

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2020-260-4-144-148>

УДК 531.88:681.785.23

ВИСОКОВАКУУМНИЙ НАНОМЕТРИЧНИЙ КОМПЛЕКСНИЙ СПЕКТРОМЕТР

Черніков М.Г., Чернікова І.Д.

HIGH VACUUM NANOMETRIC COMPLEX SPECTROMETER

Chernikov M.G., Chernikova I.D.

Потреби техніки і технологій привели до різкого прискорення дослідно-конструкторських і науково-дослідних робіт для вивчення в високовакуумному середовищі як поверхневих так і об'ємних властивостей твердих тіл. У даній роботі пропонується високовакуумний нанометричний комплексний спектрометр, що дозволяє проводити багатоцільові дослідження поверхневих і об'ємних властивостей твердих тіл в контрольованому середовищі. Наявність системи напуску газу, іонної і електронної гармати дозволяють змінювати структурний стан поверхні досліджуваного об'єкта, а наявність ожеспектрометра контролювати елементний склад на поверхні зразків. Корпускулярна спектрометрія дозволяє визначити енергетичний спектр електронів, а також визначити енергетичні параметри досліджуваної поверхні, що дозволить отримати інформацію широко використовувати для створення напівпровідникових приладів в мікро- і наноелектроніці.

Ключові слова: вакуум, фотоспектрометр, вакуумний маніпулятор, вакуумний монохроматор, ожеспектрометр.

Вступ: Поверхня твердого тіла привертає все більшу увагу фахівців різних галузей науки і техніки. За останні роки створені оригінальні свержисоковакуумні багатоцільові аналітичні прилади для контролю і діагностики різноманітних властивостей поверхні твердих тіл. Наука про стан поверхні також бурхливо розвивається і, на думку вчених, дозволить отримати багато цінної інформації про межі поділу різних фаз речовини [1].

Корпускулярна низькоенергетична діагностика поверхні речовини заснована на використанні заряджених частинок малих енергій і методів фізичної електроніки і фізики плазми при дослідженні фізико-хімічних властивостей поверхні твердого тіла. При цьому заряджені низькоенергетичні частки можуть застосовуватися в якості первинних або частки, що зондують поверхню, або як частки, які використовуються як вторинні для аналізу поверхні і які порушені в твердому тілі.

Діагностика (від грецького *diagnostikos* – здатний розпізнати) – процес пізнання. Діагностика по-

верхні твердого тіла – загальна назва сукупності різних методів вимірювання фізико-хімічних параметрів і всебічного вивчення властивостей поверхні – аналітичної фізичної хімії, електрофізики, оптики, фізики напівпровідників, радіаційної фізики та фізичної електроніки, акустики і фізики плазми, молекулярної і ядерної фізики і т. д.

Різноманіття первинних частинок і квантів, що впливають на поверхню, що виробляють різного роду порушення ансамблю частинок в приповерхневій області твердого тіла і створюють безліч вторинних частинок і квантів випромінювання, які виходять в вакуумну середу, зумовило створення цілого класу ефективних методик аналізу і контролю характеристик поверхні твердого тіла. [2, 3]. Для більшості методик корпускулярної діагностики властивостей поверхні твердого тіла характерно використання пучків первинних збуджуваних або зондувальних частинок різного масового, зарядового і енергетичного складу, прискорених до різних енергій і падаючих на кордон розділу твердого тіла з вакуумом під різними кутами. Вторинні частки, що залишають поверхню, також мають різні масовий, зарядовий та енергетичний склад і характеризуються різними кутами розподілами. Це дозволяє вивчати різноманітні енергетичні, кутові і зарядові залежності і масовий (елементний) склад поверхневої області твердого тіла, використовуючи вторинні розсіяні, а також розпорошені або емітовані частки і кванти електромагнітного випромінювання.

За способом отримання інформації про поверхні методи аналізу ділять на емісійні та зондувальні. Перші використовують конкретний вид емісії тих чи інших частинок з поверхні в результаті різних впливів: температури, електричного поля, механічних напружень, тертя, акустичних хвиль, електромагнітних хвиль. Другі засновані на емісії частинок або електромагнітного випромінювання в результаті впливу на поверхню зондувального потоку частинок: молекул, атомів, іонів, електронів, позитронів, квантів електромагнітного випромінювання.

Використання іонів, електронів, позитронів і квантів електромагнітного випромінювання малих енергій дозволяє безпосередньо вивчати елементарні взаємодії первинних частинок з частинками і квазічастинками поверхневої області твердого тіла, а також з адсорбованими частинками, що знаходяться на поверхні в різних енергетично вигідних станах. Корпускулярна низькоенергетична діагностика дозволяє вивчати енергетичну електрон-ну структуру у приповерхневій області твердого тіла, а також її зміни, що відбуваються в результаті очищення поверхні, адсорбції молекул найпростіших газів, радіаційно-стимульованої десорбції та інших впливів.

Вибір експериментальної техніки і конкретного методу корпускулярної діагностики властивостей поверхні твердих тіл визначається завданнями дослідження, умовами, в яких проводиться діагностика, необхідним рівнем одержуваної інформації та її різноманітністю.

Метою роботи є оптимізація можливостей для розширення використання нанометричного комплексного спектрометра при дослідженні поверхневих властивостей твердих тіл у високому вакуумі. Спектрометр призначений для вивчення електронної та кристалічної структури, а також для хімічного аналізу у приповерхневій області моно- і полікристалів з можливістю цілеспрямованого впливу на їх поверхневі властивості за допомогою іонного бомбардування, високотемпературного відпалу, адсорбції різних газів та нанесення покриттів тонкими плівками.

Постановка завдання: Розроблення та конструювання високовакуумного нанометричного комплексного спектрометра для дослідження поверхневих властивостей твердих.

Виклад основного матеріалу дослідження: Для отримання найбільш вигідного вакууму необхідно, щоб відкачувані системи задовольняли ряду вимог:

а) можливість досягнення розрахункового граничного розрідження в відкачуваному обсязі (ця вимога може бути виконано лише в тому випадку, якщо правильно підібрані вакуумні насоси і дотримані правила вакуумної гігієни при зчленуванні елементів і вузлів відкачуваної системи);

б) можливість отримання необхідної швидкості відкачки і максимальної добротності G вакуумної системи, що оцінюється відношенням швидкості відкачки обсягу S_0 до швидкості дії насоса S_n

в) зручність в роботі і простота експлуатації вакуумної системи, можливість її максимальної автоматизації і оснащення засобами захисту.

Був проведений розрахунок вакуумної системи, вибір обладнання та визначення конструктивних розмірів сполучних трубопроводів і арматури [4].

Вакуумна система установки (рис. 1) виготовлена зі сталі 12Х18Н10Т і складається з аналітичної камери (1) і системи вакуумної відкачки на базі безмасляних засобів. Сверхвисоковакуумний орбітронний насос (30) СОН-А-1 (граничний залишковий тиск при охолодженні рідким азотом 10^{-13} мм.рт.ст. і

швидкість відкачування по повітрю в діапазоні тисків $10^{-8} \div 10^{-11}$ мм.рт.ст. 500 л/с), і насос (10) НМДО-0,25-1 (граничне залишковий тиск $5 \cdot 10^{-9}$ мм.рт.ст. і швидкість дії по повітрю при тиску $5 \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст. 300 л/с) підключені до відкачуваного об'єкту через кутові (27, 29) клапани КЕУТ-100. Голчастий натікач (3) призначений для напуску повітря або інертного газу в вакуумну на базі безмасляних засобів. Сверхвисоковакуумний орбітронний насос (30) СОН-А-1 (граничний залишковий тиск при охолодженні рідким азотом 10^{-13} мм.рт.ст. і швидкість відкачування по повітрю в діапазоні тисків $10^{-8} \div 10^{-11}$ мм.рт.ст. 500 л/с), і насос (10) НМДО-0,25-1 (граничне залишковий тиск $5 \cdot 10^{-9}$ мм.рт.ст. і швидкість дії по повітрю при тиску $5 \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст. 300 л/с) підключені до відкачуваного об'єкту через кутові (27, 29) клапани КЕУТ-100. Голчастий натікач (3) призначений для напуску повітря або інертного газу в вакуумну камеру при проведенні певних технологічних операцій. Вимірювальна апаратура є набором манометричних перетворювачів: (2) – електророзрядний перетворювач ММ-14М з вимірювальним блоком інверсно-магнетронного вакуумметра ВІМ-2А ($10^{-4} \div 10^{-13}$ мм.рт.ст.), (28) – сверхвисоковакуумний іонізаційний манометр МІ-27 відкритого типу з вакуумметром ВІ-14 ($10^{-1} \div 10^{-10}$ мм.рт.ст.), (26) – магнітний електророзрядний перетворювач ММ-32-1 інверсно-магнетронного типу в комплекті з вакуумметром ВМБ-8 (призначений для індикації тиску в діапазоні $10^{-2} \div 10^{-9}$ мм.рт.ст.), має аналоговий вихід на ЕОМ, висока надійність і стабільність в роботі; (9) – електророзрядний манометричний перетворювач ММ-13М-4А, вражаючі дії яких засновані на залежності величини розрядного струму від тиску газу з вимірювальним блоком вакуумметра ВМБ-3А ($30 \div 10^{-3}$ мм.рт.ст.), (17), (22) – термопарні перетворювачі ПМТ-8 з блоком живлення іонно-термопарного вакуумметра ВІТ-3 ($10^{-1} \div 10^{-3}$ мм.рт.ст.).

Магніторозрядний насос (12) НОРД-100-1 (граничне залишковий тиск $5 \cdot 10^{-9}$ мм.рт.ст. і швидкість дії по повітрю при тиску $5 \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст. 100 л/с) призначений для попередньої відкачки вакуумної камери (1), магніторозрядними насоса НМДО-0,25-1 при відкритих клапанах (25), (27) і закритому клапані (24). Цей насос використовується також для знегажування і очищення об'єкту (10) і сверхвисоковакуумні частини системи (1) від забруднень, використовуючи для цієї мети прогрів в печах (11) і (33). Насос НОРД-100-1 при закритому клапані (25) і відкритому клапані (24) застосовується для відкачування і знегажування при прогріванні за допомогою печі (7) камери напуску газу (6).

Для попередньої відкачки і отримання низького вакууму використовуються цеолітові вакуумні насоси ЦВН-1-2 (13), (14) і механічний обертальний насос 2НВР-5ДМ (19). У разі аварійного відключення живлення застосовуються клапани (20), (20₁) з електромагнітним приводом, що дозволяє вберегти систему від напуску атмосферного повітря в систему.

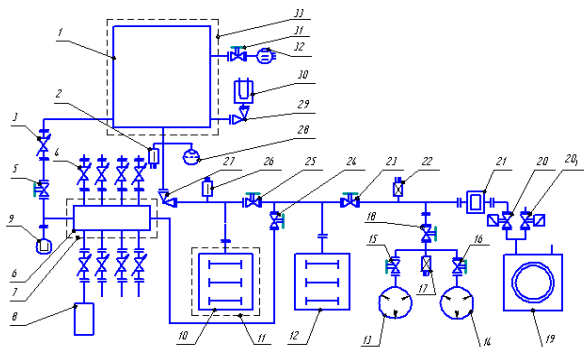


Рис. 1. Схема вакуумної системи нанометричного комплексного спектрометра:

1 – вимірювальна камера спектрометра; 2, 9, 17, 22, 26 – апаратура для вимірювання вакууму; 3 – голчастий натікач; 4 – дозуючі клапани для напуску газу; 6 – камера напуску газу; 8 – система балонів з газами; 5, 15, 16, 18, 23, 24, 25, 31 – вакуумні клапани; 27, 29 – вакуумні кутові клапани; 10, 12 – магніторозрядні насоси; 30 – сверхвисоковакуумний орбітронний насос; 13, 14 – цеолітові вакуумні насоси; 19 – обертальний двоступеневий вакуумний насос; 21 – прогриваюча адсорбційна пастка; 19 – обертальний двоступеневий насос; 20, 20₁ – клапани з електромагнітним приводом; 33, 11 – піч для прогріву сверхвисоковакуумної частини системи; 7 – піч для прогріву камери для напуску газу; 32 – мас-спектрометр.

Для багатьох досліджень при високому вакуумі досить знати величину тиску залишкового газу, не цікавлячись його складом. Для цього можна використовувати вакуумметри, які не потребують регулярної градування, що вимірюють повний тиск газу. Якщо ж необхідно визначити тиск з тією точністю, яку забезпечує іонізаційний або інверсно-магнетронний вакуумметри, то в цьому випадку потрібно не тільки регулярно контролювати градування вакуумметра і знати відносні чутливості приладу для різних газів, але також визначити склад газів в системі.

При тисках $> 10^{-5}$ Па склад залишкового газу, ймовірно, буде аналогічний складу атмосферного повітря, що знаходиться в системі до відкачування. При тисках $< 10^{-6}$ Па. Газ, що виділяється з деталей вакуумної системи, стає основним в залишковому газі, внаслідок чого залишковий газ може значно відрізнитися за складом від атмосферного повітря. Більш того, у багатьох конкретних випадках знати склад залишкового газу важливіше, ніж його тиск (наприклад, присутність активних газів ускладнює вивчення властивостей поверхні твердих тіл). Необхідно знати рід хоча б основної складової залишкового газу, а краще – повний склад газу і тиск його складових (так зване парціальний тиск). Тому, в нашому випадку був обраний для вимірювання парціальних тисків монополярний масспектрометр MX-7304 (32).

Система напуску газів (6) складається з восьми балонів (8) з очищеними газами: (1 – інертними: гелій, неон, аргон, криптон, ксенон; 2 – активними: водень, кисень азот), системи трубопроводів з дозуючими вакуумними клапанами (4), камери змішу-

вання газів і голчастого натікача (3). Система дозволяє здійснювати напуск в аналітичну камеру чистих газів і їх сумішей в дозованих пропорціях і в строго певних кількостях. Контроль газового середовища в аналітичній камері проводився за допомогою масспектрометра MX-7304 (32).

Аналітична камера є циліндр висотою 450 мм. і діаметром 300 мм. (Рис.2.).

Уздовж осі камери розташований триступеневий прецизійний вакуумний маніпулятор [5], що дозволяє виробляти як обертальне так і радіальне переміщення зразків в екваторіальній площині, а також їх обертання навколо своєї осі. Зразки закріплені на утримувачах спеціальної конструкції, що дозволяють виробляти передачу від дослідженого зразка з маніпулятора в касету зі зразками, які потрібно досліджувати, і захоплення з цієї ж касети нового зразка. Це дає можливість досліджувати чотири різних зразка без розтину шлюзовий камери (затвор 14 – вхід в шлюзову камеру) в однакових умовах.

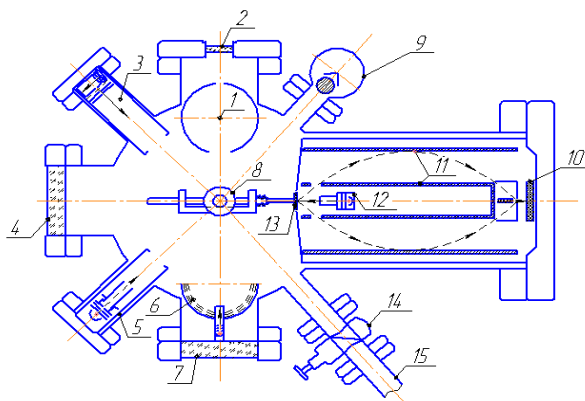


Рис. 2. Аналітична камера високовакуумного нанометричного комплексного спектрометра:

1 – сферичний фотоелектронний спектрометр; 2 – вікно MgF для введення ультрафіолетового випромінювання; 3 – іонна гармата для очищення і травлення зразка; 4, 7 – оглядові вікна; 5 – електронна гармата для очищення і відпалу зразка; 6 – півсферичний чотирьохсітчастий дифрактометр; 8 – прецизійний маніпулятор з трьома ступенями свободи; 9 – монополярний мас-спектрометр; 10 – фотоелектронний помножувач; 11 – оже-аналізатор (циліндричне дзеркало); 12 – електронна гармата оже-аналізатора; 13 – досліджуваний зразок; 14 – затвор шлюзової камери; 15 – вхід в шлюзову камеру

Основними методами дослідження зразків є фотоелектронна спектроскопія в області вакуумного ультрафіолетового випромінювання, електронна оже-спектроскопія та дифракція повільних електронів.

Джерелом ультрафіолетового випромінювання служить високовольтна воднева лампа з вакуумним монохроматором [6]. Випромінювання вводиться в аналітичну камеру через вікно з монокристала фтористого магнію (2) і падає на зразок (13), поміщений в центр аналізатора фотоелектронів (1) типу квазісферичного конденсатора Лукирського [7]. Інтенсивність падаючого на зразок і відбитого випроміню-

вання потрібно калібрувати в абсолютних одиницях, що дозволяє вимірювати квантовий вихід фотоелектронів. Вимірювання фотоелектронних спектрів дає можливість досліджувати стану валентних електронів в приповерхневій області зразка а також визначити енергетичні параметри досліджуваної поверхні.

Електронний оже-спектрометр (11) створений на базі електронного енергоаналізатора типу "циліндричне дзеркало" [8]. Джерелом порушення служить стандартна електронна гармата (12) типу ЕЛОІІ. Хімічний аналіз поверхні зразка проводиться за допомогою вимірювання інтенсивності ожеліній різних елементів в спектрі вторинних електронів, що забезпечує виявлення мікродомішки в кількості, що відповідає 0,01 моноатомного шару і більше. Реєстрація за допомогою даного аналізатора спектрів характеристичних втрат енергії електронів дозволяє досліджувати плазмові збудження електронів в кристалах, а також іонізаційні електронні збудження.

Дифрактометр повільних електронів (6), створений на базі чотирьохсітчастого квазісферичного аналізатора зі скляним колектором, дозволяє (як аналізатор з полем, що затримує) розділяти електрони по енергіях, пропускаючи на колектор частину електронів, що володіють енергією, більшої величини, яка визначається значенням потенціалу поля, що затримує. Так як аналізатори даного типу використовують потоки електронів, що розходяться в великих тілесних кутах, то ефективність і чутливість методу визначається в основному його роздільною здатністю. Світлосила же пристроїв, що задається геометрією, яку утворюють електроди, зазвичай має максимальне значення. В даних аналізаторах необхідно застосовувати моноенергетичні пучки електронів, які зондують поверхню. Дифрактометр крім того, що сказано вище, ще є незамінним методом діагностики структури поверхні твердих тіл.

Очищення досліджуваних зразків проводиться стандартними методами за допомогою іонного бомбардування, для чого в камері встановлена іонна гармата (3). Також отжиг поверхні можна було проводити за допомогою високотемпературного прогріву методом електронного бомбардування за допомогою електронної гармати (5).

Для нанесення на досліджувані зразки тонких плівок різних речовин служать вольфрамові випарники. Швидкість напилювання і товщина плівок контролюється в процесі нанесення плівки по зрушенню резонансної частоти кварцового резонатора, включеного в схему кварцових ваг, з точністю до сотих часток моноатомного шару.

Автоматизована система електроживлення, управління, реєстрації сигналу і обробки даних реалізована на базі персонального комп'ютера, оснащеного широким набором периферійних пристроїв.

Технічна характеристика високовакуумного нанометричного комплексного спектрометра:

Граничний залишковий тиск, Па	1.10 ⁻⁹
Діапазон енергій квантів	
УФ-випромінювання, еВ	5,0÷10,9
Ступінь монохроматизації	
УФ-випромінювання, еВ	0,1
Енергетичне дозвіл аналізатора фотоелектронів, %	1
Діапазон вимірювання електронних оже-спектрів, еВ	100÷2000
Енергетичне дозвіл оже-аналізатора, %	0,2
Діапазон температур прогріву зразків, t°С	300÷2500
Діапазон енергій іонів, еВ	0÷5·10 ³

Висновки. Результатом оптимізації комплексного нанометричного спектрометра для дослідження поверхні твердих тіл досягнуто ряд позитивних характеристик:

а) використання оригінального триступеневого маніпулятора спільно з шлюзовою камерою дозволяє проводити дослідження різних зразків без розтину аналітичної камери;

б) можливістю напуску в камеру дозованої кількості одного з восьми різних газів або їх сумішей в заданих пропорціях;

в) поєднання кількох методів дослідження в одній установці дозволяє отримувати більш повну інформацію із досліджуваних зразків у однакових умовах.

Л і т е р а т у р а

1. Копецкий Ч. В. О развитии фундаментальных и прикладных исследований в области физико-химических и механических свойств поверхностей. / Ч.В. Копецкий // Вестник АН СССР. — 1979. №9. — с. 3—17.
2. Черепин В.Т., Васильев М.А. Методы и приборы для анализа поверхности материалов. Справочник. / В.Т. Черепин, М.А. Васильев // Наукова думка. Киев. — 1982. — с. 400.
3. Кремков М.В. Корпускулярная низкоэнергетическая диагностика поверхности твердого тела. /М.В. Кремков // Академия наук Узбекской ССР. Институт электроники имени У. А. Арифова; Ташкент: изд-во «ФАН» Узбекской ССР, 1986.— с. 164.
4. Бова О.Р., Чернікова І.Д., Черніков М.Г. Розрахунок та аналіз вакуумних систем / О.Р.Бова, І.Д.Чернікова, М.Г.Черніков // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. пр. Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010. — с. 193-202.
5. Бова А.Р., Волошин М.А., Латыш О.Б. и др. Сверхвысоковакуумный манипулятор в фотоэлектронной спектроскопии / А. Р. Бова, М. А. Волошин, О. Б. Латыш, И. Д. Черникова, Н.Г.Черников // Вісник СНУ ім. В. Даля, сб. наук. праць. В 2-х частях. Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010, ч.2. №8 (150) — с. 134-142.
6. Адамчук В. К., Федосеенко С. И., Александров В. М. Сверхвысоковакуумная металлическая установка для фотоэлектрических измерений в области $h\nu \leq 10,9$ эВ.

/ В. К. Адамчук, С. И. Федосеенко, В. М. Александров // ПТЭ, 1977, №1. – с. 178 – 179.

7. Лукирский П. И. О фотоэффекте / П. И. Лукирский // Ленинград – Москва: РГТИЛ, 1933. – с. 96.
8. Зашквара В. В., Ильин А. М., Редькин В. С. и др. Цилиндрическое зеркало для разностных методов спектроскопии пучков заряженных частиц. / В. В. Зашквара, А. М. Ильин, В. С. Редькин, В. Я. Колот, М. И. Корсунский // ЖТФ, 1976. т. 46. – с. 1759 – 17668.

References

1. Kopeckij Ch. V. O razvitii fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij v oblasti fiziko-himicheskikh i mehanicheskikh svoystv poverhnosti. / Ch.V. Kopeckij // Vestnik AN SSSR. – 1979. №9. – с. 3– 17.
2. Cherepin V.T., Vasil'ev M.A. Metody i pribory dlja analiza poverhnosti materialov. Spravochnik. / V.T. Cherepin, M.A. Vasil'ev // Naukova dumka. Kiev. – 1982. – с. 400.
3. Kremkov M.V. Korpuskuljarnaja nizkoenergeticheskaja diagnostika poverhnosti tverdogo tela. /M.V. Kremkov // Akademiya nauk Uzbekskoj SSR. Institut jelektroniki imeni U. A. Arifov; Tashkent: izd-vo «FAN» Uzbekskoj SSR, 1986.– с. 164.
4. Bova O.R., Chernikova I.D., Chernikov M.G. Rozrahnok ta analiz vakuumnyh system / O.R.Bova, I.D.Chernikova, M.G.Chernikov // Resursozberigajuchi tehnologii' vyrobnyctva ta obrobky tyskom materialiv u mashynobuduvanni: Zb. nauk. pr. Lugans'k: vyd-vo SNU im. V. Dalja, 2010. – с. 193-202.
5. Bova A.R., Voloshyn M.A., Latysh O.B. y dr. Sverhvisokovakuumnyj manipuljator v fotojelektronnoj spektroskopii / A. R. Bova, M. A. Voloshyn, O. B. Latysh, Y. D. Chernykova, N.G.Chernikov // Visnyk SNU im. V. Dalja, sb. nauk. prac'. V 2-h chastjah. Lugans'k: vyd-vo SNU im. V. Dalja, 2010, ch.2. №8 (150) – с. 134-142.
6. Adamchuk V. K., Fedoseenko S. Y., Aleksandrov V. M. Sverhvisokovakuumnaja metallicheskaja ustanovka dlja fotoelektrycheskych yzmerenij v oblasti $h\nu \leq 10,9$ jeV. / V. K. Adamchuk, S. Y. Fedoseenko, V. M. Aleksandrov // PTJe, 1977, №1. – с. 178 – 179.
7. Lukyrskij P. Y. O fotoeffekte / P. Y. Lukyrskij // Leningrad – Moskva: RTTYL, 1933. – с. 96.
8. Zashkvara V. V., Yl'yn A. M., Red'kyn V. S. y dr. Cylyndricheskoe zerkalo dlja raznostnyh metodov spektroskopii puchkov zarjzhennyh chastyc. / V. V. Zashkvara, A. M. Yl'yn, V. S. Red'kyn, V. Ja. Kolot, M. Y. Korsunskij // ZhTF, 1976. т. 46. – с. 1759 – 1766.

Черников Н.Г., Черникова И.Д. Высоковакуумный нанометрический комплексный спектрометр.

Потребности техники и технологий привели к резкому ускорению опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ для изучения в высоковакуумных среде как поверхностных так и объемных свойств твердых тел. В данной работе предлагается высоковакуумный нанометрический комплексный спектрометр, позволяющий проводить многоцелевые исследования поверхностных и объемных свойств твердых тел в контролируемой среде. Наличие системы напуска газа, ионной и электронной пушки позволяют изменять структурное состояние поверхности исследуемого объекта, а наличие оже-спектрометра контролировать элементный состав на поверхности образцов. Корпускулярная спектрометрия позволяет определить энергетический спектр элект-

тронов, а также определить энергетические параметры исследуемой поверхности, что позволит полученную информацию широко использовать для создания полупроводниковых приборов в микро- и нанoeлектронике.

Ключевые слова: вакуум, фотоспектрометр, вакуумный манипулятор, вакуумный монохроматор, оже-спектрометр.

Chernikov M.G., Chernikova I.D. High vacuum nanometric complex spectrometer.

It is known that from time to time the established sections of science experience periods of spasmodic development due to the emergence of qualitatively new ideas, instruments, and measurement methods. A good example of this is optical spectroscopy, which has changed significantly with the advent of new corpuscular light sources. Along with the intensive development of classical trends, fundamentally new methods and programs arose. The experimental methods of spectroscopy of the surface of solids caused certain requirements for the experimenters - the effectiveness of the information received. The development of complex methods for studying photospectroscopy of the surface of semiconductors made it possible to obtain not only effective photocathodes, but also night-vision devices and solar panels. This could be achieved by solving the needs of equipment and technologies of microelectronics and nanoelectronics, using complex methods for studying the surface of a solid body. The statement of the problem of a comprehensive study of prototypes leads to the need for conscious acceleration of experimental design and scientific research to study in a high-vacuum medium both surface and bulk properties of solids. In this paper, we propose a high-vacuum nanometric complex spectrometer that allows multipurpose studies of the surface and bulk properties of solids in a controlled environment. The presence of a gas inlet system, an ionic and an electron gun make it possible to change the structural state of the surface of the object under study, and the presence of an Auger spectrometer and mass spectrometer to control the elemental composition both on the surface of the samples and in the volume of the measuring chamber of the ultrahigh-vacuum installation. Corpuscular low-energy surface diagnostics of a substance are based on the use of low-energy charged particles and methods of physical electronics and plasma physics in studying the physicochemical properties of a solid surface. In this case, charged low-energy particles can be used as primary particles as particles that probe the surface, and as particles used for secondary surface analysis and which are excited in a solid. Thus, corpuscular spectrometry allows one to determine the energy spectrum of electrons, as well as determine the energy parameters of the investigated surface, and this will allow the information obtained to be widely used to create semiconductor devices in micro- and nanoelectronics.

Keywords: diagnostics, vacuum, photo-spectrometer, vacuum manipulator, vacuum monochromator, Auger spectrometer, diffractometer.

Черников Микола Григорійович – к.фіз.-мат.н., доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)
chernikov_n_g@ukr.net

Черникова Ірина Дем'янівна – старший викладач кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Северодонецьк)
chernikova_i_d@ukr.net