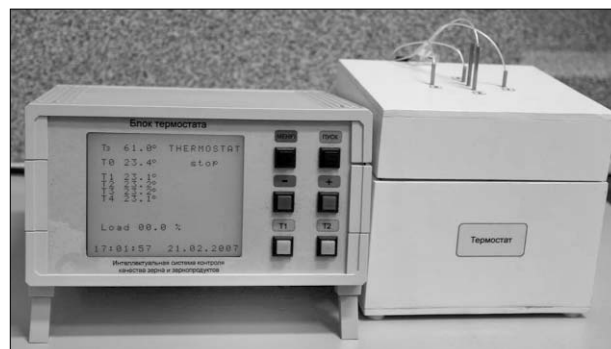


Рис. 3. Біосенсорна система контролю якості зерна

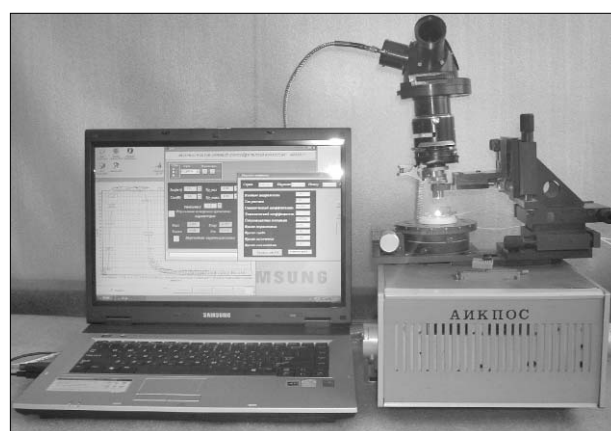


Рис. 4. Багатофункціональний вимірвальний-аналітичний комплекс для контролю та атестації оптичних приладів

розробки та дослідження оптичних приладів широкого номенклатури. Комплекс забезпечує високопродуктивне виконання операцій широкодіапазонних вимірювань, збору, візуального представлення і спостереження трьох груп основних параметрів оптичних приладів (статичних, диференціальних, часових), за сукупністю показників не має аналогів в країнах СНД і суттєво перевищує відомі вузькоспеціалізовані вимірвальні засоби подібного призначення (рис. 4).

За проектом виготовлено експериментальних зразків комплексу — 2; опубліковано статей — 3; результати обговорено на 2 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка метрологічного забезпечення напівпровідникових сенсорів. Розробка і створення автоматизованого стенду для градування, перевірки, метрологічної атестації і сертифікації термодіодних сенсорів температури на діапазон температур 4,2–473 К" (ІФН НАНУ; керівник — В.Ф. Мітін).



Рис. 5. Центр випробувань фотоперетворювачів та фотоелектричних батарей

Розроблено, виготовлено та налагоджено автоматизований метрологічний комплекс для прецизійного тестування та калібрування сенсорів температури в діапазоні 1,5–350 К. Проведені комплексні дослідження похибок вимірювання та калібрування. Досліджено метрологічні характеристики різноманітних термометрів опору, діодних сенсорів, температури та багатофункціональних сенсорів, призначених для одночасного вимірювання температури і магнітного поля.

За проектом виготовлено метрологічне обладнання — 1; опубліковано статей — 6, в тому числі в зарубіжних виданнях — 5; результати обговорено на 10 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка комплексу сертифікації фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії (ФПСЕ)" (ІФН НАНУ; керівники — А.П. Горбань, Б.М. Романюк).

Вперше в Україні створено Центр випробувань фотоперетворювачів та батарей фотоелектричних, акредитований Державним комітетом України з питань технічного регулювання та споживчої політики на право здійснення випробувань електричних і фототехнічних параметрів фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії (елементів, модулів, батарей). Основою Центру є розроблена в рамках проекту уні-

кальна стендова база, атестована Національним науковим центром "Інститут метрології" Держспоживстандарту України (рис. 5).

За проектом розроблені і виготовлені три автоматизовані вимірювальні установки з комплектами відповідної технічної і програмно-методичної документації; опубліковано статей — 8, у тому числі в зарубіжних виданнях — 3; результати обговорені на 3 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка автоматизованих вимірювально-обчислювальних комплексів діагностики параметрів плоских засобів відображення інформації" (ІФН НАНУ; керівник — В.М. Сорокін).

Розроблено ефективні методи, методики і алгоритми вимірювання електрооптичних, спектральних, куткових, температурних характеристик рідкокристалічних дисплеїв та інших плоских засобів відображення інформації і на їх основі створено сучасний автоматизований комплекс. Використання розробленого комплексу для дослідження параметрів і характеристик як нових рідкокристалічних речовин, так і приладів на їх основі дало змогу отримати нові результати і показати шляхи оптимізації параметрів засобів відображення інформації, що працюють на різних електрооптичних ефектах в рідких кристалах. Результати проекту



Рис. 6. Дифрактометр для вимірювання рентгено-акустичного резонансу

впроваджено в виробництво вимірювально-обчислювальних комплексів на технологічній базі СКТБ Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАНУ. Створено 3 комплекси, які передані за контрактами в Swedish LCD Center (Швеція) та BONA FIDE Instruments Co, Ltd (Гонконг) на загальну суму 375,0 тис. гривень.

За проектом отримано патентів — 1; виготовлено експериментальних зразків вимірювально-обчислювальних комплексів — 4; опубліковано статей — 17, в тому числі в зарубіжних виданнях — 10; результати обговорено на 7 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка методик сертифікації матеріалів електронної техніки за концентрацією домішок з використанням методів маспектрометрії" (ІФН НАНУ; керівник — Б.М. Романюк).

Вперше в Україні розроблено технологію виготовлення тестових зразків з використанням іонної імплантації для калібровки маспектрометра та виготовлено тестові зразки. Проведено налагодження маспектрометра, розроблено програмне забезпечення для керування приладом. Розроблено методику вимірів концентрації та просторової локалізації домішок в матеріалах електронної техніки, включаючи шаруваті структури типу $\text{SiO}_2\text{-Si}$, $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-Si}$, Al_2O_3 , SiGe-Si та

ін. Розроблено та виготовлено спеціальний високо-частотний генератор для забезпечення пошарового травлення діелектричних матриць в методі SNMS.

За проектом виготовлено експериментальних зразків приладів — 1; опубліковано статей — 4, в тому числі в зарубіжних виданнях — 2; результати обговорено на двох міжнародних конференціях.

Проект "Розробка високочутливих методів рентгеноакустичної та атомно-силової діагностики структурних параметрів приповерхневих областей кристалів для завдань сенсорної технології" (ІФН НАНУ; керівники — чл.-кор. НАН України В.Ф. Мачулін, В.П. Кладько).

Вперше методом числового розв'язку дисперсійного рівняння для багатохвильового випадку проведений розрахунок впливу резонансних умов фотон-фононної взаємодії на форму кривих дифракційного відбиття X-променів. Створено програмне забезпечення для аналізу кривих дифракційного відбиття з метою отримання кількісної інформації про параметри структур.

За проектом виготовлено експериментальний зразок приладу (рис. 6); опубліковано статей — 9, в тому числі в зарубіжних виданнях — 5; результати обговорено на 6 міжнародних конференціях.

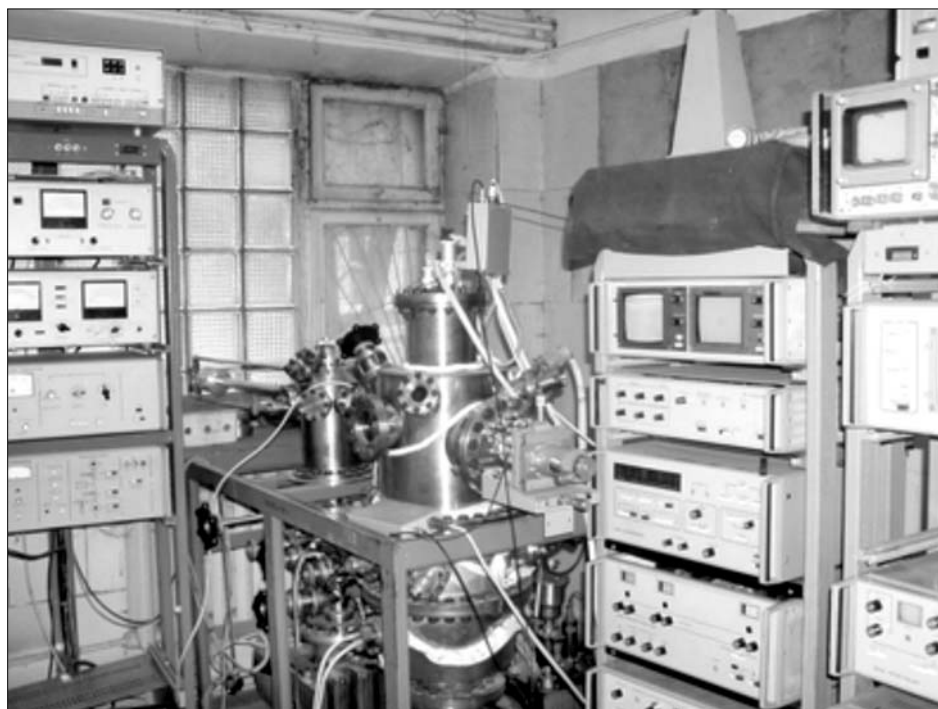


Рис. 7. Апаратура компонентного аналізу матеріалів електронної техніки

ЕТАП 2

Проект "Розробка метрологічного обладнання та методів калібрування кріогенних багатofункціональних сенсорів температури та магнітного поля" (ІФН НАНУ; керівник — В.Ф. Мітін).

Розроблено та виготовлено кріогенний комплекс на базі надпровідної магнітної системи (0–8 Т) для дослідження і калібрування багатofункціональних сенсорів, що призначені для одночасного і локального вимірювання температури та магнітного поля. Досліджено термометричні та магнітометричні характеристики для різних типів багатofункціональних сенсорів у діапазоні температур 2,5–300 К та магнітних полях до 8 Тл.

За проектом виготовлено експериментальне обладнання — 1; опубліковано статей — 5, в тому числі в зарубіжних виданнях — 3; результати обговорено на 3 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка багатоканальних сенсорних аналізаторів визначення якості продуктів харчування" (ІФН НАНУ; керівники — Ю.М. Ширишов, О.Л. Кукла).

Вперше створено та випробувано прецизійний багатоканальний біохімічний аналізатор "ІСПТ-2" для реєстрації найменших кількостей токсичних елементів в водному середовищі. Аналізатор побудовано на принципі польового транзистора, на поверхні якого іммобі-

лізовано чутливі біомолекули. Руйнування цих молекул під дією токсичного агента реєструється з чутливістю до тисячної долі відсотка. Одночасно прилад може вимірювати концентрацію ряду вуглеводів у розчинах метаболітів людини (кров, сироватка, плазма крові чи сеча). Поява приладу відкриває шлях до створення принципово нових аналітичних технологій в медицині.

Випробувано аналізатор соматичних клітин в незбираному молоці з метою впровадження нових технологій аналізу мікробіологічного складу сировини в молочну промисловість. Продемонстровано високу ефективність приладу.

За проектом отримано патентів — 1; виготовлено експериментальних зразків приладів — 6; опубліковано статей — 4; результати обговорено на 4 міжнародних конференціях.

Проект "Створення діагностичного комплексу рентгенодифрактометричних, рентгено-спектральних і СЗМ-методик контролю та атестації напівпровідникових матеріалів і структур" (ІФН НАНУ; керівники — чл.-кор. НАН України В.Ф. Мачулін, І.В. Прокопенко).

Розроблено теоретичну модель дифракції рентгеновських променів у складних багаточастинкових системах з упорядкованою дефектною структурою та комп'ютерні програми для аналізу та обробки експериментальних

даних. На їх основі створена методика визначення механічних характеристик поверхонь із залежностей сила проникнення при навантаженні та розвантаженні зразка нано-індентором. Зазначена методика доповнена методом скретч-тестування (склерометрії) механічних властивостей тонких (від 2 нм) покриттів. Ефективність методу випробувана на плівках різного типу (від полімерних до алмазоподібних). Розроблено та випробувано біосенсорний метод діагностики ступеня сумісності матеріалів імплантів на основі зондової силової спектроскопії.

За проектом опубліковано статей — 11, в тому числі в зарубіжних виданнях — 6; результати обговорено на 9 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка програмно-методичних і технічних засобів метрологічної атестації і сертифікації фотоелектричних елементів, модулів і батарей, призначених для використання в геліоенергетичних установках" (ІФН НАНУ; керівники — А.П. Горбань, Б.М. Романюк).

Вперше в Україні розроблено, виготовлено і налагоджено експериментальний стенд, призначений для вимірювання параметрів фотоелектричних модулів і батарей великої площі імпульсним методом в спектральних умовах АМ0 і АМ 1,5. Розроблена і випущена відповідна технічна і програмно-методична документація.

За проектом виготовлені імпульсний імітатор сонячного випромінювання і два автоматизовані вимірювальні блоки; опубліковано статей — 3, у тому числі в зарубіжних виданнях — 1; результати обговорені на 2 міжнародних конференціях.

Проект "Розробка методів і апаратури діагностики матеріалів електронної техніки, шаруватих структур на їх основі та мікроелектронних приладів на основі Оже-електронної спектроскопії" (ІФН НАНУ; керівник — Б.М. Романюк).

Проведено аналіз можливостей використання методів Оже-електронної спектроскопії для визначення

концентрації домішок в матеріалах електронної техніки. Розроблено методику визначення концентрації домішок в багатокомпонентних мішенях з вимірювань Оже-спектрів, проведено модифікацію Оже-спектрометра та виконано вимірювання зразків, що містять актуальні домішки для електронної техніки. Запропоновано оригінальний метод калібровки вимірювань та метод іонного травлення діелектричних та напівпровідникових шарів і прецизійного контролю їх товщини при Оже-спектроскопічних дослідженнях домішкового складу.

За проектом виготовлено експериментальний зразок приладу (рис. 7); опубліковано статей — 3, в тому числі в зарубіжних виданнях — 1; результати обговорено на двох міжнародних конференціях.

Науково-технічний рівень програми відповідає міжнародному рівню, а потенційний масштаб практичного використання розробок включає як світовий, так і вітчизняний ринки. Значна частина розроблених методів діагностики, аналітичного обладнання, контрольно-вимірювальних комплексів, засобів атестації, сертифікації і метрології матеріалів, приладів і виробів сенсорної техніки не мають аналогів в Україні і за своїми параметрами не поступаються, а за деякими навіть перевищують ті, що виробляються провідними зарубіжними фірмами. Одним з прикладів одержаних принципово нових результатів є розробка нових інтелектуально містких методів та відповідного обладнання для неруйнівної експресної діагностики якості монокристалів германію, що дозволило значно збільшити експорт кристалів германію. Загальний обсяг експортованих кристалів германію з визначеними за розробленими методами параметрами становить 2, 575 млн. гривень.

Загалом за роки виконання програми отримано 15 патентів на винахід; опубліковано 205 статей; виготовлено 66 експериментальних зразків нових приладів та обладнання.